



**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ  
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Белорусский национальный  
технический университет**

---

**Кафедра «Строительные и дорожные машины»**

**А. А. Котлобай**

**А. Я. Котлобай**

# **ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН**

**Учебно-методическое пособие  
по выполнению практических работ**

**Минск  
БНТУ  
2014**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Белорусский национальный технический университет

---

Кафедра «Строительные и дорожные машины»

А. А. Котлобай  
А. Я. Котлобай

ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН

Учебно-методическое пособие  
по выполнению практических работ  
для студентов специальности  
1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные,  
дорожные машины и оборудование»

*Рекомендовано учебно-методическим объединением  
в сфере высшего образования Республики Беларусь  
в области транспорта и транспортной деятельности*

Минск  
БНТУ  
2014

УДК 658.512.22-027.44:004.9(075.8)

ББК 30.2-5-05я7

К73

Рецензенты:

*Я. Н. Ковалев, А. Н. Орда*

**Котлобай, А. А.**

К73 Основы автоматизированного проектирования машин : учебно-методическое пособие по выполнению практических работ для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» / А. А. Котлобай, А. Я. Котлобай. – Минск : БНТУ, 2014. – 220 с.

ISBN 978-985-525-872-9.

Учебно-методическое пособие предназначено для проведения практических занятий по дисциплине «Основы автоматизированного проектирования машин» для студентов специальности 1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование».

В пособии приведено поэтапное описание основных возможностей программы AutoDesk AutoCAD 2008, приемов работы с ней, подобраны варианты индивидуальных заданий для студентов, а также даны методические рекомендации по выполнению данных заданий.

Издание может быть также использовано студентами других специальностей, изучающих дисциплину «Основы автоматизированного проектирования машин».

УДК 658.512.22-027.44:004.9(075.8)

ББК 30.2-5-05я7

ISBN 978-985-525-872-9

© Котлобай А. А., Котлобай А. Я., 2014

© Белорусский национальный  
технический университет, 2014

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	6
Практическое занятие № 1. ЗНАКОМСТВО С AUTOCAD. НАСТРОЙКА РАБОЧЕГО МЕСТА. ПРОСМОТР ГОТОВОГО ЧЕРТЕЖА. СОЗДАНИЕ РАБОЧЕГО ШАБЛОНА .....	9
1.1 Главное окно программы AutoCAD .....	11
1.2 Командная строка AutoCAD.....	13
1.3 Системные переменные .....	15
1.4 Панели и палитры инструментов AutoCAD .....	16
1.5 Масштабирование и панорамирование чертежа .....	18
1.6 Строка состояния. Отображение координат .....	20
1.7 Лимиты чертежа .....	21
1.8 Привязка и сетка.....	21
1.9 Слои .....	23
1.10 Типы линий и их загрузка.....	26
1.11 Толщина (вес) линий.....	27
1.12 Цвет.....	28
1.13 Выбор типа и толщины линии и цвета объекта.....	29
Практическое занятие № 2. РИСОВАНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ. ....	30
2.1 Режим ортогонального черчения .....	32
2.2 Полярная трассировка .....	32
2.3 Вспомогательные линии (линии построения) .....	34
2.4 Рисование объектов.....	36
2.5 Простой (однострочный) текст .....	40
2.6 Выделение объектов. Группы объектов .....	41
2.7 Перемещение, копирование и удаление объектов .....	43
2.8 Редактирование маркерами (ручками) .....	45
2.9 Преобразование объектов.....	46
2.10 Отмена ошибочных действий.....	53
Практическое занятие № 3. ЧЕРЧЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВВОДА КООРДИНАТ И ОБЪЕКТНОЙ ПРИВЯЗКИ .....	54
3.1 Ввод координат.....	55
3.2 Динамический ввод координат при черчении .....	57
3.3 Системы координат .....	60
3.4 Объектная привязка.....	65

3.5 Объектная трассировка .....	69
3.6 Обновление чертежа .....	70
<b>Практическое занятие № 4. НАНЕСЕНИЕ ШТРИХОВКИ. РИСОВАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПОЛИЛИНИЙ И МУЛЬТИЛИНИЙ. РИСОВАНИЕ ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ. БЛОКИ</b> .....	72
4.1 Нанесение штриховки .....	72
4.2 Рисование полилиний .....	78
4.3 Редактирование полилиний .....	79
4.4 Рисование сплайнов .....	81
4.5 Редактирование сплайнов .....	82
4.6 Рисование мультлиний .....	84
4.7 Стиль мультлинии .....	85
4.8 Редактирование мультлинии .....	87
4.9 Кольца и регионы. Выделение исправлений. Рисование «от руки» .....	89
4.10 Операции построения, связанные с точками .....	92
4.11 Блоки .....	92
4.12 Атрибуты .....	95
<b>Практическое занятие № 5. НАНЕСЕНИЕ ТЕКСТА И ПОСТРОЕНИЕ ТАБЛИЦ</b> .....	101
5.1 Виды текста .....	102
5.2 Многострочный текст .....	102
5.3 Специальные символы .....	106
5.4 Редактирование введенного текста .....	106
5.5 Стили текста .....	107
5.6 Ввод таблиц .....	109
5.7 Редактирование таблиц .....	111
5.8 Стили таблиц и их ячеек .....	112
5.9 Быстрое редактирование свойств объекта .....	115
5.10 Быстрый выбор объектов .....	117
<b>Практическое занятие № 6. НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖ</b> .....	119
6.1 Нанесение размеров .....	119
6.2 Редактирование размеров .....	126
6.3 Стиль размера .....	128
6.4 Мультивыноски .....	133
6.5 Редактирование мультивыносок .....	134

6.6	Стиль мультивыноски .....	135
6.7	Автоматическое масштабирование аннотаций .....	138
6.8	Порядок прорисовки .....	141
6.9	Быстрые измерения и свойства чертежа .....	142
<b>Практическое занятие № 7. РИСОВАНИЕ</b>		
<b>АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ. РАБОТА</b>		
<b>В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ .....</b>		
	7.1 Рисование изометрических проекций .....	145
	7.2 Построение изображений в трехмерном пространстве	
	вводом координат .....	147
	7.3 Использование высоты и уровня объектов .....	147
	7.4 Пространственные полилинии .....	148
	7.5 Изменение экранной проекции .....	148
	7.6 Изменение экранной проекции в реальном времени .....	153
	7.7 Видовые экраны .....	156
	7.8 Пространство модели и компоновка листа .....	158
	7.9 Управление видовыми экранами в пространстве листа .....	160
<b>Практическое занятие № 8. ПОВЕРХНОСТНОЕ</b>		
<b>И ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТРЕХМЕРНОМ</b>		
<b>ПРОСТРАНСТВЕ. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ .....</b>		
	8.1 Динамическая пользовательская система координат .....	164
	8.2 Построение трехмерных поверхностей .....	164
	8.3 Создание твердотельных моделей .....	170
	8.4 Трехмерные геометрические преобразования .....	184
	8.5 Редактирование твердотельных объектов .....	186
	8.6 Визуализация трехмерных моделей .....	190
	8.7 Рендеринг (тонирование) .....	193
	Список использованной литературы .....	195
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>196</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....</b>	<b>202</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ В .....</b>	<b>216</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Г .....</b>	<b>218</b>

## Введение

САПР как явление в современной промышленности появилось более 40 лет назад. По мере роста объемов производства, расширения модельных рядов выпускаемой продукции, обострения конкуренции за счет появления на рынке новых игроков производительность труда разработчиков, конструкторов, проектировщиков становилась все более важным критерием успешности промышленного предприятия на мировом рынке.

Первые САПР-системы ставили перед собой задачи облегчения и упрощения создания конструкторами чертежей будущей продукции. Применение компьютерной техники в этом отношении имело неоспоримые преимущества: высокую точность построений, возможность бесконечное количество раз исправлять ошибки на чертеже и оптимизировать их, улучшая конструкцию машины, автоматизацию ряда примитивных, но трудоемких операций (проставка размеров, штриховка, перемещение и масштабирование изображения относительно листа), возможность интерактивной работы с электронными справочниками и базами знаний, средства одновременной работы над проектом множества конструкторов.

Созданные в начале 80-х годов системы автоматизированного проектирования, несмотря на их значительную стоимость, сильно ускорили процесс разработки машин и оказались настолько перспективными, что процесс совершенствования и усложнения САПР-систем не останавливается ни на день. Наряду с системами так называемого «тяжелого» класса (имеющими высокую стоимость и серверную архитектуру, что делает экономически выгодным установку таких систем минимум на 20–50 рабочих мест) появляются «легкие» системы, устанавливаемые на один персональный компьютер и имеющие невысокую стоимость (но и меньшую, по сравнению с «тяжелыми» системами, функциональность).

Владение базовыми навыками работы в САПР-системах для будущих специалистов машиностроительной отрасли очень актуально. Бумажные технологии черчения прошлого века безнадежно устарели, а их применение не позволяет быстро и качественно разработать конкурентоспособную продукцию. Навык работы в САПР-системах не приходит мгновенно, поэтому студентам машиностроительных специальностей следует начинать изучать методы автома-

тизированного проектирования с использованием компьютеров как можно раньше. Полученные знания могут быть закреплены студентами, а навыки – отточены по мере выполнения студентами курсовых проектов на последующих годах обучения.

В пособии описывается программа AutoCAD 2008 американской компании AutoDesk. Несмотря на то, что это программа не самая удобная (особенно это касается оформления чертежей в соответствии с требованиями ЕСКД) в своем «легком» классе, однако она наиболее старая и распространенная на территории постсоветского пространства. Многие вещи, которые в других программах автоматизированы, в AutoCAD приходится делать вручную посредством более сложных манипуляций. Но данные недостатки компенсируются улучшенным пониманием студентами основ создания чертежей, что впоследствии позволит им самостоятельно адаптировать полученные знания и быстро начать эффективно работать в других САПР-программах.

Пособие состоит из восьми практических работ. В каждой из них содержится последовательность заданий, которые предстоит выполнить студентам, краткие пояснения по выполнению пунктов задания, а также сведения о работе тех или иных функций программы AutoCAD, имеющих отношение к теме проводимого занятия.

Первые шесть работ посвящены созданию в AutoCAD двухмерных машиностроительных чертежей, так как именно компьютеризация черчения является первым шагом на пути повышения производительности труда разработчиков и проектировщиков машин. Последние две работы посвящены пространственному моделированию. Несмотря на то, что встроенные средства AutoCAD не позволяют трансформировать трехмерную модель в три плоские проекции, построенные по всем требованиям ЕСКД, трехмерное моделирование является весьма перспективной технологией, так как трехмерная модель детали может быть экспортирована в пакет инженерного анализа либо в программу автоматизированного построения техпроцесса производства. Данные программы входят в состав САПР-систем «тяжелого» класса, и с ними молодой специалист столкнется на производстве.

Программы семейства AutoCAD, начиная с версии 2005, оснащаются лицензионным переводом всего пользовательского интерфейса на русский язык.



В пособие включены индивидуальные задания для студентов (по вариантам), а также краткий перечень нововведений в программах AutoCAD последующих версий (прил. А) и другая полезная информация.

При проведении практических занятий преподавателю следует поощрять работу студентов в других программах (T-Flex, Компас), однако студент в изучении не должен ограничиваться лишь теми функциями программы, которые необходимы для выполнения вариантов заданий; в других программах следует искать аналоги всех функций AutoCAD, описанных в данном пособии.

При изучении программы AutoCAD предполагается, что студент освоил основы компьютерной грамотности на курсе «Информатики», умеет обращаться с компьютером, устанавливать и запускать программы, работать с окнами и элементами интерфейса Windows-приложений, работать с файлами и накопителями информации, а также пользоваться встроенной справкой Windows-программ.

## Практическое занятие № 1

### ЗНАКОМСТВО С AUTOCAD. НАСТРОЙКА РАБОЧЕГО МЕСТА. ПРОСМОТР ГОТОВОГО ЧЕРТЕЖА. СОЗДАНИЕ РАБОЧЕГО ШАБЛОНА

#### ЗАДАНИЕ

1. Запустить программу AutoCAD. В качестве рабочего пространства выбрать Классический AutoCAD. По всплывающей подсказке ознакомиться с элементами интерфейса программы.
2. Настроить белый цвет рабочего пространства.
3. Расположить на экране следующие панели инструментов: сверху – Стандартная и Стили; ниже – Слои и Свойства, слева вертикально – Рисование и Редактировать. Панель «Рабочие пространства» скрыть. Также убрать с экрана инструментальные палитры.
4. Открыть предложенный чертеж. Отобразить его на экране целиком.
5. Вне рамки чертежа лежит фрагмент изображения. В выданном бланке описать его (прил. Г).
6. Ответить на вопросы в бланке касательно деталей конструкции, изображенной на предложенном чертеже.
7. Создать новый чертеж.
8. Настроить единицы измерения (миллиметры с точностью три знака после запятой и градусы угла с точностью до целого).
9. Настройте границы чертежа (в соответствии с размером листа формата A4).
10. Настроить отображение сетки с шагом 5 мм.
11. Настроить привязку курсора мыши шагом 2 мм.
12. Выбрать масштаб отображения так, чтобы экран захватывал чуть больше, чем заданные границы чертежа.
13. Создать следующие слои для черчения:
  - a) *Главная* – синяя сплошная линия толщиной 0,5 мм;
  - b) *Тонкая* – черная сплошная линия толщиной 0,15 мм;
  - c) *Осевая* – зеленая осевая штрихпунктирная линия толщиной 0,15 мм;
  - d) *Скрытая* – голубая пунктирная линия толщиной 0,2 мм;
  - e) *Размер* – красная сплошная линия толщиной 0,15 мм;
  - f) *Текст* – серая сплошная линия толщиной 0,25 мм.

14. Создавая слои, загрузить также линии двойного и половинного масштабов.
15. Сделать текущим слой *Главная*.
16. Настроить и включить отображение толщины линий.
17. Сохранить чертеж под предложенным именем.
18. Сохранить его же в качестве шаблона.
19. Создать на базе шаблона новый чертеж, убедиться, что слои, сетка, привязка и другие параметры сохранились.
20. Попробовать нарисовать в документе несколько фигур, экспериментируя слоями, цветами, толщиной и типом линии. Ознакомиться с работой сетки и привязки. Результат можно не сохранять. По окончании работы выйти из программы.

#### *Методические указания к выполнению пунктов задания*

1. Ярлык для запуска программы находится в меню «Пуск» в программной группе «Autodesk» или на рабочем столе. Найти выпадающий список Рабочих пространств, переключить его с «3D-моделирование» на «Классический AutoCAD».
2. Воспользоваться меню Сервис – Настройка – вкладка Экран – кнопка Цвета. Поменять цвет Однородного фона для Пространства 2D-модели.
3. Щелкнуть правой кнопкой мыши по любой панели инструментов. Выключить ненужные панели и включить необходимые, затем расположить их на экране.
4. Воспользоваться меню Файл – Открыть.
5. Для отображения содержимого файла использовать инструменты «Масштаб» и «Панорамирование».
6. Щелкнув левой кнопкой мыши по строке состояния с координатами, задействовать постоянное отображение координат. Произвести измерения посредством поля их отображения.
7. Воспользоваться меню Файл – Создать, в качестве основы выбрать предложенный по умолчанию шаблон «Acadiso».
8. Воспользоваться меню Формат – Единицы. В открывшемся диалоговом окне выставить необходимые значения.
9. Воспользоваться меню Формат – Лимиты чертежа. Для листа А4 ввести координаты «0,0» и нажать «Enter», а затем «210,297» и нажать «Enter».

10. Воспользоваться меню Сервис – Режимы рисования – вкладка Шаг и сетка, область управления «Сетка».
11. Воспользоваться меню Сервис – Режимы рисования – вкладка Шаг и сетка, область управления «Шаг».
12. Снова воспользоваться инструментами масштабирования и панорамирования.
13. Воспользоваться диалоговым окном «Диспетчер свойств слоев».
14. Лучше всего часть задания выполнить через список в диалоговом окне «Диспетчер свойств слоев», а часть – через меню Формат – Типы линий.
15. Воспользоваться панелью инструментов «Слой».
16. Воспользоваться меню Формат – Веса линий.
17. Воспользоваться меню Файл – Сохранить, или кнопкой панели инструментов «Стандартная».
18. Воспользоваться меню Файл – Сохранить как.
19. Воспользоваться меню Файл – Открыть.
20. Воспользоваться панелями инструментов «Рисование», «Слой», «Свойства».

### ***1.1 Главное окно программы AutoCAD***

С точки зрения элементов управления, программа AutoCAD является типичным Windows-приложением. Рабочее окно программы показано на рис. 1.1.

Черчение в AutoCAD производится путем создания в рабочей области тех или иных объектов и манипуляций с ними. Более подробно процесс черчения будет рассмотрен на практическом занятии № 2.

Курсор мыши, когда он находится в рабочей области, по умолчанию имеет вид ***перекрестия с квадратом в центре***. Он применяется для выделения нарисованных объектов. Для создания объекта (черчения) следует задать команду, воспользовавшись главным меню, нажав мышью кнопку *панели инструментов* либо введя ее из командной строки. Курсор мыши примет вид ***перекрестия без квадрата***. Нажатие левой кнопки мыши в этом случае приведет к вводу координат точки, над которой находится курсор. Вместо этого координаты можно ввести непосредственно с клавиатуры в командную строку.

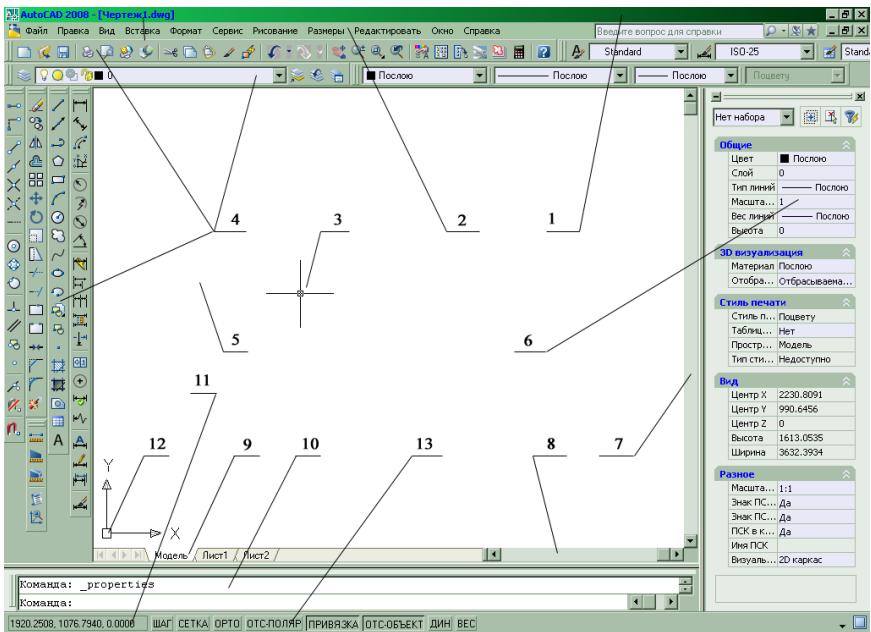


Рис. 1.1. Главное окно программы AutoCAD:

1 – строка заголовка; 2 – главное меню; 3 – курсор-перекрестие; 4 – панели инструментов; 5 – рабочая область черчения; 6 – инструментальная палитра дерева свойств объекта (см. практическое занятие № 5); 7 – полоса вертикальной прокрутки; 8 – полоса горизонтальной прокрутки; 9 – вкладки листов (см. практическое занятие № 7); 10 – командная строка; 11 – поле координат строки состояния; 12 – иконка системы координат (см. практическое занятие № 3); 13 – переключатели строки состояния


Если выбрана команда, осуществляющая преобразование объектов, а объекты не выделены, программа попросит их выделить. Курсор в этом случае примет вид *квадрата*. После выделения объектов для перехода к следующему этапу работы команды следует нажать «Enter» или щелкнуть правой кнопкой мыши.

Щелчок правой кнопкой мыши в остальных случаях вызовет *контекстное меню*. В нем содержатся наиболее полезные, по мнению программы, функции в данный момент. В частности, в меню содержится повторение последней введенной команды, отмена последнего действия, все возможные опции выполняющейся команды,

команды работы с буфером обмена, команды управления масштабом, а также возможность войти в настройки AutoCAD.

Любая выполняющаяся команда может быть прервана нажатием клавиши «Esc».

Главное меню программы AutoCAD состоит из следующих пунктов: Файл – операции с файлами; Правка – операции удаления, отмены ошибочных действий, работы с буфером обмена, выделения объектов; Вид – операции, связанные с отображением чертежа и служебной информации на экране; Вставка – операции вставки в чертеж различных объектов; Формат – настройка всевозможных стилей объектов и свойств чертежа; Сервис – управление расширенными возможностями программы AutoCAD; Рисование – рисование всевозможных объектов; Размеры – настройка и простановка размеров на чертеже; Редактировать – редактирование ранее нарисованных объектов AutoCAD, а также операции геометрического преобразования; Окно – сортировка окон чертежей на экране; Справка – вход в справочную систему AutoCAD, а также просмотр сведений о программе и рекламной информации от фирмы Autodesk. В дальнейшем в пособии все операции с меню будут выделены подчеркиванием.

AutoCAD обладает исчерпывающей справочной системой, в которой можно найти детальное описание команд системы, нюансов их поведения, основных понятий, определений и концепций, принятых в программе, а также полезные советы по эффективному их использованию. Справочная система содержит множество иллюстраций. Структура справки – типичная для Windows-приложений. Для вызова справки следует воспользоваться меню Справка – Справка либо нажать клавишу «F1», кнопку  панели инструментов «Стандартная».

В данном пособии будут рассмотрены далеко не все возможности программы AutoCAD. При необходимости интересующую информацию студент может найти самостоятельно.

## *1.2 Командная строка AutoCAD*

Особенностью AutoCAD является наличие у него специальной *командной строки*. Появление командной строки связано с почтенным возрастом программы. Первые версии программы были разработаны задолго до появления графической системы Windows, и

устройство указания (мышь) использовалось лишь для выбора объектов и иногда для ввода координат. Появление графического интерфейса с меню и панелями инструментов, активируемыми мышью, дало более удобный способ работы с программой, нежели ввод команд с клавиатуры. Однако старый способ часто оказывается быстрее, по крайней мере, когда речь идет о двух-трех десятках наиболее распространенных команд.

В AutoCAD предусмотрено несколько сотен различных команд. Их список и объяснение значений можно найти в справочной системе AutoCAD.

Русификация командной строки несколько уменьшила ее преимущества. Однако большинство старых английских команд можно ввести в русифицированную командную строку, напечатав перед словом команды знак «\_» (подчеркивание).

Работа с командной строкой ведется в диалоговом режиме. В нижней части командной строки осуществляется ввод команд, в строках выше отображается результат их действия и различные запросы, а также сообщения об ошибках.

Щелчком мыши курсор можно перенести в командную строку, но делать это не обязательно: любые набираемые с клавиатуры данные автоматически появляются в командной строке, (если не включен динамический ввод, см. практическое занятие № 3).

Некоторые команды выводят в командную строку целый список данных. Поместив мышью курсор в верхнюю часть командной строки, можно прокручивать ее содержимое клавишами «Вверх» и «Вниз» на клавиатуре. Однако это очень неудобно. Можно увеличить область командной строки, потянув мышью границу между ней и рабочей областью вверх, а можно вызвать текстовое окно командной строки, воспользовавшись меню Вид – Отображение – Текстовое окно либо нажать клавишу «F2». На экране будет создано отдельное окно, являющееся копией командной строки. Его можно закрыть в любой момент.

Для ввода команды следует напечатать ее имя и нажать «Enter». Вместо этого можно воспользоваться меню или кнопкой панели инструментов, контекстным меню. Введенная команда автоматически отобразится в командной строке. Если команда ждет каких-то действий (ввод координат или указание объектов), развернутый запрос-подсказка будет отображена там же, в командной строке. Если

требуется ввод координат, можно щелкнуть в нужном месте рабочего поля левой кнопкой мыши либо напечатать координаты (они будут введены в командную строку; подробнее ввод координат см. в практическом занятии № 3).

Если команда требует ввода какого-либо значения, после запроса в треугольных скобках (<>) может быть отображено *значение по умолчанию*. Нажатие «Enter» без ввода чего-либо приведет к использованию именно этого значения.

Также в запросе команды может появиться несколько слов в квадратных скобках, разделенных дробью – *опции*. Ввод опции изменяет поведение команды определенным образом. Их использование делает команды очень гибкими и функциональными. Для ввода опции следует напечатать одну или несколько букв, **выделенных в слове опции**. Также можно щелкнуть правой кнопкой мыши по рабочему полю чертежа: все опции команды перечислены в контекстном меню. В связи с русификацией командной строки этот способ кажется автору наиболее оптимальным.

Ниже по тексту все команды и их опции будут выделены **жирным шрифтом**.

Для экономии места на экране отображение командной строки можно отключить. Для этого следует воспользоваться меню Сервис – Командная строка или комбинацией клавиш «Ctrl»–«9». Однако без командной строки подсказки по работе с командами также станут недоступны. Впрочем, динамический ввод (см. практическое занятие № 3) дублирует подсказки в рабочую область черчения. Включается отображение командной строки точно так же, как и выключается.

Следует помнить, что любое действие, совершаемое пользователем в программе, осуществляется за счет работы определенной команды. Далее под «выполнить команду» будет подразумеваться ее запуск любым возможным способом (командная строка, меню, панель инструментов, контекстное меню).

### ***1.3 Системные переменные***

Большинство нюансов поведения AutoCAD управляется так называемыми *системными переменными*. Настройки интерфейса программы, стилей, функций и т. д. влияют на значения системных переменных, те же, в свою очередь, определяют поведение программы.



В AutoCAD несколько сотен системных переменных. Их список и объяснение значений можно найти в справочной системе AutoCAD.

Для просмотра текущего значения системной переменной следует напечатать ее имя в командной строке. Значение будет выведено в треугольных скобках как новое значение по умолчанию. При желании можно ввести другое значение либо нажать «Enter», оставив значение без изменений.

В дальнейшем все системные переменные в пособии будут выделены ЗАГЛАВНЫМИ буквами.

### *1.4 Панели и палитры инструментов AutoCAD*

Как и любое другое Windows-приложение, AutoCAD оснащен множеством панелей инструментов. Все панели могут быть как плавающими (занимать произвольное место в центре рабочей области), так и закрепленными вдоль ее краев (вертикально или горизонтально). При вертикальном закреплении с панели могут исчезнуть выпадающие списки.

Перемещение панелей инструментов осуществляется мышью. Плавающую панель можно закрыть, убрав с экрана. В дальнейшем на иллюстрациях пособия они будут отображаться в плавающем виде.

Для вызова на экран панели инструментов следует щелкнуть правой кнопкой мыши по любой кнопке любой панели инструментов. Появится список, позволяющий щелчком мыши отображать и скрывать панели. Отображаемые на экране панели в списке отмечены галочками.

Имеется возможность настроить панель, добавив или убрав с нее кнопки. Для этого служит меню Вид – Панели или Сервис – Адаптация – Интерфейс. Тонкая настройка панелей в данном учебном пособии не рассматривается.

Панель инструментов «Стандартная» показана на рис. 1.2. В первую группу входят кнопки – «Создать», «Открыть», «Сохранить» – для работы с файлами, во вторую – «Печатать», «Предварительный просмотр», «Публикация в DWF», «Импорт DWF» – для вывода готового чертежа. Далее идут кнопки работы с буфером обмена и кнопки «Копирование свойств» и «Редактор блоков», кнопки отмены ошибочного действия и возврата ошибочной отмены. В следующей категории находятся кнопки панорамирования и масштабиро-

вания (см. ниже). Далее идут кнопки вызова окна свойств объекта, окон библиотек и инструментальных палитр, а также калькулятора. Панель замыкается кнопкой вызова справки.

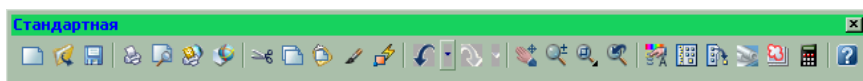


Рис. 1.2. Стандартная панель инструментов

В отличие от панелей инструментов, *палитры* занимают значительное пространство на экране. Они перемещаются мышью, могут быть закреплены вдоль вертикальных границ окна AutoCAD или находиться в плавающем состоянии. Размер палитры, как правило, может изменяться; если все ее содержимое не помещается в текущий размер, появляются полосы прокрутки.

Заголовок палитры в плавающем состоянии находится слева или справа от нее, в закрепленном – сверху. Палитра может быть свернута – в этом случае на экране остается лишь ее заголовок. На плавающем заголовке находятся иконка палитры и кнопка ее закрытия, а также кнопки для сворачивания палитры и вызова меню закрепления; на закрепленном – только кнопки сворачивания и закрытия.

Через меню закрепления можно включить автоматическое сворачивание – палитра свернута и будет разворачиваться при наведении курсора мыши на ее заголовок. Это позволяет располагать на экране сразу несколько палитр.

Поскольку специфики черчения плоских изображений (см. практические занятия № 1–6) и трехмерного моделирования (см. практические занятия № 7–8) несколько различаются, в программе AutoCAD предусмотрена быстрая смена так называемых рабочих пространств. *Рабочее пространство* – совокупность отображения и размещения на экране нужных панелей инструментов, меню и палитр. Смена осуществляется посредством выпадающего списка панели инструментов «Рабочие пространства» (рис. 1.3). При желании пользователь может создать свое рабочее пространство.

Сразу после инсталляции программы AutoCAD автор рекомендует выбрать из выпадающего списка рабочих пространств пункт «Классический AutoCAD», после чего панель инструментов «Рабочие пространства» можно скрыть.

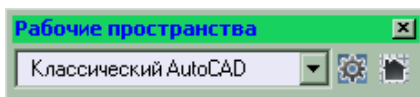



Рис. 1.3. Панель инструментов «Рабочие пространства»

### 1.5 Масштабирование и панорамирование чертежа









При черчении постоянно возникают ситуации, когда необходимо рассмотреть какие-то мелкие детали вблизи, и, наоборот, когда хочется увидеть большой чертеж (формата А1–А0) на экране монитора целиком. Выбрать, какая именно из частей чертежа будет видна на экране в данный момент, позволяют инструменты *масштабирования* и *панорамирования*.



Функции масштабирования и панорамирования подробно описаны в табл. 1.1. Масштабирование также осуществляется вращением колесика мыши (если есть), панорамирование – вторым (если есть) или использованием полос прокрутки. Также можно панорамировать чертеж мышью, зажав среднюю ее кнопку, если она не настроена в системе на другие действия. При масштабировании колесиком мыши важно положение ее курсора, так как именно эта точка является центром масштабирования.

Таблица 1.1

Команда меню	Кнопка	Описание
1	2	3
<i>Панорамирование</i>		
Вид – Панорамирование – В реальном времени		Схватить мышью за любую точку чертежа и тащить его при нажатой левой кнопке в необходимое место
Вид – Панорамирование – Точечный	–*	Ввести координаты точки, за которую нужно схватить, и затем точки, куда необходимо оттащить. Вводить можно как с клавиатуры, так и указав точки мышью
Вид – Панорамирование – Слева, Справа, Вверх, Вперед	–*	Скачком сместить чертеж примерно на 1/5 экрана влево, вправо, вверх, вниз

Продолжение табл. 1.1

1	2	3
<i>Зуммирование (масштабирование)</i>		
Вид – Зуммирование – В реальном времени		Вести мышь с зажатой левой кнопкой вверх для увеличения и вниз – для уменьшения масштаба
Вид – Зуммирование – Предыдущий		Отобразить предыдущий масштаб
Вид – Зуммирование – Рамка		Задать мышью или указанием координат прямоугольник – он будет вписан в экран наилучшим образом
Вид – Зуммирование – Динамика		Задается минимальный масштаб и создается динамический прямоугольник масштабирования, который перемещается мышью по экрану. Левая кнопка мыши меняет режим (перемещение и растягивание прямоугольника). Нажатие «Enter» вписывает прямоугольник в экран
Вид – Зуммирование – Масштаб		Изменение масштаба в заданное число раз. Число вводится в командной строке. Указать после числа букву «x» – относительно текущего масштаба, «xR» – относительно масштаба 1:1 и ничего не указывать – относительно масштаба, при котором в экране отображаются границы изображения
Вид – Зуммирование – Центр		Сначала вводится координата точки (мышью или через командную строку), которая станет центром экрана. Далее в командной строке выводится значение высоты текущего экрана и предлагается ввести новое или множитель (с буквой «x»)
Вид – Зуммирование – Объект		Предлагает выбрать существующие объекты на чертеже (один или несколько). После выбора объекты будут вписаны в экран
Вид – Зуммирование – Увеличение, Уменьшение		Скачком увеличить или уменьшить масштаб примерно на 30 %

1	2	3
Вид – Зуммирование – Все		Установить такой масштаб, чтобы на экране отобразились лимиты (см. ниже) чертежа или все начерченное (если оно выступает за лимиты)
Вид – Зуммирование – Границы		Установить такой масштаб, чтобы на экране максимально крупно отобразилось все начерченное, независимо от лимитов

\* Соответствующие кнопки можно найти в окне настройки панелей инструментов и вынести на панель.

Кнопки функций масштабирования можно найти на стандартной панели инструментов рядом с кнопкой панорамирования. Черный треугольник в правом нижнем углу кнопки показывает, что если нажать кнопку мышью и подержать более двух секунд, из кнопки выпадет список, позволяющий быстро заменить ее другой. Также можно поместить на экране отдельную панель инструментов «Зуммирование» (рис. 1.4).




Рис. 1.4. Панель инструментов масштабирования

### 1.6 Строка состояния. Отображение координат

В нижней части экрана располагается *строка состояния*. В левой ее части находится поле для отображения координат, правее идут *переключатели*. Они изменяют работу тех или иных функций и режимов программы. Как правило, это те режимы, которые удобно периодически то включать, то выключать. Изменение состояния переключателя осуществляется щелчком мыши. Также можно щелкнуть по переключателю правой кнопкой мыши – выпадет контекстное меню. К тому же переключатели дублируются клавишами «F3»–«F12» на клавиатуре.

Отображение координат регулируется системной переменной COORDS. Переменная может принимать значения 0, 1, 2. При значении 0 строка координат серая; значения обновляются лишь при указании координат мышью, режим позволяет экономить производительность на очень слабых машинах; 1 – координаты курсора обновляются постоянно; 2 – координаты курсора обновляются постоянно, при рисовании линий и других действиях вместо координат курсора отображается длина линии и угол ее наклона (относительные оси X, см. практическое занятие № 3). После ввода имени переменной можно указать ее новое значение.

Также можно быстро переключаться между значениями 0 и 2 путем щелчка мышью на строке координат. В момент рисования линии этот щелчок циклически переключает все три состояния. Можно щелкнуть по строке координат правой кнопкой мыши и выбрать состояние из контекстного меню.

В самом правом конце строки состояния находится кнопка в виде треугольника острием вниз . Она открывает меню строки состояния, позволяющее управлять отображением в ней отдельных переключателей и других элементов.

### *1.7 Лимиты чертежа*

*Лимиты*, или *границы чертежа* – это прямоугольная область, в пределах которой должно вестись черчение. Лимиты вводятся через меню Формат – Лимиты чертежа, после чего следует ввести координаты левого нижнего и правого верхнего углов прямоугольника. По умолчанию пространство лимитов чертежа соответствует листу при печати; в пределах лимитов отображается сетка. Если вместо ввода границ в команде активировать опцию **Вкл**, то рисование вне границ (мышью или через координаты) станет невозможным – будет выдаваться предупреждение «*\*\*Вне лимитов*». Опция **Вкл** включает эту проверку. Обычно данная проверка выключена, однако рисованием вне лимитов чертежа злоупотреблять не следует.

### *1.8 Привязка и сетка*

*Сетка* представляет собой совокупность точек с определенным шагом и упрощает визуальное восприятие размеров при черчении.

Шаг сетки по вертикали и горизонтали может не совпадать. Быстрое включение сетки осуществляется клавишей «F7» или щелчком по переключателю «СЕТКА» в строке состояния. Отображение сетки может сильно замедлить работу даже на машине средней мощности.

В AutoCAD 2008 присутствуют функции автоматического контроля плотности сетки. При уменьшении масштаба сетка может самостоятельно прореживаться, а при увеличении – сгущаться. Функция может работать не четко (особенно при интенсивном масштабировании колесом мыши), в этом случае следует просто выключить и включить сетку либо регенерировать чертеж (см. практическое занятие № 3).

*Привязка* облегчает точное черчение при использовании мыши. При включении привязки курсор (перекрестие) мыши перемещается по рабочей области не непрерывно, а скачками с определенным шагом, прыгая по невидимым узлам привязки. Как и у видимой сетки, шаг привязки по горизонтали и вертикали может не совпадать. Привязка может осуществляться как в прямоугольной системе координат (по  $x$  и  $y$ ), так и в полярной (по  $r$  и  $\theta$ ). По умолчанию горизонталь и вертикаль сетки привязки параллельны осям координат, однако ее можно повернуть на произвольный угол. Можно включить режим черчения изометрической проекции, тогда привязка будет автоматически настроена на нужную грань с соблюдением углов и коэффициентов пересчета (см. практическое занятие № 7).

Быстрое включение привязки осуществляется клавишей «F9» или щелчком по переключателю «ШАГ» в строке состояния.

Настройка сетки и привязки осуществляется на вкладке «Шаг и сетка» диалогового окна «Режимы рисования» (рис. 1.5). Для вызова окна используется меню Сервис – Режимы рисования. Также можно щелкнуть правой кнопкой мыши на переключателях «ШАГ» и «СЕТКА» в строке состояния и выбрать из контекстного меню пункт «Настройка».

Флажки вверху окна включают и выключают привязку (слева) и сетку (справа), для привязки можно ввести шаги по  $x$  и  $y$ . Для полярной привязки вводится радиальный шаг по  $r$ , в качестве углового шага выступает полярная трассировка (см. практическое занятие № 2). Для сетки (справа) вводится шаг по  $x$  и  $y$ . Также можно разрешить автоматическое прореживание сетки при уменьшении масштаба («Настройка сетки») или ее учащение при увеличении масштаба («Разрешить дробление мельче шага сетки»), а также ее показ вне лимитов чертежа.

Кнопка внизу окна слева вызывает диалоговое окно основных настроек AutoCAD.

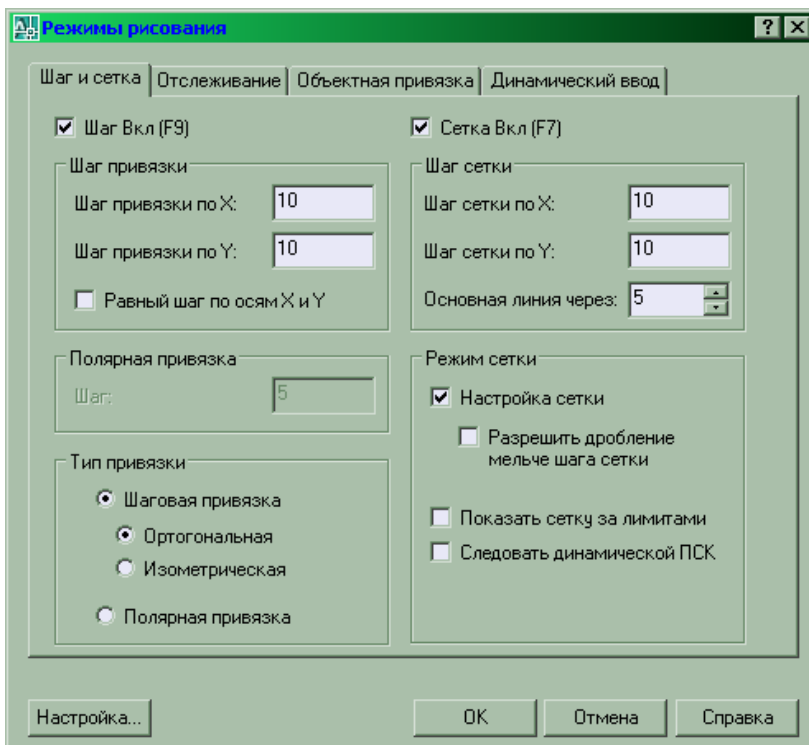


Рис. 1.5. Диалоговое окно настроек черчения, вкладка сетки и привязки

## 1.9 Слои

*Слой* в AutoCAD представляет собой нечто среднее между слоем в Adobe Photoshop и стилем в MS Word. С одной стороны, слой – это как прозрачный лист стекла, на котором нанесены некоторые объекты и который можно вложить в стопку с другими слоями, а можно убрать, и объекты исчезнут с экрана. С другой стороны, для слоя можно задать настройки цвета, типа линии и ее толщины, в результате чего все объекты, рисуемые в слое, по умолчанию будут иметь данные параметры. Изменив соответствующий параметр слоя,



заставляем AutoCAD автоматически изменить этот параметр у всех объектов, лежащих в слое.


В простых чертежах слои обычно создают под типы линий, в более сложных – в различные слои выносят отдельные узлы и агрегаты машины, изготавливаемые разными цехами или покупные, изменения, вносимые различными конструкторами, разные варианты одной и той же конструкции и т. д.



Чтобы изменения параметра слоя приводили к изменению этого параметра у всех объектов, цвет, толщина каждой отдельной линии и ее тип (см. ниже) должны иметь значение «Послою». Если принудительно задать для объектов другое значение параметра, она перестанет реагировать на редактирование слоев. В каких-то случаях это полезно, но чаще этого следует избегать.

Слой может находиться в разных состояниях. *Выключенный* слой не отображается на экране и не печатается. *Замороженный* слой отображается, но не регенерируется, окружности на нем постепенно упрощаются до многоугольников, на нем нельзя выделять и редактировать объекты. Заморозка слоев в сложных чертежах значительно ускоряет работу программы на процессорах средней мощности (выключенный слой не отображается, но обсчитывается, съедая вычислительную мощность). *Заблокированный* слой отображается и регенерируется, однако редактирование объектов на нем запрещено, т. е. начерченное в нем нельзя испортить или стереть. Также можно отдельно запретить распечатку слоя, при этом он будет нормально отображаться на экране.

Рисование всегда выполняется в *текущем* слое.

Операции со слоями осуществляются через диалоговое окно «Диспетчер свойств слоев», которое вызывается через меню Формат – Слой. В этом окне можно просмотреть список слоев (непосредственно или добавив фильтр, если список очень большой), создать и удалить их, назначать свойства и сделать любой слой текущим.

При построении изображения часто удобнее работать с панелью инструментов «Слой». Список панели позволяет просмотреть доступные слои, а щелчки на иконках в развернувшемся списке позволяют изменять свойства слоя. Выделив один или несколько объектов на чертеже, можно выбрать для них из списка другой слой, и они будут перенесены в него. Когда ни одного объекта на чертеже не выделено, меняется **текущий** слой. При помощи кнопки  мож-

но сделать текущим слой, в котором лежит объект: команда попросит выделить объект, после чего его слой станет текущим. Кнопка  на этой панели вызывает диалоговое окно «Диспетчер свойств слоев», а кнопка  делает текущим предыдущий слой. Внешний вид диалогового окна «Диспетчер свойств слоев» показан на рис. 1.6, а панели инструментов «Слой» – на рис. 1.7.

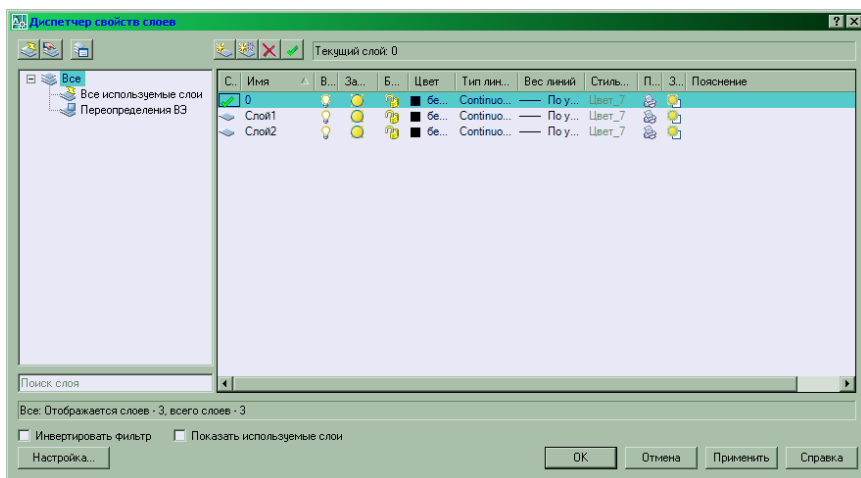


Рис. 1.6. Диалоговое окно диспетчера слоев

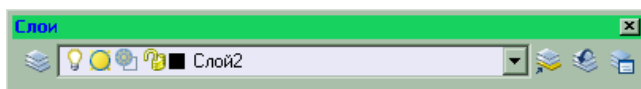



Рис. 1.7. Панель управления слоями

В левом верхнем углу диалогового окна «Диспетчер свойств слоев» расположены элементы управления фильтром отображения слоев, немного правее – кнопки, позволяющие создать новый слой, удалить выделенный, сделать выделенный слой текущим. В левой части окна расположено дерево слоев (в данном пособии не рассматривается).

Основную площадь диалогового окна занимает список слоев, где их можно выделять, переименовывать, выключать, замораживать, блокировать и менять свойства. Текущий слой обозначается зеленой галоч-

кой, слой без единого объекта (неиспользуемый слой) – белым листом (если включить переключатель внизу), используемый – серо-голубым.

Кнопка  диалогового окна или панели инструментов вызывает диспетчер конфигураций слоев. Под *конфигурацией слоев* понимается набор слоев и их свойств, который можно сохранить, присвоив ему имя для использования в дальнейшем. Конфигурации слоев также не рассматриваются в данном пособии.

### 1.10 Типы линий и их загрузка

*Тип линии* определяет ее начертание (сплошная, пунктирная, штрих-пунктирная и т. д.) и очень важен в машиностроительном черчении. Изначально все типы линий в AutoCAD хранятся в специальном файле *acadiso.lin*, который входит в комплект программы. Также можно найти альтернативные библиотеки с типами линий. Однако по умолчанию все эти типы линий не доступны для черчения.

Черчение возможно лишь теми типами линий, которые хранятся в самом файле чертежа. Благодаря этому файл правильно откроется даже на тех компьютерах, где дополнительные библиотеки линий не установлены. Нужные линии из библиотеки необходимо загрузить в файл чертежа. Щелкнув на типе линии слоя в диалоговом окне «Слой», попадаем в список линий, загруженных в файл чертежа, из которых можно выбрать. Там же есть кнопка «Загрузить...», позволяющая загрузить линии из библиотеки в чертеж.

Вместо этого можно воспользоваться меню Формат – Типы линий, которое вызовет диалоговое окно «Диспетчер типов линий» (рис. 1.8). В этом окне можно загружать линии в чертеж и удалять неиспользуемые из чертежа, выбирать текущий тип линии для рисования (хотя лучше рисовать линией «Послою» и менять их тип выбором правильного текущего слоя), а также вводить масштаб для данного типа (начального масштаба может быть недостаточно для отображения очень крупных или очень мелких деталей на чертежах). Для изменения масштаба следует предварительно нажать кнопку «Включить подробности».

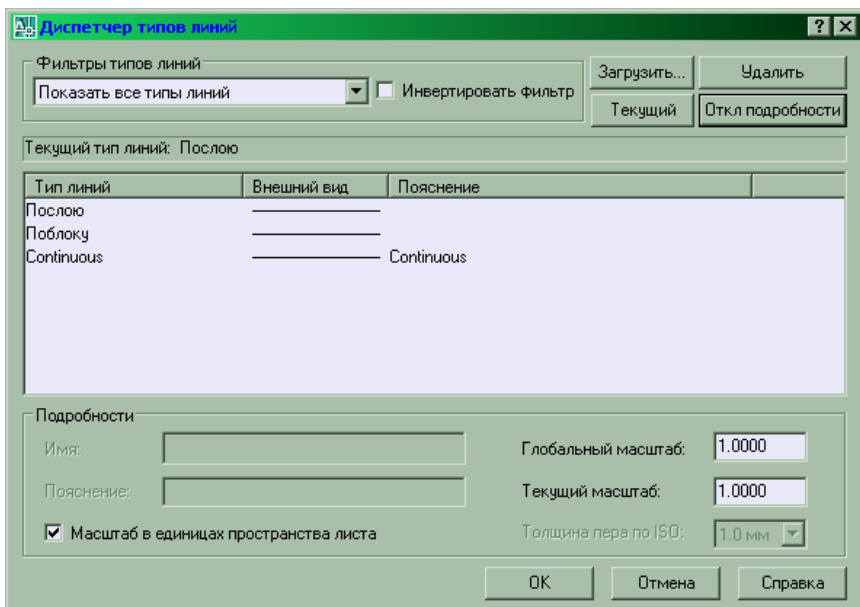


Рис. 1.8. Диалоговое окно диспетчера типов линий

### *1.11 Толщина (вес) линий*

При черчении и анализе чертежей обилие на экране мелких деталей, вычерченных толстыми линиями, может сильно отвлекать и затруднять работу. Поэтому в AutoCAD имеется возможность быстро выключить (при этом все линии отображаются как самые тонкие) или включить отображение толщины линий. Для этого следует щелкнуть мышью по переключателю «ВЕС» в строке состояния. Также можно воспользоваться меню Формат – Веса линий для вызова диалогового окна «Параметры весов линий» (рис. 1.9). В нем можно задать толщину выделенной линии и единицы ее измерения, включить или выключить отображение толщины, а включив – настроить масштаб отображения на экране. Для мониторов с разрешением точек 1024×768 рекомендуется ставить второе слева деление, для 24-дюймовых ЖК мониторов – чуть правее середины. Также данное диалоговое окно можно вызвать правым щелчком по переключателю «ВЕС» в строке состояния и выбором пункта «Настройка» из выпавшего меню.

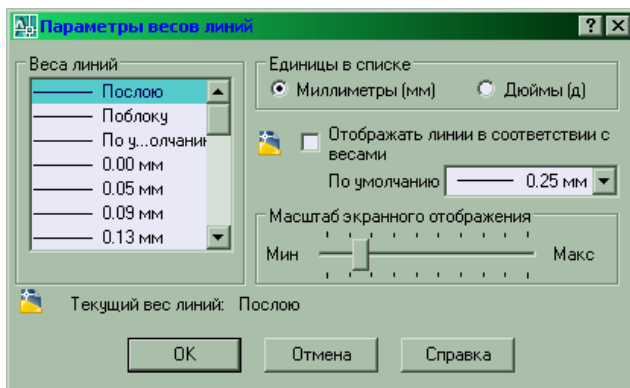


Рис. 1.9. Диалоговое окно настройки толщины линий

### 1.12 Цвет

Для удобства структурирования чертежа можно рисовать объекты различными цветами. Его можно указать как для слоя, так и для отдельного объекта. Для выбора цвета используется диалоговое окно (рис. 1.10), которое можно вызвать через меню Формат – Цвет.

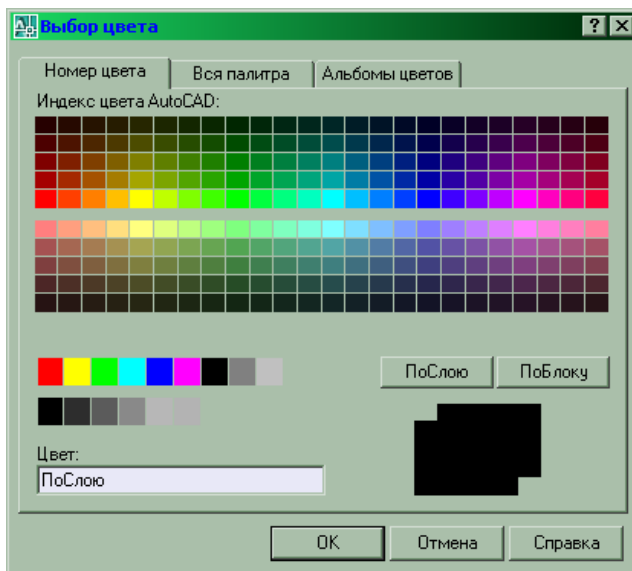


Рис. 1.10. Диалоговое окно выбора цвета

Первая вкладка диалогового окна позволяет выбрать один из 256 цветов (либо из 8 цветов, либо из 6 оттенков серого), вторая – 16 миллионов (True Color), третья – из стандартных промышленных наборов цветов. Строка внизу отображает имя цвета, а поле справа – пример выбранного цвета рядом с предыдущим.

### ***1.13 Выбор типа и толщины линии и цвета объекта***

Вызов диалоговых окон для смены типа и толщины линии и цвета каждый раз – крайне неудобный метод. Гораздо легче непосредственно на экране выбирать соответствующие характеристики объекта. Это делается при помощи панели инструментов «Свойства» (рис. 1.11).



Рис. 1.11. Панель свойств объекта

Эта панель позволяет выбрать (слева направо) цвет, тип и толщину линии, а также плоттерный стиль (для перьевых плоттеров) для выделенного объекта или назначить параметр **текущим**, если ничего не выделено. Все последующие объекты будут создаваться с текущим значением параметров.

Вместо явного значения каждому параметру можно присвоить значение «Послою» (будет выбран параметр, указанный в свойствах слоя, в котором лежит объект) или «Поблоку» (будет выбран параметр блока, в образовании которого участвует объект, см. практическое занятие № 4). Для быстрого изменения всех свойств объекта на «Послою» можно воспользоваться меню Редактировать – Изменить на Послою.

## Практическое занятие № 2

### РИСОВАНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

#### ЗАДАНИЕ

1. Запустить AutoCAD. Создать новый чертеж, используя шаблон с первого занятия.
2. Перенастроить шаг привязки – 1 мм.
3. Для выполнения чертежа 1 включить режим ортогонального черчения. При возникновении необходимости отключить и снова включить режим.
4. Пользуясь сеткой, разместить на листе вспомогательные линии.
5. Соблюдая указанные размеры, вычертить предложенную деталь (прил. Б, задание № 1), используя слои. Образмеривать деталь не нужно.
6. При выполнении задания № 1 максимально использовать преобразования (копирование, зеркальное отражение и т. д.).
7. В нижней части чертежа написать свою фамилию, имя и номер группы (выровняв по центру). Строчкой ниже по правому краю написать дату выполнения задания.
8. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p21\_ZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZZ – фамилия учащегося.
9. Создать новый чертеж, повторив пункты 2 и 3.
10. Отметить вспомогательными линиями центр будущей детали.
11. Используя отмеченный центр, настроить полярную привязку шагом 15°.
12. Соблюдая указанные размеры, вычертить предложенную деталь (см. прил. Б, задание № 2), также используя слои.
13. При выполнении задания № 2 максимально использовать команды преобразования (вращение, массив, удлинение, обрезание).
14. Скопировать свою фамилию, имя, номер группы и дату из предыдущего чертежа и разместить их на новом чертеже в том же месте.
15. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p22\_ZZZZZZ.dwg.
16. Создать новый чертеж, снова повторив пункты 2 и 3.
17. Соблюдая указанные размеры, вычертить предложенную деталь (см. прил. Б, задание № 3).

18. При выполнении задания № 3 максимально использовать команды преобразования (подобие, фаска, скругление).
19. Повторить пункт 14 и для этого чертежа.
20. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p23\_ZZZZZZ.dwg.

*Методические указания к выполнению пунктов задания*

1. Запустить программу AutoCAD, как было описано на прошлом занятии. Воспользоваться меню Файл – Создать. В появившемся диалоговом окне вместо шаблона «acadiso.dwt» выбрать шаблон, созданный на прошлом занятии.

2. Смотреть пункт 11 практического занятия № 1.

3. Воспользоваться переключателем ОРТО в панели состояния.

4. Создать отдельный слой для вспомогательных линий. Далее воспользоваться пунктами Прямая, Луч меню Рисование. Количество и расположение вспомогательных линий определить самостоятельно, исходя из целесообразности.

5. Воспользоваться пунктами Отрезок, Прямоугольник, Круг, Дуга меню Рисование. При черчении точно соблюдать размеры, пользуясь сеткой и привязкой. При необходимости отменить ошибочные действия.

6. Изучить работу пунктов Перенести, Копировать, Зеркало, Удлинить, Обрезать меню Редактировать.

7. Воспользоваться меню Рисование – Текст – Однострочный. Размер шрифта 5 мм, вертикальное выравнивание – по низу, горизонтальное – по центру чертежа.

8. Воспользоваться меню Файл – Сохранить.

9. Смотреть пункты 2, 3.

10. Смотреть пункт 4.

11. Воспользоваться переключателем «ОТС-ПОЛЯР» в панели состояния.

12. Смотреть пункт 5. При необходимости воспользоваться пунктом Многоугольник меню Рисование. Начать с вычерчивания одного из повторяющихся по окружности элементов.

13. Изучить работу пунктов Массив, Повернуть, Подобие меню Редактировать.

14. Воспользоваться командами работы с буфером обмена. Изучить роль базовой точки при копировании.



15. Смотреть пункт 8.
16. Смотреть пункты 2, 3, 4. Вернуть режим работы привязки в ортогональный (см. пункт 11 практического занятия № 1).
17. Смотреть пункты 5, 12.
18. Изучить работу пунктов Фаска, Сопряжение меню Редактировать.
19. Смотреть пункт 12.
20. Смотреть пункт 8.

## ***2.1 Режим ортогонального черчения***

При активации данного режима независимо от траектории перемещения указателя мыши черчение осуществляется лишь вертикальными и горизонтальными линиями (в общем случае – линиями, параллельными осям координат).

Включение и выключение режима производится щелчком по переключателю «ОРТО» в строке состояния или нажатием клавиши «F8».

## ***2.2 Полярная трассировка***

Инструмент полярной трассировки упрощает черчение линий из данной точки под определенным углом к оси координат. Если курсор мыши смещен относительно первой точки в направлении, близком к базовому углу, из точки прочерчивается луч трассировки (мелкая пунктирная линия). Курсор мыши в этот момент как бы «примагничивается» к лучу трассировки, а вводимые точки оказываются размещенными точно на нем. Если курсор увести на некоторое расстояние (около 3 мм) от луча трассировки, он исчезнет. Лучи вычерчиваются с определенным угловым шагом. Внешний вид луча показан на рис. 2.1.

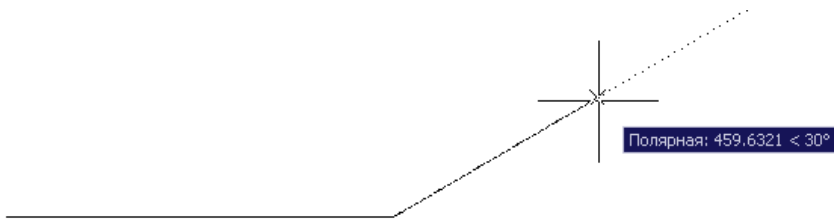


Рис. 2.1. Построение отрезка при помощи луча трассировки

Для включения полярной трассировки следует щелкнуть мышью по переключателю «ОТС-ПОЛЯР» в строке состояния либо нажать клавишу «F10». Также можно вызвать диалоговое окно «Режимы рисования» (меню Сервис – Режимы рисования) и открыть вкладку «Отслеживание» (рис. 2.2). Флажок в левой верхней части окна включает и выключает полярную трассировку, блок ниже позволяет задать равномерный угловой шаг лучей либо неравномерный, введя дополнительные углы. Переключатель справа снизу выбирает, отсчитывать ли углы относительно оси  $X$  системы координат или относительно последнего введенного объекта. Переключатель справа сверху управляет поведением объектной трассировки (см. практическое занятие № 3).

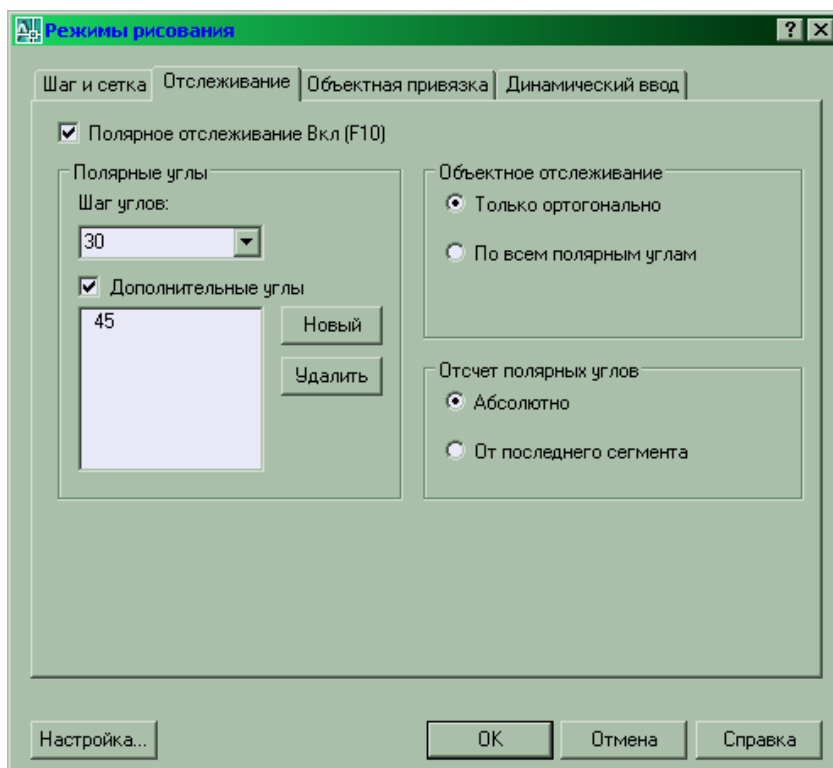



Рис. 2.2. Диалоговое окно режимов рисования, вкладка полярной трассировки

### 2.3 Вспомогательные линии (линии построения)

*Линии построения* – специальные линии, которые могут рисоваться для облегчения геометрических построений. В отличие от других CAD-приложений, в AutoCAD линии построения – это обычные линии, отрезки и окружности, которые видимы и выводятся на печать, как и любые другие. В связи с этим рекомендуется рисовать их на отдельном, непечатаемом слое. Некоторые специализированные линии имеют бесконечную длину, однако эта бесконечность игнорируется командами Вид – Зуммирование – Все, Вид – Зуммирование – Границы и любыми другими, вычисляющими размер области черчения.

*Бесконечная прямая.* Для построения бесконечной линии используются меню Рисование – Прямая или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Сама панель инструментов показана на рис. 2.3. Изначально линии строятся по двум точкам, при этом после указания первой программа предлагает провести через нее необходимое количество линий, для выбора направления которых служат вторые точки. Для проведения линий через другую точку следует прекратить выполнение команды клавишей «ESC» или щелчком правой кнопки мыши, после чего повторить команду, указав в качестве первой другую точку.

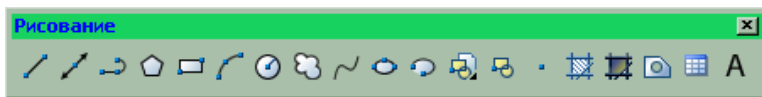



Рис. 2.3. Панель инструментов рисования

Опции **Гор** и **Вер** позволяют построить горизонтальные и вертикальные линии соответственно. В этом случае для построения линии достаточно указать одну точку. Опция **Угол** позволяет проводить линию под заданным углом к оси  $X$ . Значение угла вводится в командную строку после выбора опции. Ввод опции **Базовая линия** вместо значения угла позволяет указать существующий угол на чертеже, щелкнув мышью последовательно на его вершине и двух сторонах. Опция **Биссект** позволяет построить линию, которая является биссектрисой угла. После ввода опции сначала задается точка вершины делимого угла, а затем точки, лежащие на его сторонах. Опция **Отступ** позволяет построить линию, параллельную заданной и отстоя-

щую от нее на заданном расстоянии. Действие опции аналогично команде «**Подобие**», рассмотренной ниже.

*Луч* отличается от бесконечной прямой тем, что он бесконечен лишь в одну сторону, т. е. имеет начало. Для рисования луча следует воспользоваться меню Рисование – Луч. Рисование луча всегда ведется по двумя точкам (первая – начало), других вариантов или опций у команды не предусмотрено.

*Точки* также являются вспомогательными объектами и служат для дальнейшей геометрической привязки к ним других объектов. Для построения точки следует воспользоваться меню Рисование – Точка – Одиночная, Рисование – Точка – Несколько либо кнопкой  панели инструментов «Рисование». Пункт меню «Одиночная» прерывает выполнение команды после первой точки.

По умолчанию точка на открытом месте малозаметна, на линии – не видна. Для настройки стиля отображения точки следует вызвать диалоговое окно «Отображение точек» (рис. 2.4). Для вызова окна следует воспользоваться меню Формат – Отображение точек. В диалоговом окне можно выбрать стиль отображения точки и ее размер (в миллиметрах или процентах от размера экрана).

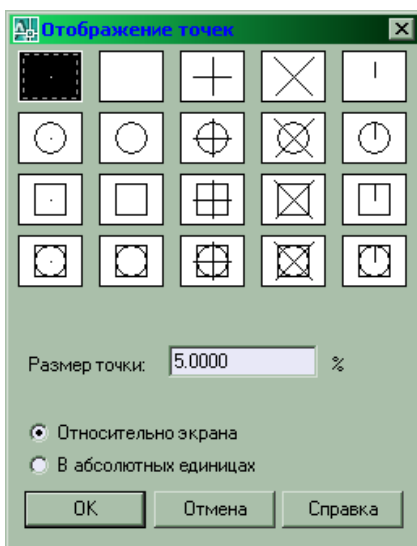




Рис. 2.4. Диалоговое окно стиля точки


## 2.4 Рисование объектов

Отрезок линии. Для рисования отрезка линии необходимо воспользоваться меню Рисование – Отрезок или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Далее мышью или координатами вводится первая точка, затем вторая. На этом действие команды не прекращается, вторая точка предыдущего отрезка автоматически становится первой точкой нового отрезка, и AutoCAD ожидает ввода третьей точки и т. д., рисуя ломаную линию, соединяющую последовательно все введенные точки. Для прекращения построения следует нажать правую кнопку мыши или клавишу «Esc». Также после ввода третьей точки становится доступной опция **Замкнуть**, которая соединяет последнюю введенную точку с первой. В любой момент опцией **Отменить** можно стереть последний введенный отрезок ломаной, не прекращая действие команды.


Прямоугольник. Для рисования прямоугольника следует воспользоваться меню Рисование – Прямоугольник или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Далее вводятся точки, лежащие на диагонали прямоугольника. Прямоугольник является частным случаем *полилиний* (см. практическое занятие № 4). Перед вводом первой точки можно добавить следующие опции: **Ширина** – будет предложено ввести толщину линий, которыми рисуется прямоугольник (*ширина полилинии*); **Уровень** и **Высота** – работают лишь в трехмерном пространстве (см. практическое занятие № 7); **Фаска** и **Сопряжение** – снять фаски в углах прямоугольника либо скруглить углы (опции действуют аналогично одноименным командам, описанным ниже). После ввода точки первого угла прямоугольника следует указать второй (по диагонали) либо ввести опции **Размеры**, **Площадь** или **Поворот**. Опция **Размеры** позволяет ввести сначала длину прямоугольника, затем ширину отдельно. После ввода длины и ширины следует указать мышью, в какую сторону от первого угла следует строить прямоугольник. Опция **Площадь** позволяет сначала ввести площадь, затем выбрать, длина или ширина прямоугольника известна, и ввести ее – тогда второй размер будет вычислен автоматически. Опция **Поворот** позволяет построить прямоугольник, повернутый на заданный угол относительно оси X. Следует ввести угол с клавиатуры или указать положение стороны

прямоугольника по двум точкам (первая – его вершина – была указана ранее, вторую следует указать, предварительно активировав опцию **Точки выбора**).

Следует отметить, что все числовые величины, введенные при работе большинства команд (толщина линии прямоугольника, радиус скругления и т. д.) сохраняются, и при последующем выполнении этой же команды они будут предложены по умолчанию (в треугольных скобках). Можно ввести новые величины либо принять предложенные, просто нажав клавишу «Enter».

**Многоугольник.** Для построения правильного многоугольника следует воспользоваться меню **Рисование – Многоугольник** или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Далее на запрос программы следует ввести число вершин многоугольника, затем указать его геометрический центр. Размер многоугольника задается радиусом окружности, вписанной в него (опция **Описанный вокруг окружности**) или описанной около него (опция **Вписанный в окружность**).

Также можно после ввода числа сторон многоугольника ввести опцию **Сторона**, после чего построить одну из них. Остальные будут достроены автоматически, исходя из направления обхода многоугольника против часовой стрелки.

**Окружность.** Для построения окружности следует воспользоваться меню **Рисование – Круг – необходимый способ построения** или кнопкой  панели инструментов «Рисование» с последующей активацией опций. Для удобства в AutoCAD предусмотрено множество способов построения окружности.

- *Центр, радиус.* Способ по умолчанию. Сначала указывается центр окружности, затем (мышью или непосредственным вводом) ее радиус.

- *Центр, диаметр.* Позволяет избавить пользователя от необходимости делить диаметр на два. Активируется через пункт меню или опцией **Диаметр** после указания точки центра. Далее вводится значение диаметра.


- *2 точки.* Окружность строится по двум точкам, лежащим на концах ее диаметра. Выбирается через пункт меню или опцией **2Т**, после чего вводятся точки.

- *3 точки.* Окружность строится таким образом, чтобы она проходила через три указанные точки (вершины вписанного в нее тре-

угольника). Выбирается через пункт меню или опцией **ЗТ**, после чего вводятся точки.

– *2 точки касания, радиус*. Окружность заданного радиуса строится так, чтобы касаться двух заданных прямых. Активируется через пункт меню или опцией **ККР**, после чего мышью указываются прямые, которых окружность должна касаться, затем вводится ее радиус.



– *3 точки касания*. Окружность строится таким образом, чтобы касаться трех заданных прямых (стороны описанного вокруг нее треугольника). Активируется через пункт меню. Далее мышью указываются прямые, которых должна касаться окружность.


Эллипс. Для построения эллипса следует воспользоваться меню Рисование – Эллипс – необходимый способ построения или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Для удобства в AutoCAD также предусмотрено несколько способов построения эллипса.

– *Ось, конец*. Эллипс строится по трем точкам: двум вершинам одной из его осей и вершине второй оси. Это способ по умолчанию. Сначала следует указать точки, образующие первую ось, а затем указать конец второй оси или ввести значение половины ее длины.

– *По центру*. Эллипс строится по трем точкам: центр и концы двух его осей. Выбирается через пункт меню или опцией **Центр**, после чего указывается центр эллипса, затем точки на концах его осей. Также вместо указания точки на конце оси можно непосредственно ввести ее длину.

Вместо ввода последней точки можно выбрать опцию **Поворот**. В этом случае эллипс строится как проекция окружности, повернутой на некоторый угол к плоскости чертежа. После выбора опции следует ввести угол. При вводе 0 эллипс превращается в круг, а 90 – вырождается в линию.

– *Дуга*. Также может быть активирована опцией **Дуга** после ввода команды или нажатием кнопки  вместо кнопки  панели инструментов «Рисование». Особенности построения эллиптических дуг в данном пособии рассматриваться не будут, их следует изучить самостоятельно.

Дуга окружности. Для построения дуги окружности следует воспользоваться меню Рисование – Дуга – необходимый способ построения или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Для

удобства в AutoCAD также предусмотрено множество способов построения дуги окружности.

– *3 точки.* Способ по умолчанию. Последовательно вводятся три точки, образующие дугу.

– *Начало, центр, конец.* Активируется через пункт меню или опцией **Центр** после ввода первой точки. Затем вводится точка центра дуги и ее конец. В случае указания центра дуга всегда строится в положительном направлении, т. е. против часовой стрелки, кроме случаев указания отрицательного значения угла.

– *Начало, центр, угол.* Активируется через пункт меню или опцией **Центр** после ввода первой точки и опцией **Угол** после указания точки центра. Затем вводится или указывается мышью угол дуги. При указании мышью угол отсчитывается в положительном направлении.

– *Начало, центр, длина.* Активируется через пункт меню или опцией **Центр** после ввода первой точки и опцией **Длина хорды** после указания точки центра. Далее следует указать мышью или ввести с клавиатуры длину хорды дуги. Длина не может превышать удвоенное значение радиуса.

– *Начало, конец, угол.* Активируется через пункт меню или опцией **Конец** после ввода первой точки и опцией **Угол** после ввода точки конца. Далее следует ввести внутренний угол дуги.

– *Начало, конец, направление.* Активируется через пункт меню или опцией **Конец** после ввода первой точки и опцией **Направление** после ввода точки конца. Далее следует указать мышью направление из начальной точки, касательно которому будет построена дуга.

– *Начало, конец, радиус.* Активируется через пункт меню или опцией **Конец** после ввода первой точки и опцией **Радиус** после ввода точки конца. Далее следует ввести или указать радиус дуги.

– *Центр, начало, конец.* Активируется через пункт меню или опцией **Центр** после ввода команды. Затем вводится точка центра дуги, ее начало и конец.

– *Центр, начало, угол.* Активируется через пункт меню или опцией **Центр** после ввода команды. Затем вводится точка центра дуги, ее начало и опция **Угол**, после чего вводится или указывается мышью угол дуги.

– *Центр, начало, длина.* Активируется через пункт меню или опцией **Центр** после ввода команды. Затем вводится точка центра ду-



ги, ее начало и ключ **Длина хорды**, после чего вводится или указывается мышью длина хорды дуги.

– *Продолжить*. Активируется через пункт меню или нажатием клавиши «Enter» в ответ на запрос ввести начальную точку дуги. В этом случае дуга строится из последней точки последнего введенного объекта типа линии или дуги. При этом начало дуги совпадает с концом линии, а направление касательной в начале дуги – с направлением этой линии. Остается лишь указать конец дуги.

## 2.5 Простой (однострочный) текст

Для ввода строки или нескольких строк текста необходимо воспользоваться меню Рисование – Текст – Однострочный. Далее следует ввести точку начала текстовой строки, высоту заглавных букв текста, угол поворота текстовой строки относительно оси  $X$  и, наконец, ввести сам текст. Нажатие клавиши «Enter» начинает новую строку текста, ввод пустой строки – завершает выполнение команды.

Ввод опции **Выравнивание** позволяет изменить способ выравнивания строки текста относительно начальной точки. Он задается следующими опциями (вводятся после опции **Выравнивание**):

– **Вписанный** – предлагается при помощи двух точек ввести отрезок; высота и направление текста будут автоматически подобраны так, чтобы вся строка уместилась над данным отрезком;

– **Поширине** – предлагается при помощи двух точек задать отрезок, а также высоту букв шрифта, после чего программа уместит вводимую строку над заданным отрезком, при необходимости растянув или сжав символы;

– **Центр/Середина/Вправо** – отцентрировать текст относительно точки по горизонтали/ по вертикали/ выровнять по горизонтали по правому краю;

– опции, состоящие из **двух букв**, обозначают одновременное выравнивание и по горизонтали, и по вертикали: первая буква значит **Верх/Середина/Низ**, т. е. по верхнему краю/ по середине/ по нижнему краю, вторая буква – соответственно **Лево/Центр/Право**, т. е. по левому краю/ по центру/ по правому краю.

После ввода опции выравнивания выполнение команды продолжится.

Ввод опции **Стиль** позволяет выбрать *стиль текста*. Стили будут рассмотрены на практическом занятии № 5.

## **2.6 Выделение объектов. Группы объектов**

Любой объект (линию, окружность, дугу, штриховку и т. д.) можно выделить для дальнейшего редактирования. При преобразованиях (поворот, отражение, копирование и т. д.) можно сначала выделить нужные объекты (курсор должен иметь форму перекрестия с квадратом), а затем дать команду преобразования. В противном случае программа попросит выделить объекты, а курсор примет вид квадрата. Для завершения выделения необходимо нажать клавишу «Enter» или правую кнопку мыши.

При наведении курсора мыши на объект тот будет подсвечен жирным и отрисован мелкими штрихами. Если под курсор попадает сразу несколько объектов, подсвечен будет только один из них на усмотрение программы. В этом случае можно зажать клавишу «Shift» и, не отпуская ее, нажать клавишу «Пробел». Подсвеченные объекты будут меняться по кругу. Когда подсветится нужный, следует щелкнуть левой кнопкой мыши. Выделенный объект отображается отрисовкой мелкими штрихами, без подсветки.

Объекты выделяются последовательно. Щелчок мыши по объекту добавляет его к уже выделенным. Щелчком мыши при нажатой клавише «Shift» можно снять выделение с ошибочно выделенного объекта, оставив остальные объекты выделенными. Для снятия выделения со всех объектов необходимо нажать клавишу «Esc».

Также группу объектов можно выделить, обведя ее рамкой. Для этого следует щелкнуть левой кнопкой мыши, провести ее по диагонали будущей прямоугольной рамки, затем щелкнуть еще раз. При этом, если вести рамку **слева направо**, она будет отрисована на экране сплошной линией и будут выделены все объекты, целиком попавшие внутрь этой рамки. Если же вести рамку **справа налево**, она будет отрисована штриховой линией (*секущая рамка*) и будут выделены все объекты, хотя бы часть которых попадет внутрь этой рамки. По умолчанию простая и секущая рамки при рисовании заливаются разными цветами. Комбинируя приемы, можно довольно быстро выделить любое количество объектов.

Объекты можно объединять в *группы*. Они будут выделяться одновременно при щелчке по любому из них. После этого, зажав клавишу «Shift», можно снять выделение с любых объектов группы.

Для работы с группами следует ввести в командную строку команду **Группа**. Откроется диалоговое окно (рис. 2.5).

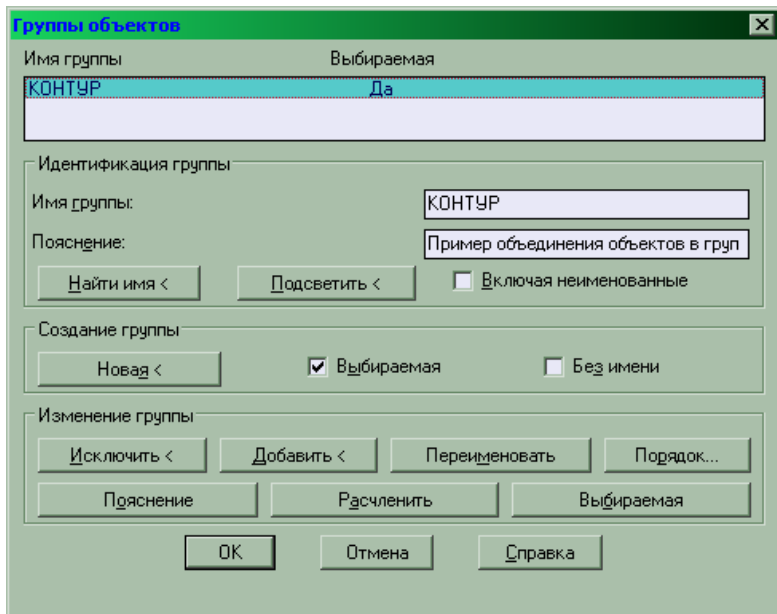


Рис. 2.5. Диалоговое окно управления группами

В верхней части окна приводится список уже созданных на чертеже групп объектов. Статус «Выбираемая» значит, что при щелчке по объекту мышью выделяется вся группа.

Ниже находятся текстовые поля, в которые можно вводить имя и описание для создаваемых или переименовываемых групп. Кнопка «Найти имя» позволяет выделить на чертеже объект и определяет, в какой группе/группах он состоит. Кнопка «Подсветить» позволяет временно подсветить группу на чертеже, что облегчает ориентирование.


Для создания новой группы в диалоговом окне следует заполнить поля имени и пояснения, затем нажать кнопку «Новая». Окно вре-


менно исчезнет, и можно будет выбрать объекты на чертеже. Флажки позволяют изменить статус выбираемости новой группы и создать группу без имени.

Выделив уже существующую группу в верхней части окна, ее можно редактировать. Для этого служат кнопки в нижней части окна. Можно добавлять объекты в группу и удалять их из нее, переименовывать группу и менять ее описание, изменять статус выбираемости, а также удалить объединение элементов (кнопка «Расчлнить»). Элементы останутся на чертеже, но будут выделяться независимо.


## ***2.7 Перемещение, копирование и удаление объектов***

Как и любое другое Windows-приложение, AutoCAD поддерживает работу с буфером обмена. Она осуществляется следующими командами меню Правка или одноименными кнопками стандартной панели инструментов:

- Вырезать (клавиши «Ctrl»+«X» или «Shift»+«Delete»), кнопка  – поместить выделенные объекты в буфер обмена и удалить их на чертеже. Следует обратить внимание, что буфер обмена лишь один и врезание в него новых объектов сотрет предыдущие;

- Копировать (клавиши «Ctrl»+«C» или «Ctrl»+«Insert»), кнопка  – поместить выделенные объекты в буфер обмена. При этом в качестве *базовой точки* (см. ниже) применяется начало координат;


- Копировать с базовой точкой (клавиши «Ctrl»+«Shift»+«C») – поместить выделенные объекты в буфер обмена. После выделения объектов будет предложено самостоятельно выбрать или указать базовую точку;

- Вставить (клавиши «Ctrl»+«V» или «Shift»+«Insert»), кнопка  – вставить содержимое буфера обмена. При этом курсор-перекрестие будет «держаться» вставляемые объекты за базовую точку, и будет предложено указать, куда эту точку необходимо поместить;


- Вставить как блок (клавиши «Ctrl»+«Shift»+«V») – вставить содержимое буфера обмена, предварительно преобразовав его в неделимый *блок* (блоки будут подробно рассмотрены на практическом занятии № 4).

Буфер обмена помогает переносить и копировать объекты между разными файлами чертежей. Помимо этого, существуют локальные

команды AutoCAD для перемещения и копирования, действующие в пределах одного чертежа.

*Копирование* (меню Редактировать – Копировать, кнопка  панели «Редактировать»). После выделения объектов программа предлагает ввести или указать некую *базовую точку*. Затем предлагается ввести или указать новое положение для данной точки, куда и будут скопированы объекты. Если вместо указания базовой точки в самом начале ввести опцию **Перемещение** или нажать клавишу «Enter», будет предложено ввести координаты вектора перемещения.


По умолчанию при копировании включен режим множественного копирования, когда после выбора базовой точки можно создавать сколько угодно копий объекта. Прерывается действие команды клавишей «Esc» или правой кнопкой мыши. Можно переключиться в режим одиночных копий, когда команда сама прерывает себя после первой же копии. Делается это вводом опций **Режим**, затем **Один**. В одиночном режиме можно временно (до прекращения действия команды) активировать множественный режим (опция **Несколько**, как в более старых версиях AutoCAD) либо вернуть множественный режим (опции **Режим**, затем **Несколько**). Режим сохраняется в настройках программы AutoCAD и применяется ко всем последующим чертежам.

*Перемещение* (меню Редактировать – Перенести, кнопка  панели инструментов «Редактировать»). Применение полностью аналогично команде Копирование.

Панель «Редактировать» показана на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Панель инструментов преобразования

Удаление объектов – на чертеже достаточно выделить объект и нажать клавишу «Delete». Можно также воспользоваться меню Редактировать – Стереть или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». Если подать команду удаления без выделенных объектов, программа попросит их выделить.

## 2.8 Редактирование маркерами (ручками)

Каждый выделенный объект помимо всего прочего характеризуется несколькими квадратными *маркерами (ручками)*, обозначающими характерные точки объекта. При щелчке мышью по маркеру он меняет цвет и начинает перемещаться вместе с курсором. После повторного щелчка цвет возвращается и маркер фиксируется на новом месте. Обычно один маркер (в середине объекта) отвечает за его перемещение, а другие – за изменение формы и размеров. Если в одной точке сходятся несколько маркеров разных выделенных объектов, то они выделяются и перемещаются вместе, синхронно. Если же в точку, обозначенную маркером, приходит объект, который не был выделен, перемещение маркера никак не отразится на этом объекте.

При помощи маркеров можно осуществлять и более сложные операции редактирования. Для этого следует выбрать один из *режимов редактирования маркерами*.

Подсказка о текущем режиме редактирования выводится в командную строку после щелчка мышью по маркеру. Для последовательного переключения режимов можно использовать клавиши «Enter» или «Пробел». Также режим можно выбрать из контекстного меню правой кнопки мыши после щелчка на маркере. Для каждого режима в командной строке доступны опции, назначение которых такое же, как и у аналогичных режимам команд преобразований (см. ниже).

В режиме **«Перемещение»** вслед за маркером перемещаются все выделенные объекты. Маркер в этом случае выступает в качестве базовой точки. Если зажать клавишу «Shift», на время ее удержания будет включен режим ортогонального черчения.

В режиме **«Растягивание»** выбранный маркер перемещается, остальные остаются неподвижными, а форма объекта изменяется так, чтобы соответствовать новому положению всех маркеров объекта. При выделении маркером середины отрезка или центра окружности режим **«Растягивание»** ведет себя как режим **«Перемещение»**.

Зажав клавишу «Shift», можно выделить одновременно несколько маркеров. В этом случае будет работать режим **«Растягивание»**, однако все выделенные маркеры будут перемещаться синхронно.

В режиме **«Поворот»** можно поворачивать выделенные объекты. Выделенный маркер в этом случае будет играть роль базовой точки.


В режиме «**Масштаб**» можно изменить размер объекта, указав мышью на чертеже или введя с клавиатуры величину масштабного коэффициента. Выделенный маркер в этом случае также будет играть роль базовой точки.


В режиме «**Зеркало**» можно отражать объекты относительно оси симметрии, которая задается при помощи двух точек, первой из которых будет выделенный маркер.

Во всех режимах объекты можно размножить многократным копированием. Для этого следует нажать клавишу «Ctrl» или выбрать опцию **Копировать**. При растягивании и перемещении AutoCAD после создания первой копии объекта предложит создать последующие копии на том же (или кратном) расстоянии от исходного объекта, что и первую копию, при этом можно будет выбрать другие направления для копирования – параллельные, перпендикулярные или под 45° относительно направления первого копирования. При повороте и зеркальном отражении будет предложено создать копии объекта, поворачивая их на угол, кратный углу поворота первой копии.

Преобразования при редактировании маркерами позволяют повысить скорость черчения, однако требуют досконального знания всех тонкостей поведения аналогичных команд преобразования, а также понятий «базовая точка», «опорный угол», «опорная прямая» и т. д. Поэтому начинать осваивать преобразования лучше с команд.


## **2.9 Преобразование объектов**

Симметричное (зеркальное) отображение. Метод позволяет отображать уже начерченные части симметрично некоторой линии. Преобразование осуществляется через меню **Редактировать – Зеркало** или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». После выделения объектов необходимо ввести две точки, определяющие линию-ось симметрии, затем ответить на вопрос: следует ли стереть исходный объект (**Да/Нет**). В первом случае будет осуществлено зеркальное отображение, во втором (это действие по умолчанию) – зеркальное копирование.

Поворот. Осуществляется через меню **Редактировать – Повернуть** или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». После вы-

деления объектов следует указать точку, которая будет центром вращения, затем ввести (в градусах с учетом знака) или указать мышью угол поворота.


Опция **Опорный угол** позволяет вместо ввода величины угла указать его в любом месте на чертеже: сначала при помощи двух точек задается линия, наклон которой относительно оси  $X$  считается базовым углом, затем указывается новое положение угла (новый угол вычисляется как наклон относительно оси  $X$  отрезка между центром вращения и третьей точкой либо отрезка между третьей и четвертой точками – опция **Точки**). При повороте объект по умолчанию переносится, а не копируется, но можно активировать опцию **Копия**, тогда исходный объект не исчезнет.

Смещение (подобие). Операция позволяет быстро проводить линии, параллельные (или дуги и окружности, соосные) существующим и отстоящие от них на заданном расстоянии. Осуществляется через меню **Редактировать – Подобие** или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». Команда применима не ко всем объектам, потому что при ее выполнении созданное ранее выделение снимается. Сначала вводится расстояние смещения объектов (можно с клавиатуры или указать двумя точками отрезок требуемой длины), затем щелчком левой кнопки мыши выбирается исходная линия, щелчком выше или ниже определяется направление смещения, после чего можно выбрать и сместить следующую линию. Ввод вместо расстояния опции **Через** позволяет указать точку, через которую будет проведена новая линия. При смещении объект копируется, а не переносится, но можно ввести опцию **Удалить**.


Опция **Несколько** позволяет выбрать одну линию и сместить ее в несколько разных мест. Опция **Отменить** отменяет смещение последнего объекта, не прерывая команду, а опция **Выход** прерывает ее. Опция **Слой** позволяет сохранять создаваемые параллельные/соосные линии на текущем слое (опция **Текущий**) вместо слоя, где лежали исходные объекты, либо вернуться в режим сохранения новых линий в слое исходного объекта (опции **Слой**, затем **Исходный**).


Как правило, после преобразования подобия созданные объекты следует удлинить или обрезать (см. ниже).



Масштабирование. Служит для увеличения или уменьшения объектов на чертеже относительно других объектов. Осуществляется через меню Редактировать – Масштаб или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». После выбора объектов предлагается указать или ввести базовую точку, относительно которой будут изменены размеры и которая будет неподвижна, затем ввести масштаб (от 0 до 1 – уменьшить, больше 1 – увеличить). Введя вместо значения масштаба опцию **Опорный отрезок**, можно указать масштаб как соотношение длин двух отрезков. Сначала вводится исходный отрезок двумя любыми точками, затем новый, первая точка которого является базовой точкой масштабирования; опция **Точки** позволяет задать новый отрезок двумя произвольными точками. Как и у преобразования подобия, здесь работает опция **Копия**.

Растягивание. Является достаточно интересной функцией, позволяющей изменить объект или группу объектов. Если выделить все объекты какого-либо изображения, то растягивание приведет к их перемещению. Если же часть взаимосвязанных (имеющих общие точки) объектов выделена, а часть – нет, растягивание переместит объекты, которые выделены и соприкасаются с выделенными, оставит неподвижными те, которые не выделены, а те, которые выделены, но соприкасаются с невыделенными, растянет или сожмет так, чтобы пересечения с невыделенными остались на месте.

Растягивание осуществляется через меню Редактировать – Растянуть или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». После выбора объектов предлагается указать или ввести базовую точку, а затем точку, в которую будет перемещена базовая (аналогично командам перемещения и копирования).

Размножение массивом. Способ позволяет автоматически повторить один фрагмент множество раз, создав прямоугольный или круговой массив из фрагментов. Преобразование производится через диалоговое окно «Массив», которое можно вызвать при помощи меню Редактировать – Массив или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». Диалоговое окно в зависимости от положения верхнего переключателя принимает два состояния: *прямоугольный массив*, *круговой массив* (показанные, соответственно, на рис. 2.7, 2.8).

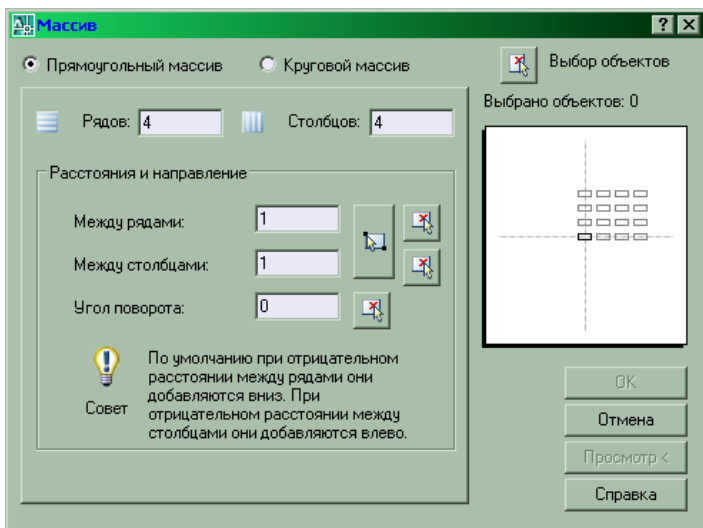


Рис. 2.7. Диалоговое окно массива, прямоугольный режим

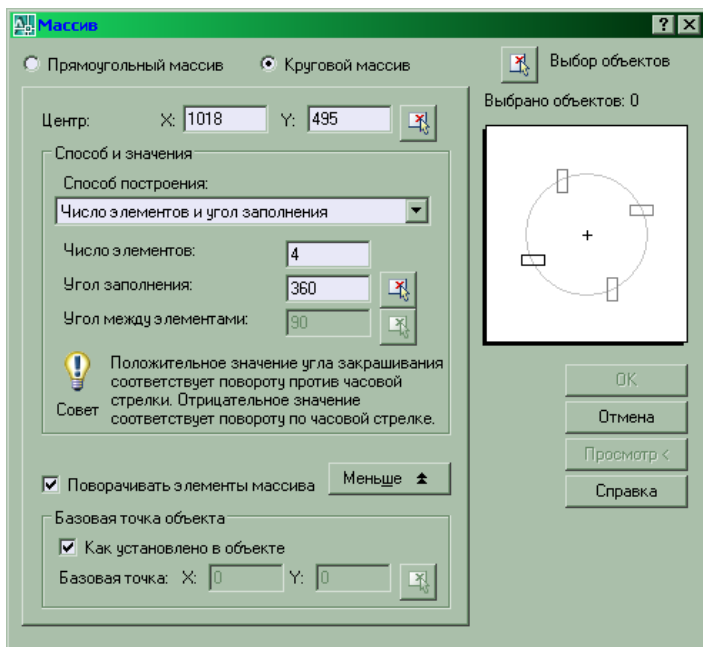


Рис. 2.8. Диалоговое окно массива, полярный режим

В правом верхнем углу находится кнопка для выбора объектов, подлежащих размножению. При нажатии кнопки диалоговое окно пропадает, после выбора объектов и нажатия клавиши «Enter» возвращается. Объекты можно выбрать и до открытия диалогового окна. Для прямоугольного массива необходимо задать число столбцов и строк, а также величину смещения исходного объекта для образования новой строки и нового столбца (шаг по вертикали и горизонтали; положительные значения дают смещение вдоль осей  $X$  и  $Y$ ). Смещение можно задать как прямым вводом значения в поле, так и указанием на чертеже (вместе или по отдельности, кнопки правее полей ввода шагов). Можно задать угол поворота массива относительно оси  $X$ . После ввода угла желательно нажать клавишу «Tab», чтобы обновить изображение в поле примера. При этом сами объекты не поворачиваются.

Для кругового массива следует прежде всего задать его центр вводом координат или, используя специальную кнопку, указать на чертеже. Круговой массив характеризуется тремя величинами: количеством элементов, шагом между ними и углом, который эти элементы заполняют. Угол в  $360^\circ$  соответствует полному кругу. Так как каждая из трех величин зависит от двух других, сначала следует из списка выбрать *способ*, показывающий, какие две из трех величин известны, а затем ввести или указать их. Наконец, поставив нижний флажок, укажем программе необходимость поворачивать размножаемые объекты.



Кнопка «Больше» позволяет добавить в диалоговое окно элементы для настройки свойств поворота объектов при размножении круговым массивом. Кнопка «Меньше» позволит эти дополнительные элементы скрыть.

В нижней правой части окна находятся кнопки, позволяющие провести преобразование, отказаться от него и закрыть окно, осуществить предпросмотр преобразования и вызвать помощь. Предпросмотр закрывает окно, выполняет размножение и предлагает на выбор принять результат преобразования, вернуть окно для корректировки параметров или отказаться от преобразования и закрыть окно.

Изменение длины отрезков и внутреннего угла дуг. Функция позволяет изменять численные значения длины отрезков или внутреннего угла дуг. Для ее активации следует воспользоваться меню Редактировать – Увеличить. Далее следует выбрать одну из опций: **Дельта** – увеличить или уменьшить (вводом отрицательного числа) длину/угол на определенное число миллиметров/градусов; **Процент** – новая дли-

на/угол задается в виде процента от старой длины/угла; **Всего** – сразу задается величина новой длины/угла, не зависящая от начальной; **Динамика** позволяет выполнить преобразование на экране мышью.

После выбора опций следует щелкнуть мышью на отрезках/углах. При этом изменение будет происходить с того конца объекта, ближе к которому щелкнули мышью при его выборе.

**Продление и обрезка объектов.** Функция позволяет быстро довести недоведенные линии или, наоборот, обрезать концы переведенных линий для формирования аккуратного и точного пересечения. Преобразование выполняется через меню **Редактировать – Удлинить** и **Редактировать – Обрезать** или кнопками  и  панели инструментов «Редактировать». После активации команды следует указать мышью граничную линию, до которой продлевать или по которую обрезать. Можно указать сразу несколько линий. Подтвердив выбор (клавиша «Enter» или правая кнопка мыши), следует указать линии, которые нужно продлевать или обрезать. Если граничных линий несколько, следует щелкнуть по возможности ближе к ним, это позволит программе точнее определить, в какую сторону и по какую из граничных линий обрезать или продлевать.


Если нажать «Enter», не выделяя ни одной граничной линии, все линии на чертеже будут выступать в качестве граничных.


Если после указания граничных линий ввести опцию **Кромка**, будет предложено выбрать режим продления граничной линии. В режиме **Без продолжения** (по умолчанию) границей продления и обрезки может выступать только видимый отрезок прямой; в режиме **С продолжением** можно обрезать или продлевать в том числе и до мысленных продолжений отрезков. Режим с продлением часто оказывается весьма удобен.


Опция **Проекция** позволяет выбрать поведение команд в трехмерном пространстве (при обрезке скрещивающихся прямых).

Если продлеваемых или обрезаемых линий очень много, выделять их по одной может оказаться утомительным. В этом случае опция **Линия** активирует *линию выбора*. Последовательным указанием точек задается ломаная, и все объекты, которые она пересечет, будут после нажатия «Enter» выбраны и, как следствие, продлены либо обрезаны. Опция **Секрамка** позволяет выбрать удлиняемые/обрезаемые объекты секущей рамкой, причем неважно, будет ли она рисоваться справа налево или слева направо.


Для большего удобства работы можно комбинировать режимы продления и обрезки внутри любой из этих команд. Выделение обрезаемого объекта при нажатой клавише «Shift» продлевает его, а выделение продлеваемого при нажатой клавише «Shift» – обрезает. Опция **Удалить** позволяет запустить команду удаления одного или нескольких объектов (временных граничных линий), а затем автоматически вернуться в команду продления / обрезки.


*Разрыв объектов.* Функция позволяет вырезать кусок непрерывного объекта, создав два новых и разрыв. Это бывает полезным, если нет секущих объектов, чтобы воспользоваться командой обрезки. Функция активизируется через меню Редактировать – Разорвать или кнопкой  панели инструментов. После указания команды следует выбрать объект. Точка, в которой курсор мыши щелкнул по объекту, автоматически воспринимается как первая точка разрыва. Далее следует указать вторую. Часть объекта между первой и второй точками будет стерта. Опция **Первая точка** после выбора объекта позволяет еще раз выбрать первую точку.

Кнопка  панели инструментов «Редактировать» (*Разорвать в точке*) позволяет разорвать объект в одной точке. При этом никакая часть объекта не удаляется, просто он становится двумя независимыми объектами, каждый из которых можно редактировать по отдельности. Аналогичного эффекта можно достигнуть командой Редактировать – Разорвать, указав два раза одну и ту же точку. При разрыве в точке автоматически вводится опция **Первая точка**, так что после выбора объекта отдельно указывается точка разрыва.

Обратного действия можно добиться, воспользовавшись меню Редактировать – Соединить или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». Следует выбрать объекты, причем все последующие программа попытается присоединить к первому. Могут соединяться линии, дуги, полилинии, сплайны (см. практические занятия № 4), в том числе и отрезки, лежащие на одной прямой и разделенные промежутком.



*Построение фасок и скруглений.* В AutoCAD предусмотрены автоматические функции быстрого преобразования пересечений объектов в фаски и скругления. При этом преобразование производится по всем правилам построения сопряжений.

Снятие фасок производится через меню Редактировать – Фаска или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». После запуска команда выводит текущие значения длин фасок (или длины и угла; 0 по умолчанию) и просит указать две линии, в пересечении которых будет сделана фаска. Если линии не пересекаются, они будут продлены до пересечения. Для изменения размеров фаски следует вместо выбора линий ввести опцию **Длина**, затем ввести или указать последовательно длины первого и второго катетов фаски. Если ввести опцию **Угол**, будет предложено ввести длину одного катета фаски и угол. Опция **Метод** изменяет метод (катет и угол или два катета), однако не требует ввода новых значений параметров. Опция **Обрезка** позволяет включить (**С обрезкой**) или выключить (**Без обрезки**) обрезку линий, образующих фаску. Опция **Несколько** после снятия первой фаски предлагает указать еще две линии для снятия второй и т. д.

Скругление производится через меню Редактировать – Сопряжение или кнопкой  панели инструментов «Редактировать». Принцип работы команды такой же, как и у команды Редактировать – Фаска, но вместо катета и угла вводится (через опцию **Радиус**, по умолчанию также 0) радиус скругления. Действие всех прочих опций аналогичное.

Опция **Полилиния** позволяет в одно действие скруглить или снять фаски со всех сегментов *полилинии*. Подробнее о полилиниях смотрите практическое занятие № 4.

## 2.10 Отмена ошибочных действий

Как и любое другое Windows-приложение, AutoCAD поддерживает отмену ошибочных действий, а также возврат ошибочно отмененных действий. Отмена осуществляется кнопкой  на стандартной панели инструментов или через меню Правка – Отменить действие, где название последней команды автоматически подставляется в название пункта меню. Возврат ошибочной отмены осуществляется кнопкой  или через меню Правка – Повторить действие. Стрелочки справа от кнопок открывают список команд, позволяя отменить и вернуть сразу несколько команд.

## Практическое занятие № 3

### ЧЕРЧЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВВОДА КООРДИНАТ И ОБЪЕКТНОЙ ПРИВЯЗКИ

#### ЗАДАНИЕ

1. Запустить программу AutoCAD. Создать новый чертеж, используя шаблон с первого занятия.
2. Настроить сетку и привязку по своему усмотрению. При желании включить режим ортогонального черчения.
3. Настроить слои, как было описано на практическом занятии № 1.
4. Настроить автоматическую объектную привязку.
5. Вывести на экран и закрепить в удобном месте (обычно вдоль левого края экрана) панель инструментов «Объектная привязка».
6. Начать построение детали (см. прил. Б, задание № 5) с проведения осевой линии и линии левого торца детали. Переместить начало системы координат в точку пересечения данных линий.
7. Перерисовать деталь (см. прил. Б, задание № 5). Штриховать и образмеривать чертеж не нужно.
8. При выполнении задания стремиться максимально использовать средства объектной привязки, как автоматической, так и ручной. Вместо использования сетки стараться рисовать посредством ввода координат.
9. В нижней части чертежа написать свою фамилию, имя и номер группы, ниже – дату выполнения задания. Можно скопировать с предыдущего занятия.
10. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p5\_ZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZ – фамилия учащегося.

#### *Методические указания к выполнению пунктов задания*

1. Смотреть пункт 1 практического занятия № 2.
2. Смотреть пункты 9–12 практического занятия № 1.
3. Смотреть пункты 13–16 практического занятия № 1.
4. Открыть диалоговое окно «Режимы рисования», на вкладке «Отслеживание» установить шаг 15 градусов, включить полярные

углы при объектной трассировке, а отсчет углов оставить абсолютным. На вкладке «Объектная привязка» включить типы точек «Конточка», «Середина», «Центр», «Квадрант», «Пересечение», «Нормаль», «Касательная», «Параллельно».

5. Щелкнуть правой кнопкой мыши на любой панели инструментов, в выпавшем меню установить флажок «Объектная привязка». Закрепить панель в удобном для вас месте. В строке состояния включить полярную трассировку, объектную привязку и объектную трассировку.

6. Провести линии. Воспользоваться меню Сервис – Новая ПСК – Начало или Сервис – Новая ПСК – 3 точки.

7. Воспользоваться навыками, полученными на предыдущем занятии. Стараться использовать ввод координат, трассировку и ввод длины.

8. По мере усложнения чертежа (переход к резьбовым соединениям) отключить автоматическую объектную привязку и объектную трассировку, переключатели привязки, сетки и ортогонального черчения выставить по своему усмотрению, а основной упор сделать на использование кнопок ручной объектной привязки.

9. Смотреть пункт 7 практического занятия № 2.

10. Смотреть пункт 8 практического занятия № 2.

### ***3.1 Ввод координат***

Ввод координат является самым старым, но до сих пор востребованным способом построения объектов в программе AutoCAD. При известных размерах объектов ввод их с клавиатуры в виде координат оказывается более быстрым и эффективным, нежели работа мышью.

По умолчанию система работает в трехмерной декартовой системе координат, оси  $X$  и  $Y$  отображаются на экране, а ось  $Z$  перпендикулярна экрану и «смотрит» в лицо пользователю. О направлении осей напоминает иконка координат (см. рис. 1.1). При двухмерном черчении обычно вводят лишь две координаты,  $X$  и  $Y$ . В этом случае AutoCAD по умолчанию считает координату  $Z$  равной 0.

При вводе координаты следует разделять ***запятой***.

*Ввод абсолютных координат.* Например, для построения отрезка от точки А(40; 15) до точки Б(100; 25) следует активировать команду



построения отрезка через меню Рисование – Отрезок или кнопкой панели инструментов «Рисование». На запрос «Первая точка» набрать 40,15 и нажать «Enter», на запрос «Следующая точка» набрать 100,25 и нажать «Enter» и т. д. Если значение координаты дробное – в качестве разделителя выступает *точка*. Например 1.25,6.25.

Вместо декартовых координат можно вводить полярные. В этом случае сначала задается длина радиус-вектора, а затем угол его поворота относительно оси *X*. Разделителем вместо запятой в этом случае служит знак «<». Например, 60 < 25.

Ввод абсолютных координат чаще всего оказывается неудобен тем, что начало координат (0; 0) не привязано к характерным точкам отрисовываемого фрагмента чертежа. Эту проблему можно решить перемещением системы координат (см. ниже) или вводом относительных координат.

Ввод относительных координат. Относительные координаты, в отличие от абсолютных, характеризуют положение точки не относительно начала системы координат, а ее смещение относительно последней введенной точки. В относительном виде могут вводиться декартовы, полярные, цилиндрические и сферические координаты. Ввод относительных координат обозначается знаком @. Например, для построения прямоугольника размером 25 на 100 с началом в точке (10; 10) можно после команды ввести абсолютные координаты 10,10 и 35,110, а можно сначала абсолютные 10,10, затем относительные @25,100.

Ввод относительных координат для вычерчивания деталей с известными размерами очень удобен и распространен. Применение координатного ввода позволяет выполнить построения гораздо быстрее, чем при использовании привязки, сетки и мыши.

Ввод направления. Часто, особенно при включенном режиме ортогонального черчения или трассировки, углы бывает удобнее задать мышью. При появлении линии трассировки или при работе в режиме ортогонального черчения угол уже выбран мышью и полярные координаты становятся предпочтительными. Для упрощения черчения в AutoCAD реализован метод *ввода длины и направления* вместо ввода координат. Указав мышью угол, достаточно ввести с клавиатуры расстояние (одно число). Если от предыдущей точки до перекрестия мыши «тянется» тонкая линия (даже если ортогональное

черчение и трассировка выключены), ввод одного числа с клавиатуры и нажатие «Enter» воспринимается как длина радиус-вектора полярных координат, а угол считается с текущего положения тонкой линии. Во многих случаях метод более удобен, нежели ввод координат, и позволяет строить чертежи очень быстро.

### 3.2 Динамический ввод координат при черчении

Стараясь не отставать от времени, AutoDesk в 2006 г. ввела в свою программу AutoCAD более современный способ ввода координат – *динамический ввод* – более удобный, легкий и наглядный, использующий преимущества графического интерфейса. Динамический ввод является совокупностью трех инструментов.

1. Так называемый ввод с помощью мыши отображает подсказки для ввода координат первой точки и последующих, если не включен графический ввод размеров. В этом случае рядом с курсором мыши появляются два прямоугольника, изображающие его текущие координаты. Значения в одном из прямоугольников выделены, там же находится текстовый курсор. Если нажать на клавиатуре клавиши с цифрами, они заменят выделенные значения и будет введена одна из координат. Нажатие клавиши TAB переходит к следующему полю и далее по кругу. Если нажать TAB после ввода числа, рядом с ним появится значок замка и данная координата будет принята как итоговая, независимо от фактического места положения курсора мыши (при движении мыши координата зафиксируется и перестанет обновляться). Нажатие клавиши TAB без ввода нового числа переходит к следующему полю, при этом «замок» с предыдущего поля исчезает. Пример подсказки показан на рис. 3.1.



Рис. 3.1. Подсказка динамического ввода с помощью мыши

2. Подсказка, дублирующая запрос командной строки, вблизи курсора мыши на экране. Поскольку запрос командной строки практически всегда указывает, какого действия ожидает от вас программа,

активация этого режима в большинстве случаев позволяет полностью отказаться от отображения командной строки на экране, что особенно актуально для компьютеров с малым размером экрана. Для доступа к опциям команды следует нажать клавишу «↓» (стрелка «вниз» управления курсором). На экране отобразится динамическое меню с опциями. Нажатием клавиш «↓» и «↑» управления курсором нужно выбрать необходимую опцию (подсветится жирной точкой) и нажать «Enter». Динамический ввод не отменяет возможность активировать опции из контекстного меню. Пример подсказки и динамического меню показан на рис. 3.2.

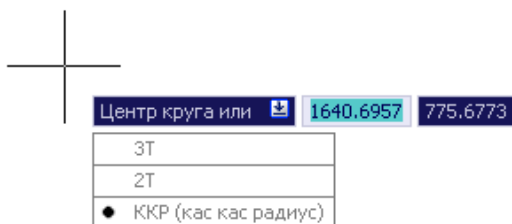


Рис. 3.2. Подсказка динамического запроса командной строки и меню выбора опций

3. Подсказка для ввода или изменения объекта путем указания его размеров. При построении отрезков, окружностей и ряда других объектов после ввода первой точки AutoCAD предлагает ввести вторую, посредством указания размеров будущего объекта (длины и угла наклона для отрезка, радиуса для круга). В этом случае на экране возникают тянущиеся вслед за курсором мыши выносные и размерные линии с полями на месте размерного числа. Число в одном из полей оказывается выделенным, там же находится текстовый курсор. Переключение между полями осуществляется клавишей TAB. Пример динамического ввода размеров показан на рис. 3.3.

При редактировании объекта маркерами на экране отрисовываются размеры не только нового объекта, но и приращения размеров нового объекта по сравнению с исходным, т. е. может быть предложено до четырех размеров с возможностью их редактировать. По умолчанию на экране при этом отображены два из них. Клавиша TAB автоматически скрывает предыдущий и выносит на экран следующий из четырех размер.

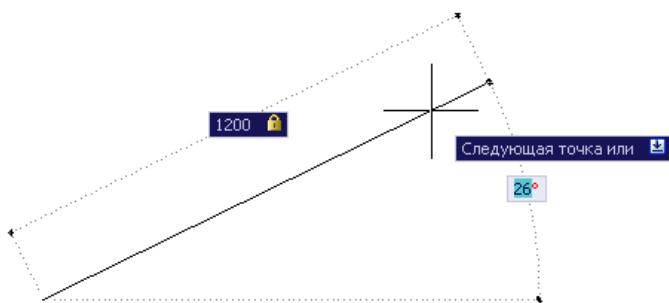


Рис. 3.3. Подсказка динамического ввода размеров

Данные три инструмента включаются и выключаются одновременно переключателем «ДИН» в строке состояния или нажатием клавиши «F12». Правым щелчком на переключателе и выбором пункта «Настройка» из контекстного меню или через меню Сервис – Режимы рисования, вкладка «Динамический ввод» можно вызвать диалоговое окно «Режимы рисования» для настройки поведения данных инструментов. Внешний вид окна показан на рис. 3.4.

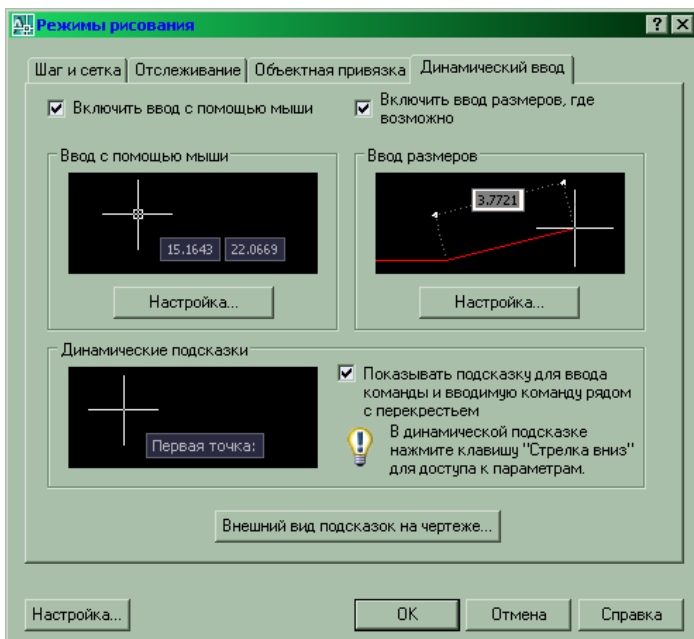


Рис. 3.4. Диалоговое окно режимов рисования, вкладка динамического ввода

Флажки позволяют включать и выключать отдельные инструменты динамического ввода, так что переключатель «ДИН» будет включать и выключать только необходимые инструменты; кнопки настройки показывают свои диалоговые окна, которые позволяют тонко настроить каждый из них. Для ввода мышью можно выбрать абсолютные или относительные, декартовы или полярные координаты (в любом случае, к декартовым всегда можно перейти, введя символ «,» после первой координаты, а к полярным – символ «<<», к абсолютным, введя символ «#» перед вводом первой координаты, а к относительным – символ «@»), а также указать, в какие моменты подсказка с координатами нужна, а в какие – нет. Для размеров есть возможность ограничить число одновременно отрисовываемых размеров и соответствующих им полей ввода. Также можно изменить цвета подсказок.

### 3.3 Системы координат

В некоторых случаях бывает удобно совместить начало системы координат с определенной точкой уже построенного изображения. Также иногда имеет смысл повернуть систему координат на некоторый угол относительно ее исходного положения.

В программе AutoCAD существует два вида систем координат: *мировая система координат (МСК)* и *пользовательская система координат (ПСК)*. Определить, какая из них активна, можно по значку системы координат на экране: у МСК в основании стрелок значка рисуется квадрат, у ПСК его нет. При создании нового чертежа по умолчанию активирована работа мировой системы координат.

Для управления системами координат следует воспользоваться соответствующими пунктами меню Сервис либо кнопками панелей инструментов «ПСК» и «ПСК-2» (рис. 3.5, 3.6). По умолчанию эти панели скрыты. Функции управления системами координат рассмотрены в табл. 3.1.

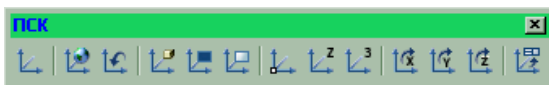


Рис. 3.5. Панель инструментов систем координат (основная)

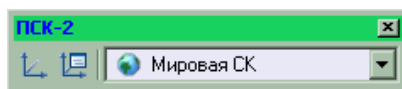














Рис. 3.6. Панель инструментов систем координат (вспомогательная)

Таблица 3.1

Команда меню	Кнопка	Описание
1	2	3
–		Работа команды определяется последующим вводом опций
Сервис – Именованные ПСК		Отображение диалогового окна управления системами координат, открытого на вкладке «Именованные ПСК» (см. ниже)
Сервис – Новая ПСК – Начало		Создать новую систему координат с осями, параллельными предыдущей, указав координаты новой начальной точки
Сервис – Новая ПСК – Z ось		Создать новую систему координат, указав координаты новой начальной точки и положительное направление оси Z (щелчком мыши)
Сервис – Новая ПСК – 3 точки		Создать новую систему координат, указав координаты новой начальной точки, точки на оси X и положительного направления оси Y (щелчком мыши)
Сервис – Новая ПСК – Объект		Создать новую систему координат, используя в качестве ориентира характерные точки какого-либо уже построенного объекта. Программа попросит выделить объект. Поведение команды зависит от типа объекта*
Сервис – Новая ПСК – Грань		Создать новую систему координат, используя в качестве ориентира плоскую грань какого-либо трехмерного твердотельного объекта (см. практическое занятие № 8)
Сервис – Новая ПСК – Вид		Создать новую систему координат, используя старую начальную точку, а оси расположить относительно текущей экранной проекции: ось Z перпендикулярно экрану, ось X – горизонтально вправо, ось Y – вертикально вверх (см. практическое занятие № 7)

Окончание табл. 3.1

1	2	3
Сервис – Новая ПСК – $X(Y, Z)$		Создать новую систему координат, повернув старую систему относительно оси $X(Y, Z)$ на заданный угол. После ввода команды будет запрошено значение угла
Сервис – Новая ПСК – Предыдущая СК		Вернуть предыдущую систему координат
–		Применить созданную до этого систему координат к другому видовому экрану**
Сервис – Новая ПСК – МСК		Вернуться к мировой системе координат

\* Более подробную информацию о назначении системы координат по объекту можно найти в справочной системе AutoCAD.

\*\*Понятие о видовых экранах рассматривается на практическом занятии № 7.

В диалоговом окне управления системами координат присутствуют три вкладки (рис. 3.7–3.9). Первая «Именованная ПСК» позволяет присвоить текущей системе координат имя (т. е. сохранить ее), просмотреть список сохраненных ранее систем координат, сделать одну из них текущей, просмотреть детали (координаты начала и осей системы координат по отношению к другой), удалить сохраненную систему координат. Эти операции осуществляются кнопками справа от списка, а также из контекстного меню при щелчке правой кнопкой мыши по названию системы координат. Все сохраненные системы координат появляются в выпадающем списке на панели инструментов «ПСК-2».

Вторая вкладка «Ортогональные ПСК» показывает список из шести предустановленных систем координат, которые различаются направлением (положительное/отрицательное) и порядком следования осей. Инструменты на вкладке позволяют сделать одну из систем координат текущей, просмотреть детали, а также переместить систему относительно ее оси  $Z$ , изменив параметр «Глубина». Список внизу позволяет выбрать, какую из систем координат использовать в качестве основы для ортогональной смены осей – мировую или ранее сохраненную.

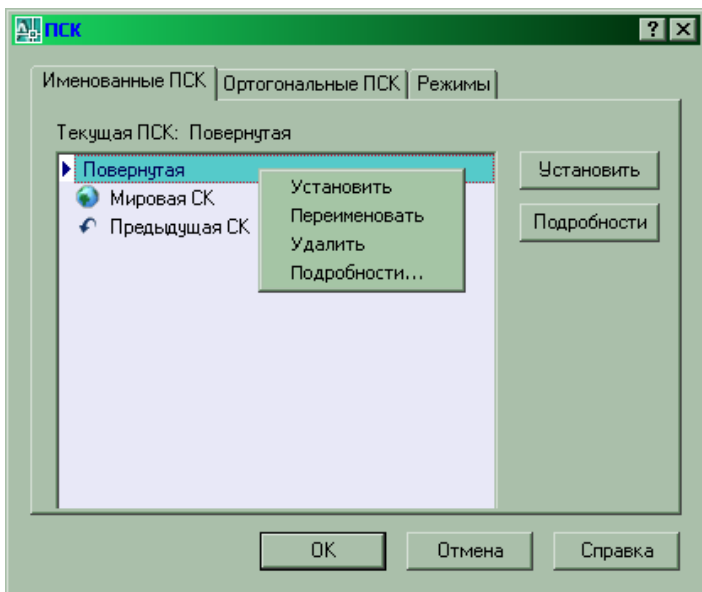


Рис. 3.7. Диалоговое окно систем координат, вкладка именованных систем

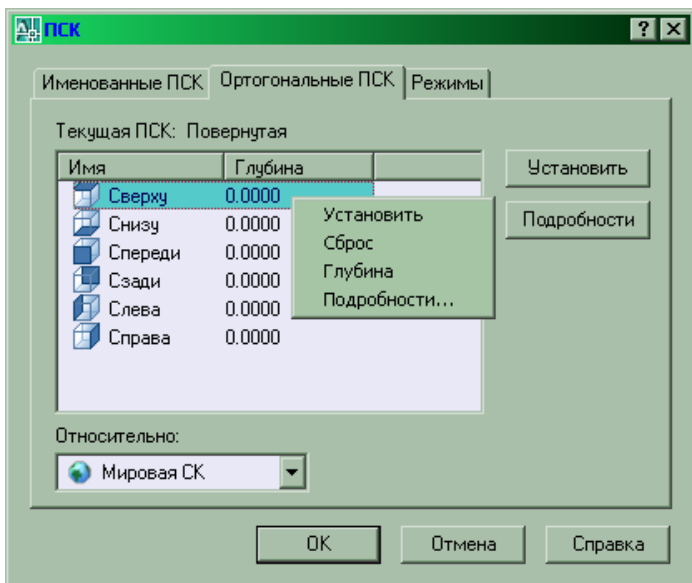


Рис. 3.8. Диалоговое окно систем координат, вкладка ортогографических систем



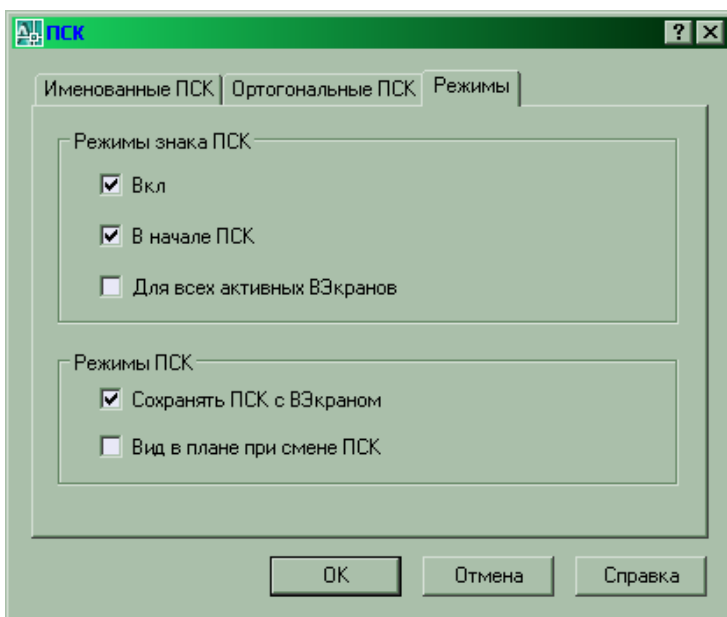


Рис. 3.9. Диалоговое окно систем координат, вкладка настроек

Третья вкладка «Режимы» позволяет включать и выключать отображение иконки системы координат на экране, указывает, отображать ли иконку в начале координат или всегда в левом нижнем углу экрана (если начало координат попадает в экран и иконка отображается в начале координат, в ее основании рисуется знак «+»),

а также включает автоматическое применение создаваемых систем координат ко всем видовым экранам (см. практическое занятие № 7). Нижние флажки также касаются видовых экранов, потому их действие здесь не рассматривается.

Управление отображением иконки системы координат также осуществляется через меню **Вид – Отображение – Знак ПСК**. Подпункты меню позволяют включить или выключить отображение иконки, отображение ее в начале координат, когда последнее попадает в экран, а также вызвать диалоговое окно настройки внешнего ее вида (рис. 3.10).

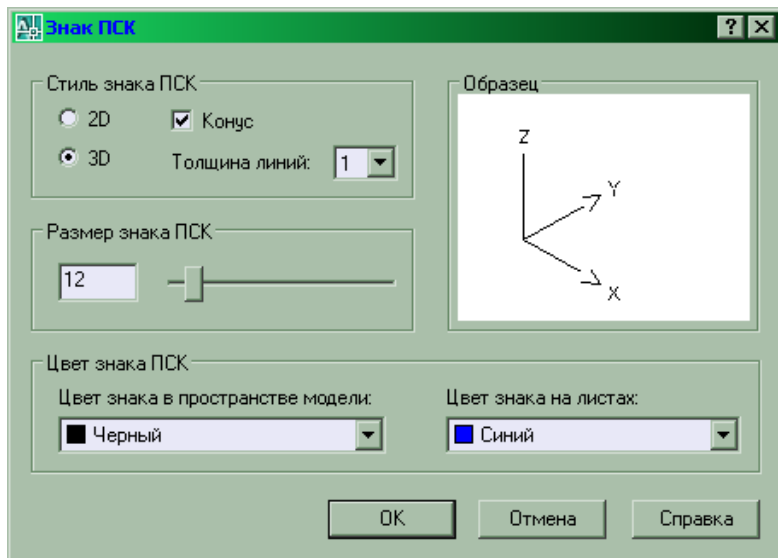



Рис. 3.10. Диалоговое окно «Знак ПСК»

### 3.4 Объектная привязка

*Объектная привязка* является очень мощным инструментом, значительно облегчающим и ускоряющим процесс черчения. Она заключается в том, что при построении объектов AutoCAD находит характерные точки уже существующих объектов (концы отрезков, центры дуг, точки пересечения линий и т. д.) и точно позиционирует курсор мыши в эти точки.

Объектная привязка может осуществляться в *автоматическом* или *ручном* режиме. Автоматический режим включается переключателем «ПРИВЯЗКА» в строке состояния, клавишей «F3» либо установкой галочки на вкладке «Объектная привязка» диалогового окна «Режимы рисования» (рис. 3.11). Это диалоговое окно можно вызвать правым щелчком по переключателям «ШАГ», «СЕТКА», «ОТС-ПОЛЯР», «ОТС-ОБЪЕКТ» либо через меню Сервис – Режимы рисования, а также кнопкой  панели инструментов «Объектная привязка» (рис. 3.12).

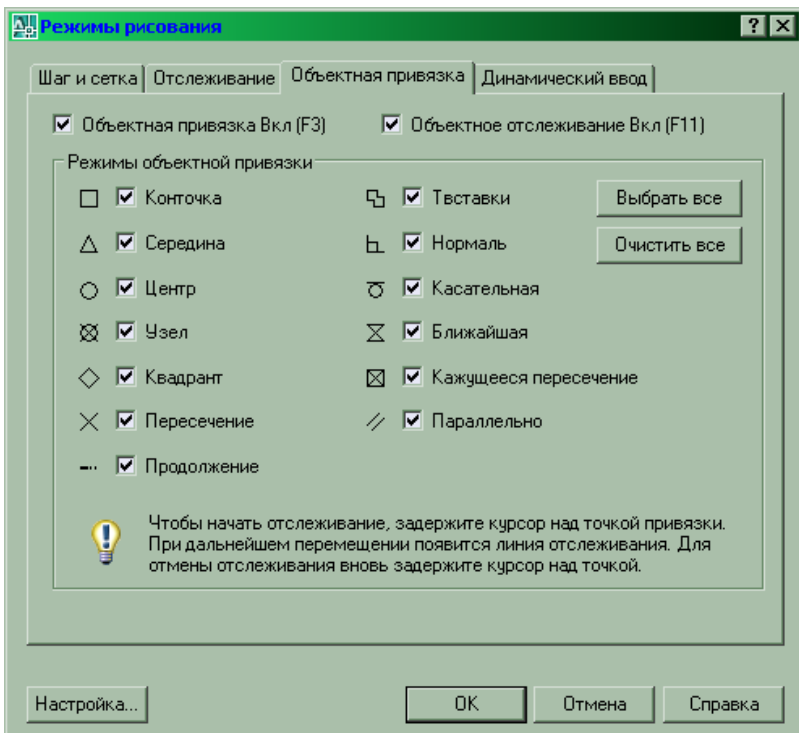



Рис. 3.11. Диалоговое окно режимов рисования, вкладка объектной привязки



Рис. 3.12. Панель инструментов объектной привязки

В *автоматическом* режиме программа вычисляет все характерные точки в окрестности курсора мыши и предлагает привязаться к ближайшей из них. Найденные точки помечаются специальными маркерами (по умолчанию желтого цвета, можно изменить в диалоговом окне основных настроек AutoCAD), форма которых определяет тип найденной точки. При приближении курсора мыши к маркеру он скачком позиционируется точно на данной точке.

При вычислении точек действует система приоритетов: точки из начала списка в диалоговом окне «Режимы рисования», вкладка «Объектная привязка» вычисляются в первую очередь. Если нужная точка не была вычислена, можно попробовать другие варианты, многократно нажимая клавишу «Tab».







В случае, если точек много, а масштаб отображения малый, функция может стать бесполезной (например, автоматическая объектная привязка готова прикрепить отрезок не только к углу контура детали, но и к концу каждой из линий штриховки). В этом случае лучше временно отключить объектную привязку. Также отказаться от всех вычисленных точек можно, нажав кнопку  панели инструментов «Объектная привязка».

В верхней части диалогового окна располагаются флажки включения объектной привязки и объектной трассировки (см. ниже), чуть ниже – флажки типов характерных точек, к которым будет осуществлена автоматическая объектная привязка.





















*Ручная* объектная привязка осуществляется через панель инструментов «Объектная привязка». При построении объектов перед указанием каждой точки следует нажать кнопку, определяющую тип точки, и подвести курсор мыши в нужный район. Будут вычислены лишь точки данного типа, так как нажатие кнопки временно блокирует работу автоматической объектной привязки (если она включена). Нажатие кнопки распространяется только на ввод одной точки, перед вводом каждой последующей следует снова нажать кнопку на панели инструментов. По мнению автора книги, панель инструментов «Объектная привязка» должна обязательно быть вынесена на экран.

Типы характерных точек, соответствующие им команды и кнопки приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Кнопка	Маркер	Описание
1	2	3
		Конец отрезка, дуги и т. д.
		Середина отрезка, дуги
		Пересечение объектов или их продолжений*

Окончание табл. 3.2

1	2	3
		Точка видимого в данной проекции пересечения скрещивающихся в трехмерном пространстве прямых
		При приближении курсора к концу отрезка и перемещении вдоль него программа трассирует временной линией продолжение отрезка
		Центр окружности, дуги, эллипса
		Квадрант окружности, дуги, эллипса (точки пересечения окружности с ее осями, параллельными осям координат)
		Точка касания к окружности, дуге, эллипсу**
		Основание перпендикуляра или нормали, опущенных на объект из заданной точки
		После щелчка на первой линии и перевода мыши в другую точку трассируется прямая, проходящая через эту точку параллельно первой линии
		Точка вставки блока, атрибута, текста***
		Точка построения
		Первая попавшаяся точка, лежащая на данном объекте. Полезно при проставлении выносок, знаков шероховатости и т. д.


\*Если точка пересечения объектов не очевидна и к ней сложно подвести курсор мыши, можно щелкнуть левой кнопкой на одном из объектов вдали от возможных пересечений. Появится маркер с многоточием. Щелкнув затем в любой точке второго объекта, можно найти точку пересечения объектов и привязаться к ней.

\*\*Если точка касания не очевидна, можно щелкнуть левой кнопкой мыши в любом месте окружности. Появится маркер с многоточием. После выбора второй точки (это может быть еще одна точка касания на другой окружности) точка касания будут вычислена и будет произведена привязка. То же самое касается и перпендикуляров.

\*\*\*См. практические занятия № 4, 5.

Все пункты панели инструментов «Объектная привязка» также продублированы в виде подпунктов меню «Переопределение привязок», присутствующего в контекстном меню при нажатии правой кнопки мыши. Нажатие правой кнопки мыши одновременно с кла-

вишей «Shift» или «Ctrl» вызывает отдельное контекстное меню объектной привязки.

Очень удобной является функция **совмещения объектной привязки и относительного ввода координат**. Для этого следует воспользоваться кнопкой  панели инструментов «Объектная привязка». После этого следует при помощи автоматической или ручной объектной привязки указать характерную точку, а затем ввести относительные координаты смещения от нее. При этом никакой линии, соединяющей характерную точку с вычисленной посредством относительных координат, не строится.

### 3.5 Объектная трассировка

В автоматическом режиме функция предусматривает проведение дополнительного луча трассировки из точки, определенной методами объектной привязки. При этом могут возникать сразу несколько лучей (до 7), рисуемых как из предыдущей введенной точки, если включена полярная трассировка, так и из точек, которые были вычислены автоматической объектной привязкой. Работа функции иллюстрируется на рис. 3.13. Функция работает только при включенной автоматической объектной привязке.

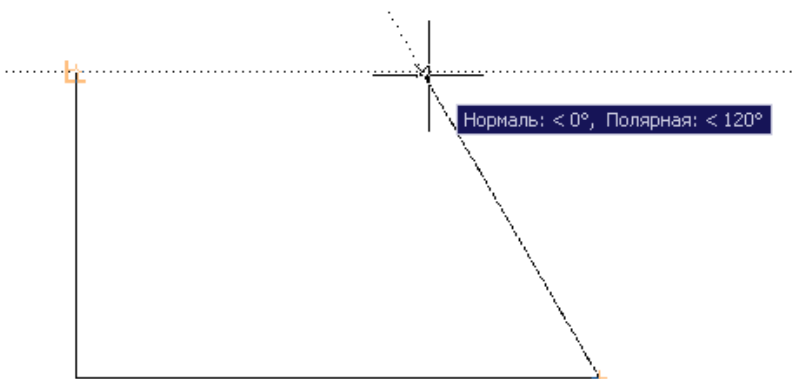



Рис. 3.13. Построение точки на пересечении двух лучей: наклонного полярной трассировки и горизонтального – объектной

Для включения автоматической объектной трассировки можно щелкнуть на переключателе «ОТС-ОБЪЕКТ» в строке состояния,

нажать клавишу «F11» или поставить флажок на вкладке «Объектная привязка» диалогового окна «Режимы рисования».

Автоматическая объектная трассировка работает лишь при включенной автоматической объектной привязке и использует точки, вычисленные последней. Поэтому данный метод наследует все недостатки автоматической объектной привязки. Нажатие кнопки ручной объектной привязки блокирует объектную трассировку.

Режим ручной объектной трассировки активируется кнопкой  панели инструментов «Объектная привязка». Далее можно выбрать тип ручной объектной привязки и указать точку. При перемещении мыши в сторону от этой точки возникнет луч трассировки, точно указывающий направление.

По умолчанию объектная трассировка (как автоматическая, так и ручная) включена в ортогональном режиме, т. е. трассируются только горизонтальные и вертикальные лучи, однако на вкладке «Отслеживание» диалогового окна «Режимы рисования» (см. рис. 2.2) можно включить объектную трассировку по всем углам полярной трассировки, а также сменить метод отсчета углов при трассировке лучей.

### ***3.6 Обновление чертежа***

При построении сложных чертежей для повышения производительности компьютера AutoCAD стремится упростить вычислительные задачи. При постоянном масштабировании и панорамировании чертежа окружности на экране постепенно заменяются многоугольниками, при построении линий координаты начинают округляться. Рано или поздно неточность чертежа начинает бросаться в глаза. В частности, точки, вычисленные объектной привязкой, перестают попадать на контуры изображаемых объектов.

Это касается лишь вывода чертежа на экран. В файле все как хранилось, так и хранится с высочайшей точностью. И если закрыть и открыть чертеж, он предстанет в первоизданном виде. Но если нужно вернуть точное отображение, не закрывая файл, его можно *обновить*.

Регенерация чертежа. Осуществляется через меню Вид – Регенерировать. При этом экран очищается, из файла последовательно считывается информация чертежа и он с высокой точностью строится заново. В ходе регенерации все математические зависимости,

связывающие одни объекты чертежа с другими (координаты точек касания окружностей и т. д.) пересчитываются.

Регенерация большого чертежа на слабых машинах может занять несколько десятков секунд.

Она применяется только к изображению на текущем видовом экране (см. практическое занятие № 7). Регенерация изображения одновременно во всех видовых экранах производится через меню Вид – Регенерировать все.

Эта операция не затрагивает объекты на замороженных слоях. При разморозке слоя он автоматически регенерируется.

*Перерисовка.* В отличие от регенерации лишь удаляет «мусор» в виде остатков линий трассировки, маркеров привязки, а также артефактов, образующихся при интенсивной прокрутке чертежа колесиком мыши. Осуществляется через меню: Вид – Перерисовать. Работает в несколько раз быстрее регенерации, однако не восстанавливает упростившиеся геометрические построения, так как не регенерирует чертеж.



## Практическое занятие № 4

### НАНЕСЕНИЕ ШТРИХОВКИ. РИСОВАНИЕ И РЕДАКТИРОВАНИЕ ПОЛИЛИНИЙ И МУЛЬТИЛИНИЙ. РИСОВАНИЕ ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ. БЛОКИ

#### ЗАДАНИЕ

1. Открыть чертеж с заданием № 5 (XXX\_YY\_p5\_ZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZ – фамилия учащегося).
2. Заштриховать деталь на чертеже.
3. Сохранить изменения в чертеже.
4. Создать новый чертеж.
5. Самостоятельно изучить и освоить построение полилиний и мультилиний, блоков, областей, а также операции с точками.



*Методические указания к выполнению пунктов задания*

1. Воспользоваться меню Файл – Открыть.
2. Воспользоваться меню Рисование – Штриховка.
3. Смотреть пункт 17 практического занятия № 1.
4. Воспользоваться меню Файл – Создать. Выбрать шаблон на усмотрение студента.
5. Освоить приемы работы самостоятельно.

#### **4.1 Нанесение штриховки**

*Штриховка* – заполнение замкнутого контура на чертеже каким-либо шаблоном. В простейшем случае шаблоном служат повторяющиеся через равный промежуток линии. Для заштриховывания области необходимо, чтобы она была **замкнута**. В случае, если необходимо заштриховать область, контур которой не должен быть видим (например, штриховка под шарнирной опорой на кинематической схеме и т. д.), можно предварительно создать контур, заштриховать его, а затем удалить ставшие ненужными объекты.

Помимо штриховки в AutoCAD замкнутую область можно залить двумя цветами так, что один из них будет определенным образом плавно переходить в другой. Такая заливка называется *градиентной*.

Штриховку и градиентную заливку в программе удобнее всего выполнять через диалоговое окно «Штриховка и градиент» (рис. 4.1, 4.2). Для вызова диалогового окна, открытого на вкладке «Штриховка» (см. рис. 4.1), следует воспользоваться меню Рисование – Штриховка либо кнопкой  панели инструментов «Рисование»; для вызова этого же окна, открытого на вкладке «Градиент» (см. рис. 4.2) – меню Рисование – Градиент или кнопку  панели инструментов «Рисование».

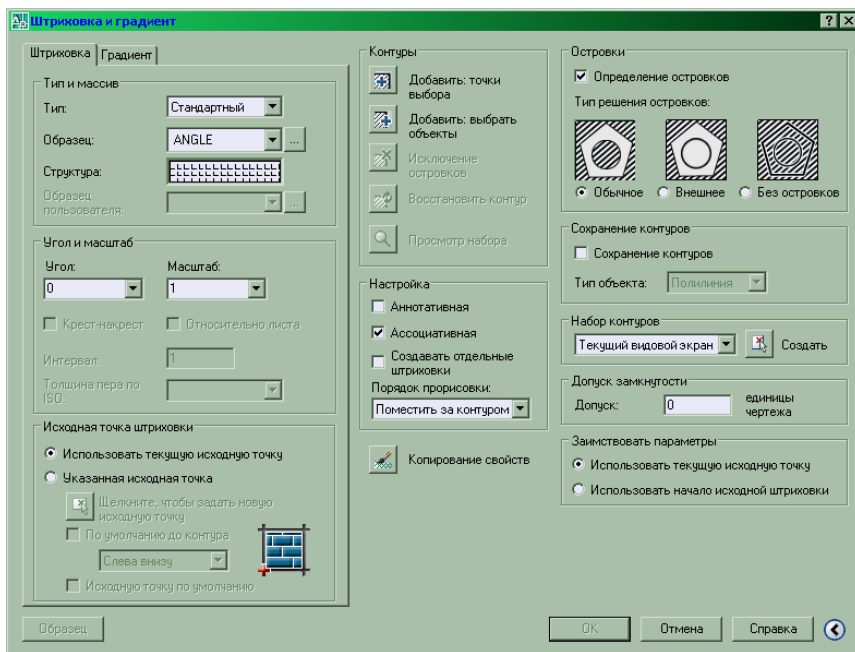





Рис. 4.1. Диалоговое окно штриховки и заливки, вкладка «Штриховка» (дополнительные опции отображены)

В правом нижнем углу окна находится кнопка , позволяющая развернуть окно, отобразив в его правой части дополнительные настройки определения контуров. В этом случае кнопка  превратится в кнопку , позволяющую скрыть дополнительные настройки.

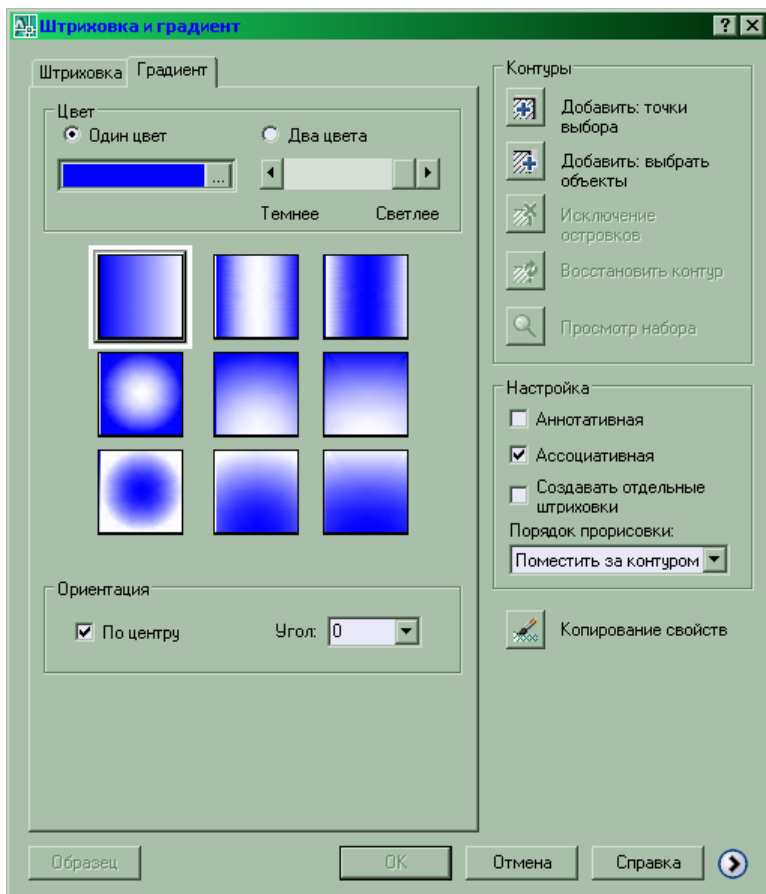


Рис. 4.2. Диалоговое окно штриховки и заливки, вкладка «Градиент»  
(дополнительные опции не отображены)

В диалоговом окне штриховки слева сверху первое поле выбирает тип шаблонов, которые бывают трех разновидностей: *стандартные*, *из линий* и *создаваемые пользователем*. Создание шаблонов не рассматривается в данном пособии.

Ниже расположен выпадающий список названий доступных стандартных шаблонов штриховки, а еще ниже – поле, отображающее шаблон. Если выбор шаблона по названию затруднителен, следует щелкнуть на кнопке «...» справа от списка или по изображению

шаблона. Появится диалоговое окно (рис. 4.3), на вкладках которого располагаются все доступные шаблоны.

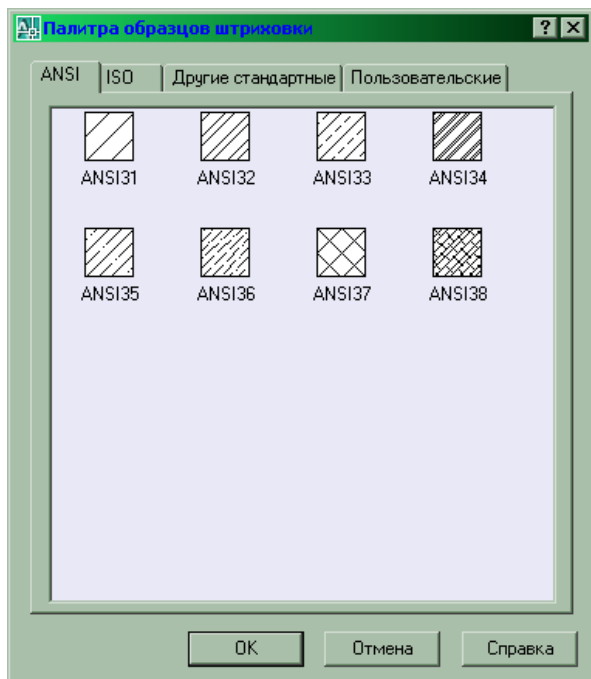



Рис. 4.3. Диалоговое окно встроенных шаблонов штриховки

Ниже в диалоговом окне идут поля со списками для выбора угла поворота шаблона и его масштаба. Значения можно как выбрать из списка, так и вводить свои. Флажки ниже позволяют рисовать штриховку из линий крест-накрест, а также связать масштаб штриховки с масштабом отображения на видовом экране (см. практическое занятие № 7).





Штриховка из линий представляет собой совокупность линий, равномерно отстающих друг от друга. В этом случае настраивается угол наклона линий, а не шаблона, и интервал между ними. Наличие большого количества шаблонов делает такую штриховку ненужной.

В нижней правой части диалогового окна имеется блок, позволяющий настраивать расположение начальной точки штриховки.

Данная настройка малозначима для штриховки линиями, но к примеру, для шаблонов «AR-B» (кирпичная кладка) может иметь существенное значение. По умолчанию началом штриховки считается точка с координатами (0; 0) в текущей системе координат, независимо от положения штрихуемого контура, однако флажок «Исходную точку по умолчанию» может ее заменить текущей выбранной.



Новую начальную точку можно указать на экране (кнопка ) либо взять точки углов или середины габаритного ортогонального прямоугольника, который окаймляет штрихуемый контур.


Вкладка «Градиент» (см. рис. 4.2) позволяет осуществить градиентную заливку области. Можно выбрать цвета заливки (два произвольных или один произвольный и один более светлый либо темный аналог первого), способ построения градиента (из предложенных) и угол его наклона. Снятие флажка «По центру» смещает градиент вверх и влево, создавая иллюзию бликов и теней.

После настройки шаблона для штриховки или заливки следует выбрать контур. Это можно сделать выбором объектов, его образующих, или указанием точки внутри контура. Второй способ более быстрый и удобный, первый – точнее. Для выбора контура первым или вторым способом следует нажать кнопки  или  в правой части диалогового окна соответственно. Диалоговое окно временно исчезнет, и будет предложено выбрать объекты или указать точку. Выбрав контур (один или несколько), следует нажать «Enter». Окно вернется, и в нем станут доступны новые кнопки. Если при анализе области внутри нее были найдены другие области, они не будут заштрихованы. Это так называемые «острова». Кнопка  позволяет удалить один или несколько «островов», тем самым заштриховав и внутри них. Кнопка  временно скрывает диалоговое окно, оставляя все найденные контуры, выделенными пунктиром, и позволяя проверить правильность их определения, кнопка «Образец» внизу окна – заштриховать области и временно убрать диалоговое окно, чтобы можно было убедиться, что параметры штриховки подобраны правильно. Если что-то не устраивает, можно нажать «ESC» или левую кнопку мыши, вернув диалоговое окно для изменения настроек; «Enter» или правая кнопка мыши – принять штриховку, а кнопка ОК – заштриховать область и полностью закрыть окно.

Для штриховки можно указать свойства *аннотативности* (к данной штриховке будет применима функция автоматического масштабирования аннотаций, см. практическое занятие № 6) и *ассоциативности*. Последнее свойство обозначает, что при изменении формы и размеров контура ассоциативная штриховка будет обновлена автоматически. Если контур станет разомкнутым, это свойство будет утеряно.

Если при штриховании выделено несколько непересекающихся контуров, можно создать одну штриховку на всех (удалить или переместить в случае потери ассоциативности одну ее часть будет невозможно) или несколько независимых. За это отвечает флажок «Отдельные штриховки». Для штриховки можно скорректировать порядок прорисовки (см. ниже).

Двойным щелчком по уже нанесенной штриховке можно снова вызвать диалоговое окно, чтобы изменить какие-либо из ее параметров. Если на чертеже уже имеется заштрихованная область и необходимо заштриховать другую с использованием аналогичных параметров, следует нажать кнопку . Диалоговое окно исчезнет, и будет предложено выбрать штриховку-образец. После щелчка на штриховке вернется диалоговое окно, поля образца, масштаба и поворота окажутся запольными параметрами. Можно нажать кнопку «ОК» либо указать новые контуры для заштриховывания их. Также для копирования параметров штриховки на другую штриховку можно воспользоваться кнопкой  панели инструментов «Стандартная» (см. практическое занятие № 5).

Если была построена штриховка, а ее границы удалены, после двойного щелчка на ней в диалоговом окне можно нажать кнопку . Будет предложено восстановить удаленные границы. Они будут восстановлены либо в виде полилинии, либо в виде области (определяется опциями команды). Штриховку можно будет связать с восстановленной границей (сделать ассоциативной), но можно и не связывать.

Правая расширенная часть диалогового окна служит для тонкой настройки алгоритмов поведения штриховки, в частности, поиска так называемых «островов», возможности конвертировать штрихуемый контур в полилинию или область; возможность указания допуска замкнутости – разрывы в контуре, – меньшие этого допуска и которые можно устранить продлением одной из линий, будут

проигнорированы. Также можно настроить выбор начальной точки штриховки при копировании параметров с другой штриховки.

## 4.2 Рисование полилиний

*Полилиния (ломаная)* – объект AutoCAD, представляющий собой совокупность последовательно соединенных друг с другом отрезков и дуг. Полилиния имеет ряд особенностей:

- полилиния представляет собой единый неделимый объект;
- сегментами полилинии могут быть не только отрезки прямой, но и дуги окружности;
- каждый сегмент может иметь толщину, отличную от толщины других сегментов;
- толщина сегмента может не быть постоянной, а линейно изменяться от одного значения к другому;
- имеется возможность скругления всех вершин полилинии или снятия с них фасок в один прием; результатом также будет полилиния;
- полилинии могут быть автоматически преобразованы в *сплайны* (см. ниже).

Пример полилинии показан на рис. 4.4.

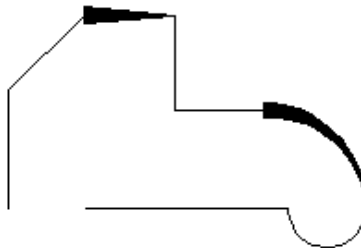



Рис. 4.4. Пример полилинии AutoCAD

Для рисования полилинии следует воспользоваться кнопкой  панели инструментов «Рисование» или меню Рисование – Полилиния. После ввода команды указывается начальная точка, затем все последующие.

Вместо указания точек можно выбирать нижепредставленные опции:

**Замкнуть** – из текущей точки будет автоматически проведен отрезок в самую первую точку.

**Ширина** – позволяет ввести начальную, затем конечную толщину сегмента. Для рисования сегмента постоянной толщины оба значения должны быть одинаковы. Последнее введенное значение автоматически становится значением по умолчанию для последующих сегментов. Начальное значение толщины по умолчанию – 0. Значение толщины, введенное посредством опции **Ширина**, не может быть изменено заданием толщины линии (из выпадающего списка панели инструментов «Свойства», см. рис. 1.11, или посредством слоя). Для создания сегментов полилинии, чувствительных к толщине линии объекта или слоя, следует после ввода опции **Ширина** указать толщину 0.

Опция **Полуширина** аналогична опции **Ширина** за тем исключением, что в качестве параметра задается половинное значение, т. е. расстояние от оси сегмента. В некоторых случаях пользоваться полушириной удобнее.

Опция **Длина** рисует сегмент заданной длины в том же направлении, что и предыдущий сегмент либо касательно к нему, если предыдущий сегмент был дугой. Длина вводится после ввода опции.

Опция **Отменить** удаляет последний построенный сегмент полилинии, не прекращая выполнение команды.

Опция **Дуга** переводит команду в режим рисования дуг. Для возврата в режим рисования отрезков следует ввести опцию **Линейный**. В режиме рисования дуг появляется множество дополнительных опций, аналогичных опциям рисования дуги (см. практическое занятие № 2) и задающих различные способы их построения.

Полилинии часто используются для создания сложных фигурных стрелок на схемах, если встроенных инструментов образмеривания (см. практическое занятие № 6) оказывается недостаточно. Также полилиниями удобно задавать замкнутые контуры, которые будет трудно разомкнуть, т. к. полилиния – единое целое.

### ***4.3 Редактирование полилиний***

Построенную полилинию можно модифицировать. Для этого используется меню Редактировать – Объект – Полилиния. Будет предложено выбрать полилинию; опция **Несколько** позволяет вы-



брать несколько объектов; если объекты не являются полилиниями, будет предложено конвертировать их. Также можно выполнить двойной щелчок мышью по полилинии и при помощи опций произвести необходимые преобразования.

Опция **Замкнуть** аналогична одноименной при рисовании полилинии. Она соединяет последнюю точку с первой. Если полилиния замкнута, появляется опция **Разомкнуть**, стирающая последний сегмент.

Опция **Добавить** позволяет соединить несколько полилиний в одну. Если части имеют общую точку, достаточно указать остальные. Если же части не имеют общих точек, следует выделить их все (с опцией **Несколько**, сконвертировав в полилинии при необходимости), затем ввести расстояние обнаружения (объекты, расположенные друг к другу ближе, чем это расстояние, будут соединены). Перед вводом расстояния можно указать опцию **Способ** и выбрать способы соединений: **Удлинить** – удлинить или обрезать до пересечения; **Добавить** – добавить соединительный сегмент; **Оба** – использовать оба этих способа на усмотрение программы.

Опция **Ширина** позволяет задать толщину одновременно для всех сегментов полилинии.

Опция **Сгладить** заменяет все отрезки полилинии дугами, опция **Сплайн** сглаживает полилинию сплайновыми элементами (математическими кривыми, радиус которых изменяется строго непрерывно), опция **Убрать сглаживание** имеет обратное действие – превращает сплайн (только созданный из полилинии) или дуги полилинии в отрезки.

Иногда полилиния рисуется пунктирным, штрихпунктирным и иными типами линии. Бывают случаи, когда необходимо исключить попадание точки или разрыва штрихпунктирной линии в вершину. Опция **Типлинии** включает и выключает режим, когда масштаб типа линии соблюдается точно, невзирая на вершины полилинии. Если режим включен, масштаб может быть автоматически скорректирован программой, чтобы в вершины попадали лишь отрезки пунктирных линий.

Опция **Вершина** позволяет редактировать каждый из сегментов полилинии по отдельности. После его ввода набор доступных операций и соответствующих опций станет другим, а начало редакци-

руемого сегмента будет отмечено крестиком. Опции **След** и **Пред** перемещают крестик вперед и назад.

Опция **Разорвать** позволяет разбить полилинию на две, удалив один или несколько сегментов. После ввода опции крестик остается на месте, старое его положение запоминается и появляются новые опции: **След** и **Пред** двигают крестик, **Выполнить** стирает элементы между старым и текущим положениями крестика, **Выход** позволяет отказаться от разрыва, не выходя из команды. Если начальное и текущее положение крестиков совпадает, при разрыве предшествующий крестику элемент превращается в отдельный отрезок или дугу.

Опция **Вставить** добавляет промежуточную вершину в сегмент после крестика, деля его на два. Необходимо указать мышью положение новой вершины. Опция **Перенести** позволяет переместить вершину, обозначенную крестиком, указав ее новое положение.

Опция **Выпрямить** спрямляет часть полилинии. Положение крестика запоминается, и появляется выбор из четырех опций: **След** и **Пред** двигают крестик, **Выполнить** спрямляет элементы между старым и новым положениями креста, удаляя вершины, **Выход** позволяет отказаться от спрямления, не выходя из команды.

Опция **Касательная** задает вектор направления для выделенной крестиком вершины. Вектор направления очень важен в случае, если полилиния в дальнейшем будет конвертироваться в сплайн.

Опция **Ширина** аналогична одноименной при рисовании полилинии, позволяя изменить начальную и конечную толщину сегмента. Опция **Реген** регенерирует полилинию, заново рассчитывая ее. Опция **Выход** позволяет выйти из режима редактирования отдельных сегментов, не прерывая работы команды.


На любом этапе опция **Отменить** отменяет последнее ошибочное действие по редактированию полилинии.

Команды снятия фасок и построения сопряжений (см. практическое занятие № 2) имеют опцию **Полилиния**. После ввода опции команды просят указать полилинию, затем снимают фаски или скругляют каждую ее вершину соответственно.

#### **4.4 Рисование сплайнов**

*Сплайн* – плавная математическая кривая, задаваемая точками. В обычном черчении аналогичные кривые (только заметно худшего

качества) можно построить лишь с помощью лекал. Особенностью сплайна является то, что **радиус кривизны его изменяется строго непрерывно**. Сплайн не обязательно проходит через точки, которые его определяют. Он может проходить от них на некотором удалении. От *определяющих* следует отличать *управляющие* точки. Последние определяют положение и плавность экстремумов сплайна. Они могут лежать на значительном удалении от линии сплайна, но их влияние на форму последнего огромно.

Для рисования сплайна следует воспользоваться меню Рисование – Сплайн или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Далее вводятся точки, характеризующие форму кривой. Нажатием «Enter» можно перейти к следующему этапу: указанию направлений векторов, касательных к сплайну в его начальной и конечной точках (по сути, векторов направления сплайна в начале и конце).

При рисовании сплайнов опция **Допуск** позволяет изменить максимальное расстояние от кривой до ее определяющих точек (по умолчанию – 0). Нулевой допуск заставляет сплайн точно проходить через точки, увеличение же допуска делает кривую более плавной. После ввода третьей точки опция **Замкнуть** соединяет предыдущую точку с самой первой. Направления касательных в этом случае вычисляются автоматически.

Если имеется полилиния, которая была сглажена с применением опции **Сплайн**, ее можно превратить в самый настоящий сплайн. При этом свойства полилинии и возможность убрать сглаживание будут потеряны, точность возрастет. Для этого вместо указания первой точки при рисовании сплайна следует выбрать опцию **Объект** и далее сглаженную полилинию.

#### ***4.5 Редактирование сплайнов***

Сплайн можно редактировать, перемещая мышью маркеры определяющих точек. Также для редактирования сплайна можно воспользоваться меню Редактировать – Объект – Сплайн или дважды щелкнуть мышью на сплайне. В этот момент вместо определяющих на сплайне будут выделены управляющие точки. Далее следует при помощи опций выбрать необходимое преобразование.

Опция **Определяющие** раскрывается в свою очередь в ряд опций, позволяющих редактировать определяющие точки сплайна:

– **Добавить** – добавляет дополнительную определяющую точку. Следует щелкнуть на имеющейся определяющей точке, после которой будет добавлена новая, затем указать место этой новой.

– **Удалить** – удаляет определяющую точку.

– **Перенести** – переносит определяющую точку на новое место.

– Опции **След** и **Пред** – выбирают следующую или предыдущую определяющие точки, а **Выбрать точку** позволяет непосредственно выбрать любую из управляющих точек.

– **Очистить** – стирает всю информацию об определяющих точках. Отныне редактировать сплайн можно будет только посредством управляющих точек.

– **Касательная** – перезадаёт вектора касательных в начале и конце сплайна, **Допуск** – изменяет для сплайна величину допуска.

– **Замкнуть** или **Разомкнуть** – действие аналогично соответствующим опциям при редактировании полилиний. Опции **Замкнуть** или **Разомкнуть** дублируются как при редактировании определяющих точек сплайна, так и при редактировании его самого, когда выделены управляющие точки.

Опция **Перенести** – перемещает управляющие точки сплайна. При этом положение определяющих точек игнорируется, а сами точки со сплайна удаляются. В этом режиме одна из управляющих точек выделяется и предлагается задать ее новое положение. В случае щелчка по определяющей точке будет выбрана ближайшая к ней управляющая.

Опция **Исправить** раскрывается в свою очередь в ряд опций, позволяющих тонко редактировать управляющие точки и математические параметры сплайна:

– **Добавить управляющую точку** – после выделения управляющей точки между ней и следующей добавляется новая. Форма сплайна при этом не изменяется.

– **Повысить порядок сплайна** – повышает математическую степень функций, определяющих форму сплайна. Увеличение порядка приводит к равномерному появлению на сплайне новых управляющих точек. Максимальный порядок сплайна в AutoCAD – 26.

– **Вес** – изменяет коэффициент важности управляющей точки. Чем он выше, тем ближе сплайн к данной точке по сравнению с другими управляющими точками. Точки выбираются с помощью опций **Пред**, **След** и **Выбрать точку**.

Опция **Обратно** – изменяет направление сплайна, меняя статус точек «начало» и «конец» местами.

Опция **Отменить** – отменяет последнее введенное изменение, не выходя из редактирования сплайна.

#### **4.6 Рисование мультилиний**

*Мультилиния* представляет собой объект, состоящий из совокупности линий различных типов, располагаемых параллельно друг другу. При построении мультилинии указываются координаты ее оси, все остальные линии достраиваются автоматически. Пример мультилинии показан на рис. 4.5.

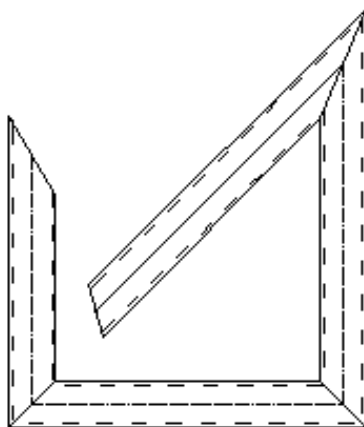


Рис. 4.5. Фигура, начерченная мультилинией

Для рисования мультилинии служит меню Рисование – Мультилиния. После ввода команды последовательно указываются точки, через которые проходит мультилиния. Опция **Замкнуть** соединяет последнюю введенную точку с самой первой, опция **Отменить** стирает последний введенный сегмент мультилинии.

Перед вводом самой первой точки можно ввести нижепредставленные опции.

– **Расположение** – выравнивание мультилинии относительно указываемых точек. Просит указать способ выравнивания: **Верх** – при построении через указываемые точки проводится самая верхняя

из линий мультилинии; **Центр** – через точки проводится ось мультилинии; **Низ** – самая нижняя линия мультилинии.

– **Масштаб** – ввести масштаб для получения мультилиний разной толщины.

– **Стиль** – предлагает выбрать стиль мультилинии. Следует ввести ее название. Чтобы просмотреть доступные стили в командной строке, следует ввести опцию **?. Стиль уже построенной мультилинии изменить нельзя.**

Мультилинии удобно применять на строительных планах и картах, например для построения трасс автомобильных дорог и иных инженерных сооружений, а также на всевозможных схемах для рисования сложных трубопроводов или электрических жгутов.

По умолчанию мультилинии строятся стилем *Standard* и представляют собой совокупность двух параллельных непрерывных линий, отстающих друг от друга на 1 мм. Чтобы получить мультилинию, состоящую из другого набора линий, следует настроить ее стиль.

#### 4.7 Стиль мультилинии

*Стиль мультилинии* представляет собой описание линий, из которых состоит мультилиния, расстояний между ними, а также способ построения концов и углов мультилинии. Управление стилями производится через диалоговое окно «Стили мультилиний», которое вызывается через меню **Формат – Стили мультилиний**. Диалоговое окно показано на рис. 4.6.

В верхней части окна располагается список доступных стилей, ниже – описание стилей, справа – кнопки управления: «Загрузить» – открыть диалоговое окно загрузки стиля из файла (по умолчанию это файл *acad.mln*), но там же можно выбрать любой другой); «Сохранить» – сохранить новый стиль в файл (стиль добавляется к уже записанным в этом файле); «Создать» – стиль добавляется в список выбора в верхней части окна, однако не сохраняется в каком-либо файле и из других чертежей недоступен (если скопировать из одного чертежа в другой нарисованную мультилинию, стиль ее также скопируется в новый чертеж); «Переимен.» – изменить имя стиля (сохранение стиля после переименования делает его копию в файле); «Изменить» – редактировать стиль (стиль, которым уже

начерчены мультитинии в чертеже, редактировать нельзя); «Удалить» – удалить стиль из списка, но не из файла *.mln*; «Установить» – сделать стиль текущим, рисование будет осуществляться именно им.

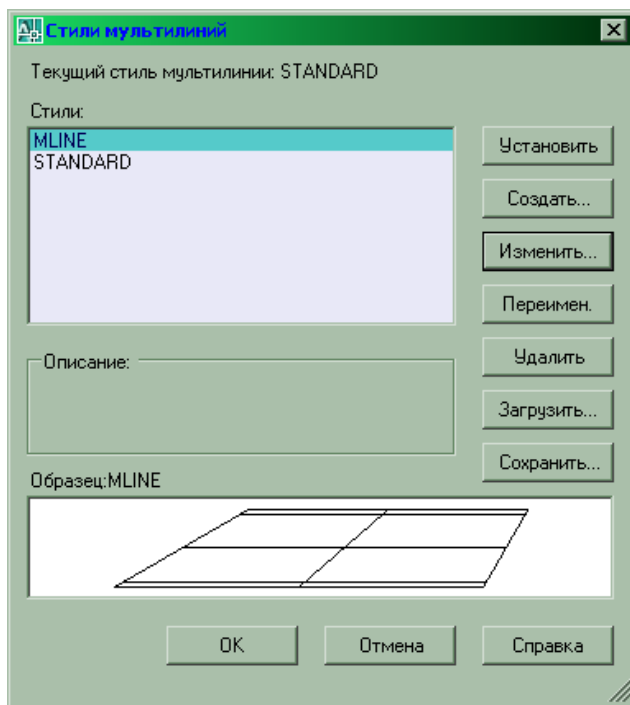


Рис. 4.6. Диалоговое окно выбора стиля мультитинии

Редактирование стиля мультитинии осуществляется в диалоговом окне «Переопределение стиля мультитинии:...» (рис. 4.7). В строке в верхней части окна можно напечатать описание стиля.

В левом блоке диалогового окна можно разрешить или запретить отображение стыков, которые представлены линией, соединяющей точки перегибов всех линий, составляющих мультитинию, а направление ее соответствует биссектрисе угла). Там же можно включить обозначение начала и конца мультитинии отрезком, перпендикулярным оси мультитинии или расположенным под некото-

рым углом к ней, либо внешней или внутренней дугой, а также задать заливку внутреннего контура мультилинии цветом.

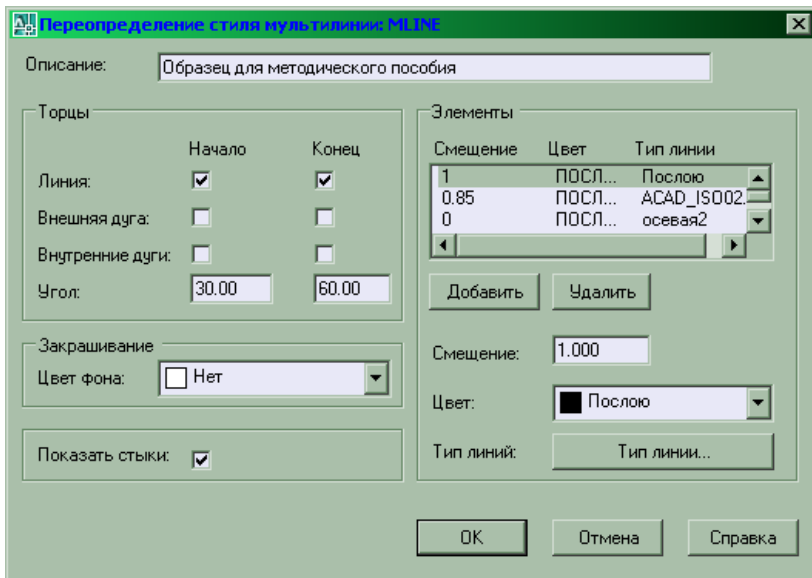


Рис. 4.7. Диалоговое окно настройки стиля мультилинии

Правый блок позволяет задавать элементы – линии, из которых состоит мультилиния. В верхней его части показан список элементов, любой из которых можно выбрать. Ниже располагаются кнопки для добавления нового элемента или удаления выделенного. Поле «Сдвиг» позволяет задать смещение элемента относительно нулевой линии (оси). Смещение может быть больше, меньше или равно нулю. Ниже задаются тип линии и ее цвет.

#### ***4.8 Редактирование мультилинии***

AutoCAD располагает ограниченными средствами редактирования уже созданной мультилинии. Для этого существует меню Редактировать – Объект – Мультилиния. Можно также дважды щелкнуть мышью на редактируемой мультилинии. Будет отображено диалоговое окно ее редактирования (рис. 4.8).



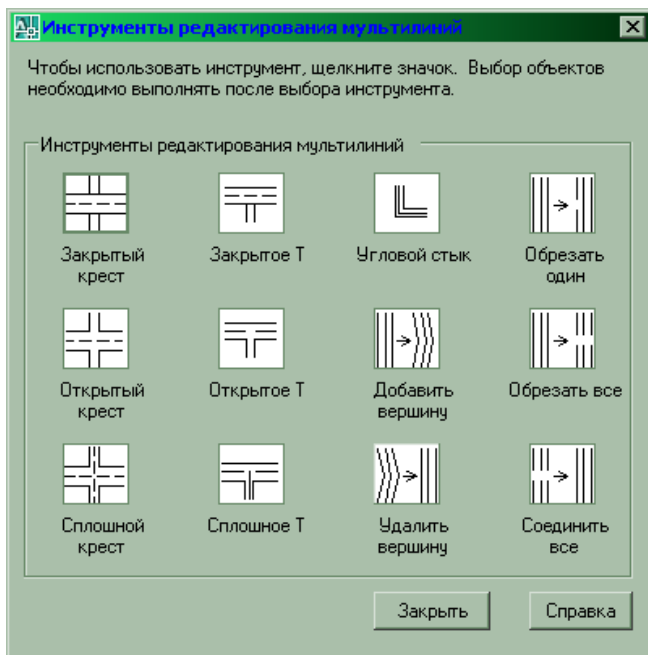


Рис. 4.8. Диалоговое окно инструментов редактирования мультитилинии

В диалоговом окне приводится 12 видов преобразований, которые можно произвести с мультитилинией: три вида пересечений (после выбора вида пересечения и нажатия ОК следует последовательно щелкнуть на частях пересекающихся мультитилиний вблизи точки пересечения), три вида примыканий, преобразование пересечения или примыкания в угол с обрезкой лишних частей, добавление вершины, которую впоследствии можно переместить в произвольное место, или удаление ее со спрямлением участка, а также разрыв нескольких или всех линий, образующих мультитилинию (следует указать точки, между которыми будет разрыв; при этом линии перестанут отображаться, однако целостность мультитилинии как объекта сохранится) или удаление созданного таким образом разрыва.

Помимо этого к мультитилиниям можно применять все основные методы редактирования: операции преобразований, перемещение и копирование через буфер обмена, перемещение маркеров, редактирование через дерево свойств (см. практическое занятие № 5) и т. д.

#### 4.9 Кольца и регионы. Выделение исправлений. Рисование «от руки»

Помимо рассмотренных в практическом занятии № 2 через меню Рисование может быть создано еще несколько видов объектов.


Кольцо представляет собой две концентрические окружности, пространство между которыми зачернено. Строиться через меню Рисование – Кольцо. Сначала следует ввести наружный диаметр, затем внутренний и указать центр.


Спираль. Команда предназначена для построения винтовых линий и спиралей. Работает как в двухмерном, так и в трехмерном пространствах. Для построения спирали следует воспользоваться меню Рисование – Спираль. Далее следует задать радиусы (или диаметры через опцию **Диаметр**) окружностей начала и конца спирали (для цилиндрической винтовой линии они совпадают), высоту спирали (для плоской спирали она равна 0). Вместо указания высоты спирали можно выбрать опции: **Конечная точка оси** – вводом точки одновременно задается и высота, и направление оси винтовой линии; **Витки** – число витков в создаваемой спирали (по умолчанию 3, максимум 500); **Высота витка** – шаг винтовой линии, число витков определится исходя из длины оси; **Закручивание** – направление по или против часовой стрелки.

Область представляет собой неделимый замкнутый контур, облегающий внутренней площадью. Область может быть создана из любого замкнутого объекта (эллипса, круга, прямоугольников, полилиний, набора отрезков и дуг и т. д.). Области наиболее важны в трехмерном моделировании (см. практическое занятие № 8), так как именно путем вращения и выдавливания областей получают твердотельные объекты сложной формы. Вращение и выдавливание разрозненных объектов или полилиний дает поверхности, неприменимые для твердотельного моделирования.

Области могут быть подвержены логическим операциям: сложению, вычитанию или пересечению. Для их выполнения служат пункты в верхней части меню Редактировать – Редактирование тела. Логические операции будут рассмотрены в практическом занятии № 8.

Для создания области следует подготовить замкнутый контур, после чего воспользоваться меню Рисование – Область или кноп-

кой  панели инструментов «Рисование». Далее следует выделить объекты и нажать «Enter». Объекты будут конвертированы в область, и в командной строке отобразится сообщение о числе созданных областей.

Полилинии и области из разрозненных объектов также можно создать через меню Рисование – Контур. Команда позволяет применить для этого алгоритм поиска замкнутого контура, используемый для штриховки. Появится диалоговое окно создания контура (рис. 4.9), где будет предложено выбрать, что создавать (полилинию или область). Следует нажать кнопку , затем на чертеже щелкнуть в любой точке внутри замкнутого контура. Границы контура будут определены (как при штриховке) и сконвертированы в область или полилинию. Флажок вверх включает или выключает определение «Островов».

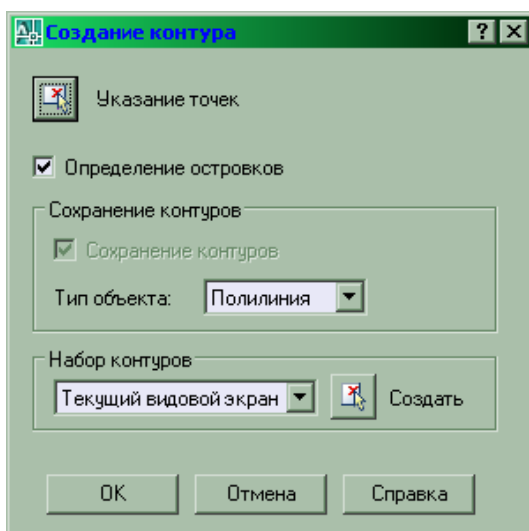


Рис. 4.9. Диалоговое окно создания контура

Определив область, можно при помощи специальных инструментов вычислить ее площадь, моменты инерции и координаты центра тяжести. Подробнее об этом будет рассказано на практическом занятии № 6.

«Заплатка». Внося правки в готовые чертежи, часто бывает полезно скрыть часть изображения, не удаляя объектов. Меню Рисование – Маскировка скрывает начерченное непрозрачной белой «заплаткой» произвольной формы, которую можно наложить на любое место чертежа, «закрыв» его содержимое. После ввода команды следует нарисовать линиями контуры «заплатки». Опция **Полилиния** позволяет превратить в «заплатку» начерченную ранее полилинию. После выбора полилинии следует ответить: стереть или нет исходную полилинию. Опция **Контур** позволяет включить или выключить режим отображения границ всех «заплаток» на чертеже. «Заплатка» с видимой границей бессмысленна, но с невидимой ее невозможно выделить и стереть.

«Облако рецензирования». При рецензировании чертежа (проверке одним человеком чертежа другого человека) может возникнуть необходимость выделить какую-то его часть, чтобы привлечь внимание к ней. Для этого служит меню Рисование – Облако, которое позволяет создать «Облако рецензирования» – замкнутый контур из небольших дуг, который бросается в глаза. После ввода команды следует щелкнуть левой кнопкой мыши и провести курсором по полю чертежа. Вслед за курсором будет создаваться полилиния, представляющая собой совокупность дуг. Команда завершится автоматически, когда курсор очертит замкнутую область.

«Облако» по сути своей является полилинией и чертится из дуг случайной длины. Опция **Длина дуги** позволяет ввести минимальную и максимальную длину дуг. Опция **Объект** превращает замкнутую полилинию или область в «облако». После выбора объекта будет создано облако и задан вопрос: следует ли изменить направление дуг (у «облака» дуги смотрят «наружу»).

Рисование «от руки». Иногда может возникнуть необходимость нарисовать на чертеже лилию абсолютно произвольной формы. К примеру, сплайны и дуги в силу своей «математической правильности» не справляются с задачей построения волнистой линии обрыва. Это помогает сделать команда командной строки **Эскиз** (через меню недоступна, можно вынести кнопку на панель инструментов). Команда строит линию, состоящую из отрезков заданной длины, по траектории перемещения курсора мыши. Сначала следует ввести длину отрезков, затем воспользоваться опциями команды.

Опция **Перо** (щелчок левой кнопкой мыши) поднимает и опускает «перо». Когда перо опущено, рисуется временная линия (зеленым цветом), когда перо поднято – можно перемещать мышь и работать с меню. Опция **Выход** завершает команду и сохраняет линию; опция **Покинуть** завершает команду, не сохраняя временную линию; опция **Записать** сохраняет временную линию (цвет ее становится основным), далее начинается построение новой временной линии; опция **Стереть** стирает несохраненные части временной линии; опция **Продолжить** автоматически опустит «перо», когда курсор мыши подойдет близко к последнему нарисованному отрезку и продолжит рисование линии из него.

Перед рисованием «от руки» следует обязательно выключить режим ортогонального черчения.

#### *4.10 Операции построения, связанные с точками*

Иногда возникает необходимость разделить отрезок или иной объект на несколько равных частей. В AutoCAD данная функция может быть легко осуществлена при помощи точек.


Меню Рисование – Точка – Поделить делит объект путем разделения на нем через равные интервалы точек, которые впоследствии могут быть использованы для привязки других объектов. После ввода команды следует выделить объект, затем ввести число частей. Ввод опции **Блок** позволяет вместо точек в необходимые места вставить блоки (см. ниже). После запуска опции следует ввести имя существующего блока и ответить на вопрос: следует ли выравнивать блоки, делая их ось  $X$ , параллельной делимому объекту.

Примерно таким же образом работает меню Рисование – Точка – Разметить. Она откладывает от начала объекта интервалы, равные заданному, выделяя границы интервалов точками. После ввода команды следует выбрать объект, затем указать мышью или ввести значение интервала. Также можно указать опцию **Блок**, который работает так же, как и у предыдущей команды.

#### *4.11 Блоки*

Иногда при построении чертежа возникает необходимость вставки одного и того же фрагмента в различные места, часто повернуто-

го под разными углами. Особенно часто такая ситуация возникает при построении разного рода схем. Можно воспользоваться копированием, перемещением и поворотом, однако AutoCAD представляет более удобный инструмент – блоки.

Блок представляет собой некую совокупность объектов, которой было присвоено имя и которая ведет себя как единое целое. Он сохраняется в файле чертежа и, соответственно, не может быть доступен в других чертежах без предварительного копирования. Для создания блока следует подготовить объекты (т. е. предварительно нарисовать их) и воспользоваться меню Рисование – Блок – Создать или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Появится диалоговое окно «Описание блока» (рис. 4.10).

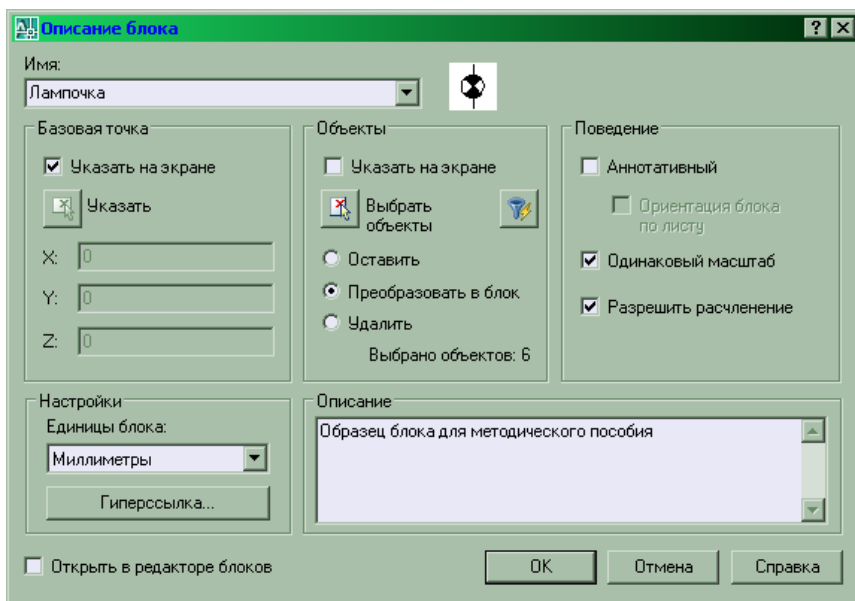



Рис. 4.10. Диалоговое окно создания блока

В верхней части диалогового окна располагается поле выбора имени блока. Оно раскрывается в выпадающий список всех блоков чертежа, что позволяет не повториться и облегчает создание блоков с похожими названиями. Ниже располагаются поля для ввода коор-

динат базовой точки блока (точка, за которую будет осуществляться вставка блока в чертеж) с кнопкой, позволяющей указать эту базовую точку на чертеже, кнопка выбора объектов и кнопка быстрого выбора (см. практическое занятие № 5), переключатель, определяющий, что сделать с нарисованными объектами после создания блока: оставить как есть, заменить блоком или удалить с чертежа. Далее можно выбрать единицы измерения для блока и ввести его текстовое описание. Кнопка «Гиперссылка» позволяет импортировать блоки из других чертежей или из Интернета.

Справа находятся флажки, позволяющие применять к блоку функции автоматического масштабирования аннотаций (см. практическое занятие № 6), запрещающие расчленять данные блоки после их вставки (защита от несанкционированного редактирования) и запрещающие изменять масштаб блока при вставке. В самом низу окна расположен флажок, позволяющий редактировать блок в расширенном редакторе. В данном пособии эта функция не рассматривается.

Для вставки блока следует воспользоваться меню Вставка – Блок или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Удерживая кнопку нажатой, можно раскрыть кнопки вставки в чертеж других объектов, не рассматриваемых в данном учебном пособии. Появится диалоговое окно «Вставка блока» (рис. 4.11). В верхней части окна присутствует выпадающий список, отображающий все блоки в данном чертеже. Кнопка «Обзор» позволяет указать другой чертеж, чтобы отобразить список находящихся в нем блоков. Ниже располагаются поля, позволяющие указать координаты точки, в которую будет помещена базовая точка блока при вставке, масштабные коэффициенты по трем координатным осям (флажок снизу делает координаты по всем трем осям равными), а также угол поворота блока при вставке. У каждой секции имеется флажок «Указать на экране», установка которого позволяет задать точку вставки, масштаб и поворот блока мышью непосредственно на чертеже. Флажок «Расчленить» в самом низу окна позволяет вставить блок, предварительно разделив его на объекты, из которых он был составлен.

По умолчанию вставленный в чертеж блок представляет собой неделимое целое, которое нельзя редактировать. Можно лишь исправить такие его параметры, как базовую точку, текстовое описание и т. д. Для этого существует меню Редактировать – Объект – Пояснение к блоку. Откроется диалоговое окно создания блока (см. рис. 4.10).

В списке можно будет выбрать созданный ранее блок и изменить в нем текстовое описание. Другие характеристики блока менять не следует, особенно если данные блоки уже вставлены в чертеж.

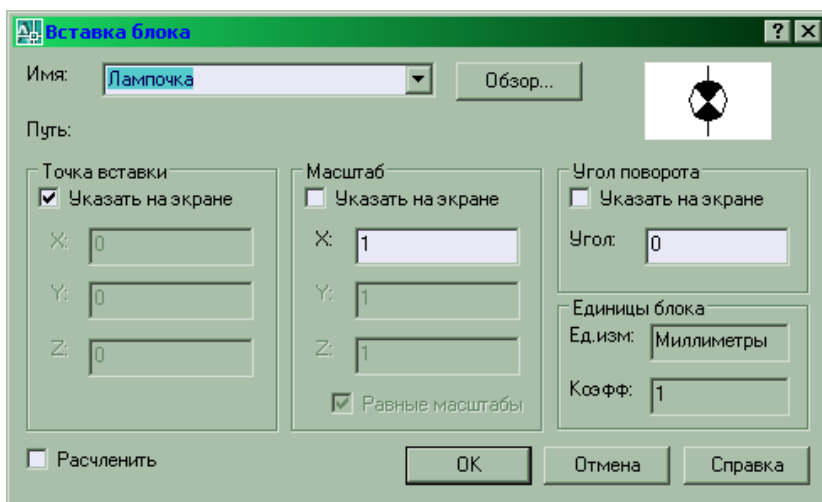



Рис. 4.11. Диалоговое окно вставки блока

Также блок можно разделить на составляющие его элементы (линии, дуги и т. д.). Для этого служит меню Редактировать – Расчлнить или кнопка  панели инструментов «Редактировать». После ввода команды следует указать блоки и нажать «Enter». Блоки распадутся на составляющие их элементы.

Расчлнить можно и любой другой составной объект: полилинию, мультилинию, штриховку, размер (см. практическое занятие № 6), трехмерную поверхность (см. практическое занятие № 8) и т. д. Следует быть осторожным, так как процесс обратим лишь командой отмены ошибочных действий.

## 4.12 Атрибуты

После составления схемы, включающей в себя множество блоков, может возникнуть необходимость составить список этих блоков



(например, для создания спецификации). В AutoCAD предусмотрен гибкий инструмент, упрощающий эту задачу – атрибут блоков.

*Атрибут* представляет собой текстовое поле, присоединяемое к блоку. Вставив в чертеж несколько одинаковых блоков, можно задать их атрибутам различные значения. Один блок может иметь несколько атрибутов, соответственно, после вставки блока в чертеж каждому из них можно будет присвоить свою текстовую информацию.

После завершения работы над чертежом атрибуты всех блоков можно автоматически экспортировать для дальнейшей обработки.

Работа с атрибутами происходит в следующей последовательности. Сначала создаются объекты, которые в дальнейшем образуют блок. Затем создаются атрибуты. После этого объекты и все необходимые атрибуты объединяются в блок.

Для создания определения атрибутов используется меню Рисование – Блок – Задание атрибутов. Команда откроет диалоговое окно (рис. 4.12).

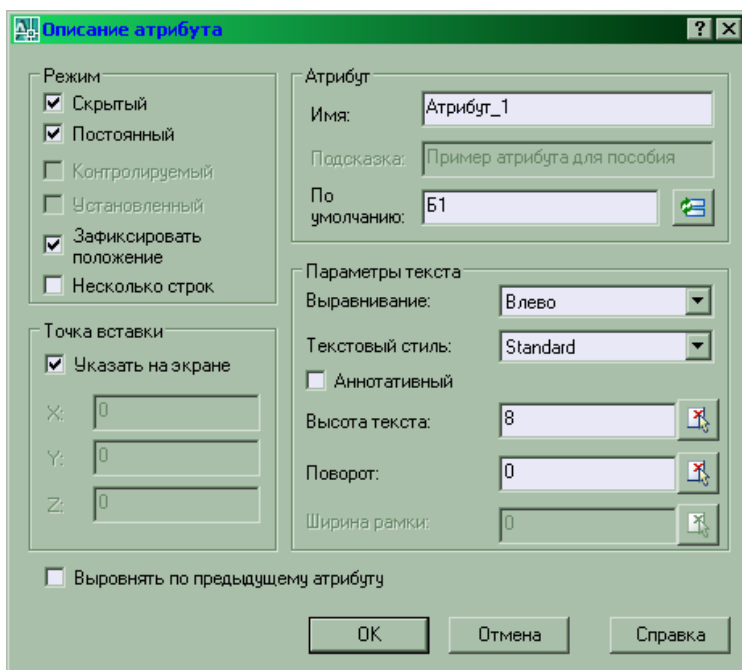


Рис. 4.12. Диалоговое окно определения атрибутов

В левой части диалогового окна располагаются флажки для выбора режима атрибута: **Скрытый** – текстовое поле со своим значением не отображается на чертеже; **Постоянный** – значение атрибута одинаково для всех блоков данного типа, задается автоматически при создании блока и остается неизменным при их вставке; **Контролируемый** – программа предлагает пользователю после ввода значения атрибута подтвердить правильность ввода; **Установленный** – значение атрибута предварительно задается по умолчанию и не спрашивается при вставке блока, но в отличие от постоянного, его можно изменить. Если снять флажок **Зафиксировать положение**, то после создания блока атрибут можно будет перемещать относительно остальных частей блока, хоть они и будут оставаться одним целым. Флажок **Несколько строк** позволяет записывать значение в атрибут в несколько строк. В этом случае можно задать ширину рамки, и если текст в нее не влезет, будет осуществлен перенос на новую строку.

В правой части окна располагаются строки, где вводится имя атрибута (системное имя), фраза, которая будет запросом на ввод значения атрибута, и его значение по умолчанию.

Ниже располагаются область указания точки вставки (базовой точки) атрибута, поля для настройки стиля текста (см. практическое занятие № 5) и размера шрифта, выравнивания и поворота текста, а также ширины текстового поля (для атрибутов в несколько строк).

После объединения объектов и атрибутов в блок появится диалоговое окно (рис. 4.13), в котором будет предложено ввести их значения. Блок будет создан, скрытые атрибуты исчезнут и вместо имен атрибутов будут отображены их значения.

После вставки ранее созданного блока в командную строку будут последовательно выведены запросы, указанные при определении атрибутов, и их значения. После вставки блока также отобразятся значения видимых атрибутов. Двойным щелчком на блоке или через меню Редактировать – Объект – Атрибуты – По одному можно вызвать диалоговое окно «Редактор атрибутов блоков» (рис. 4.14), где можно будет отредактировать как значения атрибутов, так и их внешний вид (размер и стиль текста, поворот, выравнивание).

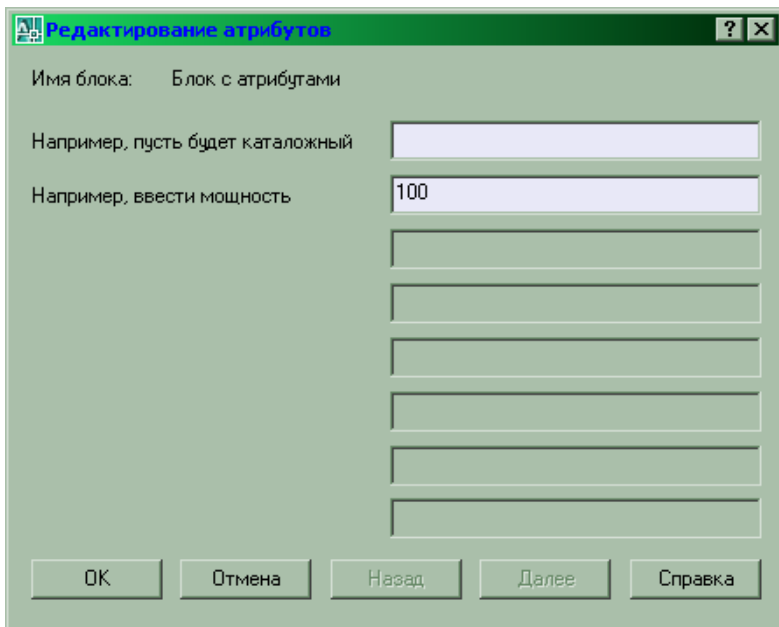


Рис. 4.13. Диалоговое окно заполнения атрибутов при создании блока

В случае, если необходимо более серьезное редактирование, можно воспользоваться меню Редактировать – Объект – Атрибуты – Диспетчер атрибутов блоков, которое вызовет диалоговое окно расширенного редактирования (рис. 4.15). При необходимости следует освоить работу с данным окном самостоятельно.

Меню Редактировать – Объект – Атрибуты – Полный позволяет через командную строку и ее опции задать поисковый шаблон для выбора атрибутов, которые следует редактировать, затем изменить, опять же через командную строку, их свойства. Метод достаточно сложен и трудоемок и в данном пособии не рассматривается.

Для извлечения данных атрибутов из чертежа служит мастер извлечения атрибутов (меню: Сервис – Извлечение данных). Мастер осуществляет подготовку и извлечение данных в несколько этапов, студентам следует ознакомиться с его работой самостоятельно.

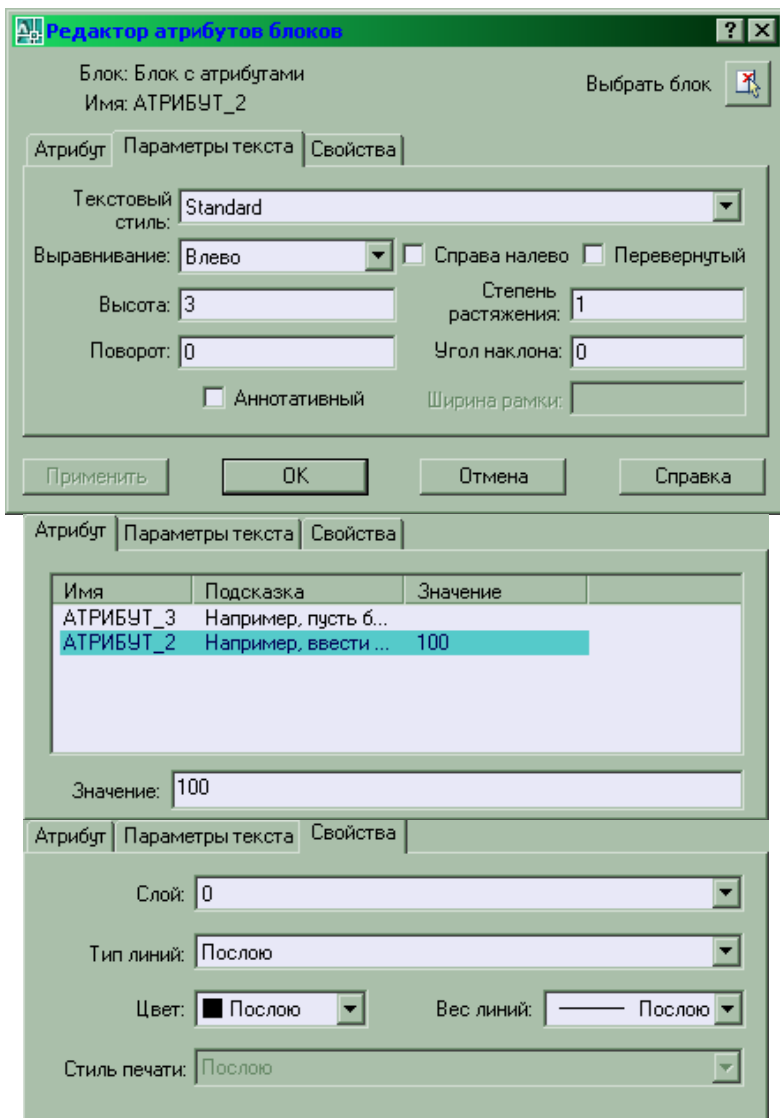


Рис. 4.14. Диалоговое окно редактора атрибутов и его вкладки

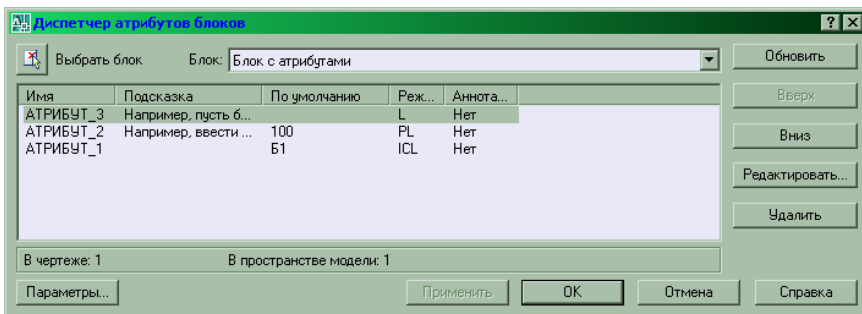


Рис. 4.15. Диалоговое окно диспетчера атрибутов для их расширенного редактирования

## Практическое занятие № 5

### НАНЕСЕНИЕ ТЕКСТА И ПОСТРОЕНИЕ ТАБЛИЦ

#### ЗАДАНИЕ

1. Запустить программу AutoCAD. Создать новый чертеж, используя шаблон с первого занятия.
2. Тонкой линией обвести рамкой созданные границы чертежа, толстой – начертить рамку, соответствующую полям (20; 5; 5; 5 мм). Вычертить основную надпись, согласно ЕСКД (прил. В).
3. Настроить стиль текста.
4. Заполнить основную надпись, используя однострочный текст.
5. Сохранить новый чертеж в виде шаблона. Название шаблона «Лист А4.dwt».
6. Создать на базе нового шаблона чертеж. В верхней части создать многострочный текст и набрать на выбор два любых абзаца из текста методического пособия. Самостоятельно освоить приемы редактирования.
7. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p6\_ZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZ – фамилия учащегося.
8. Создать новый чертеж, повторив пункт 6
9. Создать таблицу и настроить ее размер под лист спецификации в соответствии ЕСКД (см. прил. В). Заполнить «шапку» таблицы.
10. Создать стиль таблицы, взяв построенную таблицу в качестве образца. Удалить первоначально построенную таблицу. Вставить таблицу спецификации, используя только что созданный стиль.
11. Сохранить новый чертеж в виде шаблона. Название шаблона «Спецификация Л1.dwt».

#### *Методические указания к выполнению пунктов задания*

1. Смотреть пункт 1 практического занятия № 2.
2. Смотреть предыдущие занятия. Размеры основной надписи согласно ЕСКД приведены в Приложении В.
3. Воспользоваться меню Формат – Текстовый стиль. За основу принять шрифт «*Simplex.shx*», размер 3, масштаб ширины 0,85, наклон букв 13. Поэкспериментировать с другими шрифтами и значениями.

4. Воспользоваться меню Рисование – Текст – Однострочный. При заполнении надписи задать выравнивание символов.
5. Смотреть пункт 18 практического занятия № 1.
6. Воспользоваться меню Рисование – Текст – Многострочный. Поэкспериментировать с линейкой и отступами, выравниванием, а также с дробями.
- 7, 8. Смотреть предыдущие занятия.
9. Воспользоваться меню Рисование – Таблица. Число строк – 30, число столбцов – 7. Размеры таблицы спецификации согласно ЕСКД приведены в Приложении В. Размеры строк и столбцов редактировать через дерево свойств (вызывается через меню Редактировать – Свойства).
10. Воспользоваться меню Формат – Стили таблиц. Высота текста 3,5. Создать отдельные стили для горизонтального и вертикального текста, для текста с выравниванием по левому краю и по центру. После вставки таблицы на основании созданного Вами стиля убедиться, что она соответствует ЕСКД.
11. Смотреть пункт 6.

### **5.1 Виды текста**

В AutoCAD предусмотрены два вида текста: *однострочный* и *многострочный*. Первый представляет собой строку текста, которую можно вставить в произвольное место чертежа. При желании такой текст может быть написан и в несколько строк, которые получатся независимыми друг от друга). Однострочный текст характеризуется быстрой вставкой текстового блока и минимумом настроек, однако возможности для форматирования также минимальны. Ввод однострочного текста был подробно рассмотрен на практическом занятии № 2.

Многострочный текст, в отличие от однострочного, представляет собой законченный текстовый абзац (один или несколько). Характеризуется большим числом настроек, которые необходимо произвести при его вставке, но и большими возможностями для форматирования.

### **5.2 Многострочный текст**

Для ввода текстового абзаца следует воспользоваться меню Рисование – Текст – Многострочный либо кнопкой **A** панели инструментов «Рисование». В командной строке отобразится подсказка о теку-

шем стиле и высоте текста, и будет предложено последовательно указать углы прямоугольной области, в которой разместится абзац. Затем на экране возникнет область редактирования текста и отобразится панель инструментов «Формат текста» (рис. 5.1), а также линейка.

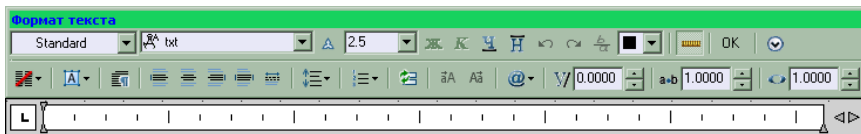




Рис. 5.1. Панель инструментов форматирования многострочного текста и линейка

В панели представлены следующие инструменты (слева направо): первая строчка – выпадающие списки выбора *стиля текста* и шрифта; кнопка режима аннотативности (см. практическое занятие № 6), поле ввода с выпадающим списком для выбора высоты текста (по высоте заглавных букв), кнопки включения жирного, наклонного, подчеркнутого и надчеркнутого написания текста, отмены ошибочного действия и возврата ошибочно отмененного, кнопка преобразования в дробь, выпадающий список выбора цвета, кнопка включения и выключения линейки, кнопка «ОК» и кнопка , отображающая меню дополнительных функций. Кнопка «ОК» принимает внесенные изменения и закрывает панель редактирования текста. В нижней строке добавлены инструменты для организации текста в несколько колонок, список опций выравнивания текста относительно изначально очерченного прямоугольника, кнопка вызова диалогового окна «Абзац», кнопки режимов выравнивания длины строк в абзаце, межстрочного интервала, нумерованных списков, смены регистра, кнопка вставки специальных символов, а также поля регулировки наклона символов, интервала между ними и их масштаба по горизонтали.


Линейка позволяет видеть размеры текстового абзаца и настраивать отступы. Верхний левый треугольник характеризует отступ первой строки абзаца («Красная строка»). Нижний левый характеризует отступ всех строк, кроме первой. Нижний правый – отступ всех строк справа. Два треугольника в правой части линейки позволяют изменять длину абзаца. Для точного изменения размеров абзаца следует щелкнуть по линейке правой кнопкой мыши и выбрать соответствующие пункты из контекстного меню.



Щелчком левой кнопки мыши на линейке можно поставить значок табулятора (черный угольник). Тип табуляции (по левому краю, центру, правому краю и по десятичной запятой) можно выбрать, щелкая по квадрату слева от линейки, в котором изображается значок текущего типа табулятора. Когда табулятор установлен, нажатием клавиши «Tab» при наборе текста в строку будет вставлен отступ до ближайшего табулятора так, чтобы текст после отступа был выровнен по табулятору в соответствии с его типом.

Маркеры по линейке перемещаются скачками. Для точной настройки следует щелкнуть правой кнопкой на вводимом тексте и выбрать пункт «Абзац» (такой же пункт есть в контекстном меню при щелчке правой кнопкой по линейке или в меню дополнительных функций) или нажать кнопку  на панели инструментов «Формат текста». В появившемся диалоговом окне (рис. 5.2) можно ввести значения всех отступов, выставляемых при помощи линейки, задать тип выравнивания в абзаце, указать отступы перед абзацем и после него, а также настроить межстрочный интервал.

После указания первого угла текста перед указанием второго в командную строку можно ввести различные опции. Опция **Поворот** позволяет ввести угол поворота абзаца относительно горизонтали, остальные опции дублируют функции, доступные через панель инструментов «Формат текста».

Если в ходе редактирования ввести два числа, разделенные знаками «/», «^» или «#», и выделить их, станет доступной кнопка .

Нажатие ее переведет строку из вида «2/3» в вид  $\frac{2}{3}$ . Вместо нажа-

тия на кнопку можно щелкнуть правой кнопкой мыши и активировать «Дробный» из контекстного меню либо из меню дополнительных функций. После преобразования в контекстном меню вместо пункта «Дробный» появятся два пункта: «Не дробный» (аналогично отжатию кнопки) и «Свойства дробного текста». Последний вызывает диалоговое окно настройки формы дроби, где можно выбрать вместо дроби допуск ( $\pm\frac{3}{2}$ ), настроить высоту и выравнивание малых строк. Там же можно активировать автоматическое превращение текстовых строк вида «2/3» в дробь.

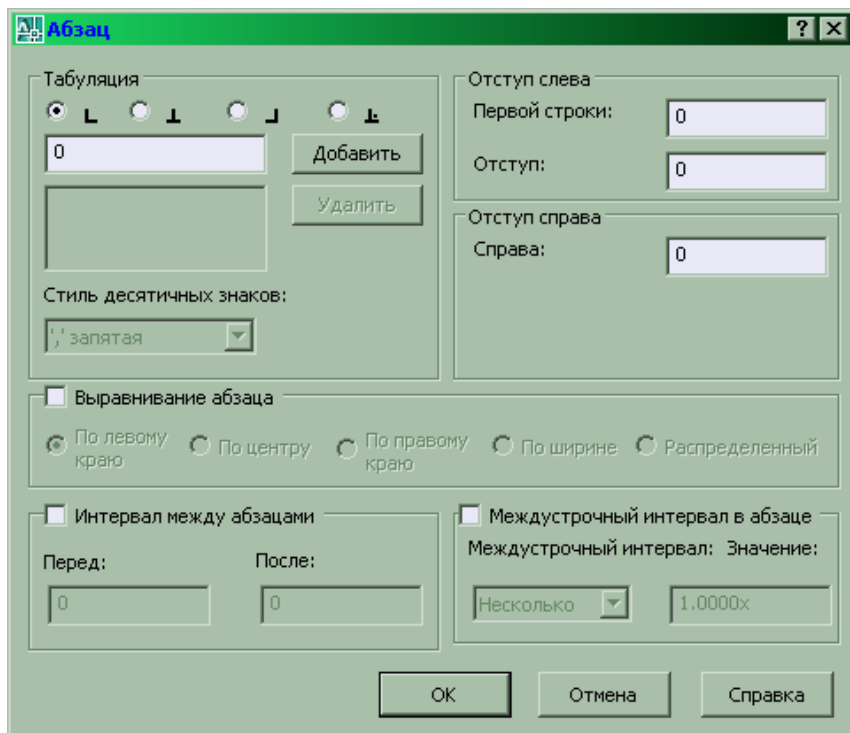



Рис. 5.2. Диалоговое окно форматирования абзаца текста

Из контекстного меню на вводимом тексте также можно выбрать функции отмены и возврата, вырезки, копирования и вставки, поиска фрагмента текста и замены его другим, изменения регистра вводимого текста (заглавные на прописные и наоборот), вставки специальных символов из произвольного шрифта, импорта текста из *txt*-файла, объединения нескольких многострочных текстовых объектов в один, настройки списков (маркированных и нумерованных) и т. д. Эти же функции доступны через меню дополнительных функций. Через это меню можно скрыть или отобразить панель «Формат текста» и отдельно скрыть или отобразить ее нижнюю строку, а также скрыть или отобразить линейку.

Многострочный текст представляет собой довольно мощное средство для редактирования текстовых подписей к чертежам.

### 5.3 Специальные символы

В программе AutoCAD зарезервированы три специальных символа, которые могут быть вставлены в любое место вводимого текста как однострочного, так и многострочного. Так, ввод %%c даст знак диаметра, %%d – знак градуса, а %%p – знак «Плюс-минус» (буквы – прописные английские). При редактировании многострочного текста кнопка  вызывает список, в котором содержатся эти 3 и еще 17 специальных символов, а также пункт «Другой», вызывающий утилиту MS Windows «Таблица символов».

### 5.4 Редактирование введенного текста

Введенный ранее однострочный или многострочный текст можно отредактировать, изменив его содержимое или некоторые параметры.

Для редактирования текста следует дважды щелкнуть мышью по текстовой строке. Для однострочного текста возникнет прямоугольное поле, в котором будет выделен текст строки, и его можно будет изменить. Если при вводе однострочного текста было введено несколько строчек, каждая из них редактируется отдельно). Для многострочного возникнет окно ввода текстового абзаца с текстом в нем, а также панель форматирования текста и линейка. Помимо прочего, строки и абзацы можно переносить, копировать, поворачивать и выполнять с ними любые другие преобразования, как и со всеми объектами чертежа.

Вместо двойного щелчка можно воспользоваться меню Редактировать – Объект – Текст – Редакт. Будет предложено выбрать строку или абзац для редактирования. После редактирования текста и нажатия «ОК» команда позволит выбрать еще строки или объекты многострочного текста для редактирования, пока не будет нажата клавиша «Esc».

Меню Редактировать – Объект – Текст – Выравнивание позволяет повторно выбрать для введенного текста (одно- и многострочного) режим выравнивания. После выбора строки или абзаца текста в командной строке появляется запрос, предлагающий выбрать опцию выравнивания (см. практическое занятие № 2).

Можно масштабировать текст, воспользовавшись меню Редактировать – Объект – Текст – Масштаб. После выбора строки или абзаца с текстом команда попросит при помощи опций выбрать, какая из точек текстового элемента станет центром масштабирования. Затем будут предложены следующие опции: **Высота листа** – только для аннотативного (см. практическое занятие № 6) текста; **По объекту** – задать для данного текстового объекта тот же масштаб, что и у другого существующего; **Масштаб** – непосредственно указать коэффициент масштабирования так же, как и при изменении масштаба любого другого объекта AutoCAD (см. практическое занятие № 2).

В программе AutoCAD имеется встроенное средство проверки правописания, вызываемое через меню Сервис – Орфография. Команда открывает диалоговое окно проверки орфографии. Следует выбрать, где конкретно проверять орфографию (на всем чертеже или отдельном листе, см. практическое занятие № 7, или в одном или нескольких объектах, содержащих текст). Затем следует начать проверку. Слова, которых нет в словаре, будут выведены в соответствующем поле, а ниже будут предложены варианты их исправления. Можно выбрать предложенный вариант или ввести свой, можно пропустить (не исправлять), добавить его в пользовательский словарь или исправить. Для работы функции необходимо, чтобы при установке AutoCAD был выбран компонент «Проверка орфографии» для соответствующего языка.


## 5.5 *Стили текста*

*Стиль текста* – совокупность вида и начертания шрифта, размера, а так же других параметров, определяющих внешний вид текста. Задание стилей текста важно, поскольку при его вводе выбирается именно стиль, а не тип и начертание шрифта. Использование стилей позволит всем текстовым надписям на чертеже выглядеть одинаково. К тому же, изменив параметры стиля, можно автоматически обновить данные параметры у всех текстовых подписей на чертеже.

Если создано несколько стилей, переключаться между ними можно посредством выпадающего списка на панели инструментов «Стили» (рис. 5.3, первый слева список).



Рис. 5.3. Панель инструментов выбора стилей

Настройка стилей осуществляется через специальное диалоговое окно «Текстовые стили» (рис. 5.4), которое вызывается кнопкой  панели инструментов «Стили» или через меню Формат – Текст – Вый стиль.

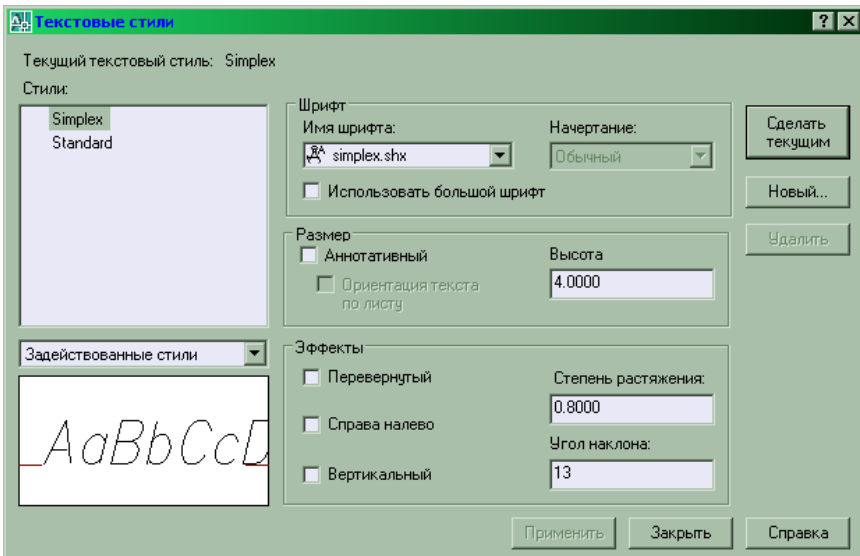


Рис. 5.4. Диалоговое окно настройки стиля текста

В левой части диалогового окна расположен список доступных стилей, в правой – кнопки для создания и удаления его, а также кнопка для назначения стиля текущим. В средней части окна располагаются параметры стиля, выбранного в списке слева.

Первым параметром является тип (гарнитура) шрифта. Шрифты бывают двух видов: векторные (*shx*), представляющие собой буквы, вычерченные линиями, и растровые (*TrueType, ttf*). Толщина линий векторного шрифта может быть изменена, как и для любого графического объекта AutoCAD.

Для некоторых растровых шрифтов доступен выбор начертания (нормальный, жирный, курсивный, жирный курсивный). Оно выбирается из выпадающего списка, который становится активным, если указан растровый шрифт. Ниже можно выбрать высоту символов шрифта по умолчанию.

Еще ниже расположены флажки и поля дополнительных настроек шрифта: возможность зеркально отражать и переворачивать буквы, возможность располагать буквы вертикально одна над другой (доступно не для всех шрифтов), – а также поле для ввода коэффициента ширины букв по горизонтали и угла наклона букв относительно вертикальной линии.


В левой нижней части окна расположено поле образца шрифта.

Следует помнить, что не все растровые шрифты поддерживают кириллицу. AutoCAD оперирует лишь системными растровыми шрифтами, поэтому при переносе чертежей с одного компьютера на другой, если наборы системных шрифтов в них различаются, часть текста может оказаться нечитаемой.

При построении машиностроительных чертежей следует избегать использования растровых шрифтов, т. к. они могут ошибочно отображаться на экране и серьезно замедлять работу программы. Растровые шрифты рекомендуются для создания плакатов.

## 5.6 Ввод таблиц

В AutoCAD 2008 имеется достаточно мощное средство для создания и редактирования таблиц.

Для создания таблицы следует воспользоваться меню Рисование – Таблица или кнопкой  панели инструментов «Рисование». Будет отображено диалоговое окно «Вставка таблицы» (рис. 5.5).

В левой части окна находится выпадающий список стилей таблиц, переключатель, дающий возможность вставить пустую таблицу либо сразу же заполнить ее, импортировав данные или извлекая их из атрибутов блоков. Ниже находится поле образца таблицы.

Переключатель справа определяет: указывать ли на чертеже размер таблицы или ограничиться лишь точкой ее вставки. В первом случае можно задать для столбцов и строк (при помощи соответствующего переключателя) либо размер, либо количество (недостающий параметр будет вычислен автоматически исходя из разме-

ра таблицы). Во втором случае задается и количество строк и столбцов, и их размер.

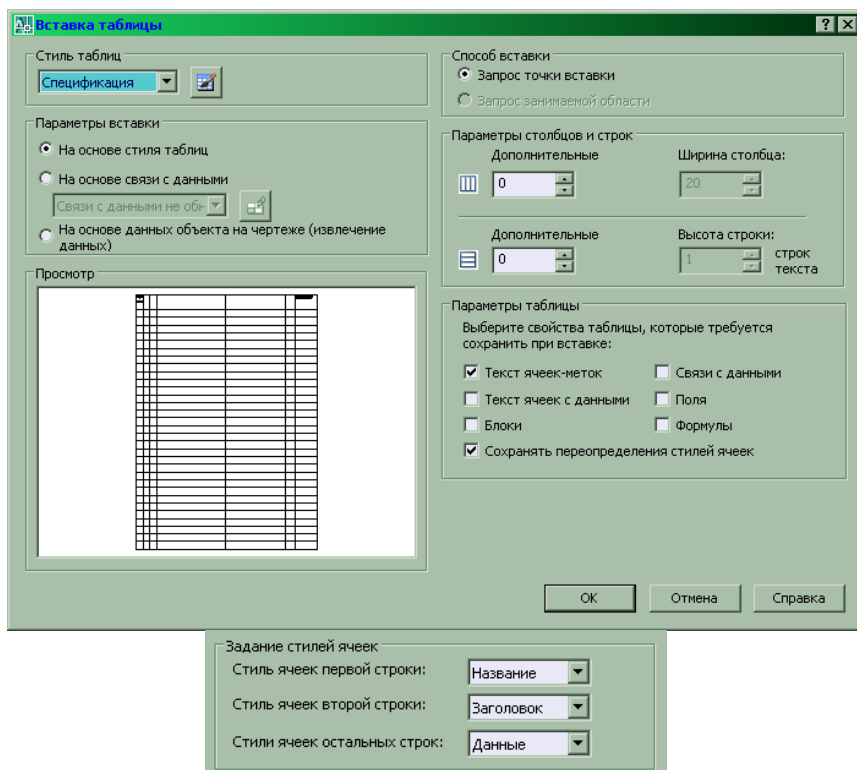


Рис. 5.5. Диалоговое окно вставки таблицы, выбран стиль с таблицей-образцом (сверху); правая нижняя часть диалогового окна, выбран стиль без таблицы-образца (снизу)

Поля ниже различаются для стилей таблиц в зависимости от того, содержится ли в стиле таблицы *образец* или нет. Предлагаемый по умолчанию стиль *Standard* не содержит образца, таблица создается с равной шириной столбцов и высотой строк. Если это не устраивает, таблицу необходимо редактировать после вставки.

Для стиля таблицы без образца можно дополнительно выбрать стили первой, второй и последующих строк. Поскольку в качестве образца при создании стиля таблиц (см. ниже) чаще всего выбирают заполненную таблицу, для таких стилей дополнительно указывается, что из таблицы-образца следует перенести в новую таблицу, а что – нет.

После формирования следует указать мышью место вставки таблицы в чертеж. Таблица будет сформирована и открыта в режиме редактирования текста ее ячеек (на экране появятся инструменты редактирования многострочного текста). Серые поля слева и сверху таблицы позволяют определить адрес каждой ячейки таблицы, что необходимо для написания простейших формул (аналогично MS Excel). Нажатие «Enter» переводит курсор на следующую строку, «Tab» – в следующий столбец. Подобные переходы также можно осуществлять клавишами управления курсором. После выхода из режима редактирования таблицы серые поля автоматически исчезнут.

### **5.7 Редактирование таблиц**

Для редактирования размера таблицы и ширины столбцов следует выделить ее целиком простой или текущей рамкой. Вновь появятся серые полосы с адресами столбцов и строк, а также квадратные и треугольные маркеры. Маркер, примыкающий к серым полосам, позволяет двигать таблицу, треугольники справа и снизу, пропорционально увеличивать ширину столбцов и высоту строк, маркеры в верхней части столбцов – изменять ширину отдельных столбцов. Треугольный маркер внизу по центру позволяет разбивать таблицу на части, перенося часть ее строк в новую таблицу вправо. Однако части этой таблицы остаются единым целым и перемещать их друг относительно друга нельзя.

Одинарным щелчком мыши можно выделить ячейку. В этом случае ячейка будет обведена цветной рамкой, появятся четыре маркера для изменения размеров соответствующих ячейке строки и столбца, а также маркер в виде ромба в правом нижнем углу для репликации (автозаполнения, аналогично MS Excel) ячеек в таблице. Также появится панель инструментов «Таблица» (рис. 5.6). При помощи маркеров можно задавать размеры ячеек лишь приблизительно. Для точной корректировки размеров строк и столбцов следует воспользоваться деревом свойств (см. ниже).



Рис. 5.6. Панель инструментов редактирования таблицы




Кнопки панели инструментов «Таблица» позволяют вставлять и удалять столбцы и строки таблицы, объединять ее ячейки (необходимо выделить одновременно несколько ячеек; также можно объединить ячейки отдельно по строкам или по столбцам) и отменять объединения, настраивать границы для выделенных ячеек или выравнивание текста в них, блокировать формат и содержимое ячеек, задавать формат данных в ячейках (числа, текст, дата, денежный, угол и т. д), вставлять в ячейки таблицы блоки или простейшие функции, настраивать стили ячеек.

Эти же функции, а также ряд других стандартных доступны и через контекстное меню при щелчке правой кнопкой мыши по выделенной ячейке.

Двойной щелчок мышью в ячейке переводит AutoCAD в режим редактирования ее содержимого. Режим аналогичен редактированию многострочного текста: панель «Таблица» исчезает, а появляется панель «Формат текста». Линейка в этом режиме недоступна.

### 5.8 *Стили таблиц и их ячеек*

Для облегчения построения одинаковых таблиц в AutoCAD введены стили таблиц. *Стиль таблицы* – это совокупность формы таблицы (столбцы и строки, их размер, объединение) и стилей отдельных ячеек. *Стиль ячейки* – это совокупность видимости, толщины, типа и цвета ее границ, стиля и размера текста в ячейке, поворота текста и т. д.

Для выбора стиля таблицы перед ее построением можно воспользоваться выпадающим списком панели инструментов «Стили» (см. рис. 5.3, третий слева список). Управление стилями таблиц в AutoCAD происходит через диалоговое окно «Стили таблиц» (рис. 5.7), для вызова которого следует воспользоваться меню **Формат – Стили таблиц** или кнопкой  панели инструментов «Стили». При помощи этого диалогового окна можно просмотреть стили таблиц в чертеже (все или только те, на базе которых уже созданы таблицы), назначить текущий по умолчанию стиль, а также создавать, редактировать и удалять стили таблиц. Нажатие на кнопку «Редактировать» вызовет диалоговое окно «Изменение стиля:…» (рис. 5.8).

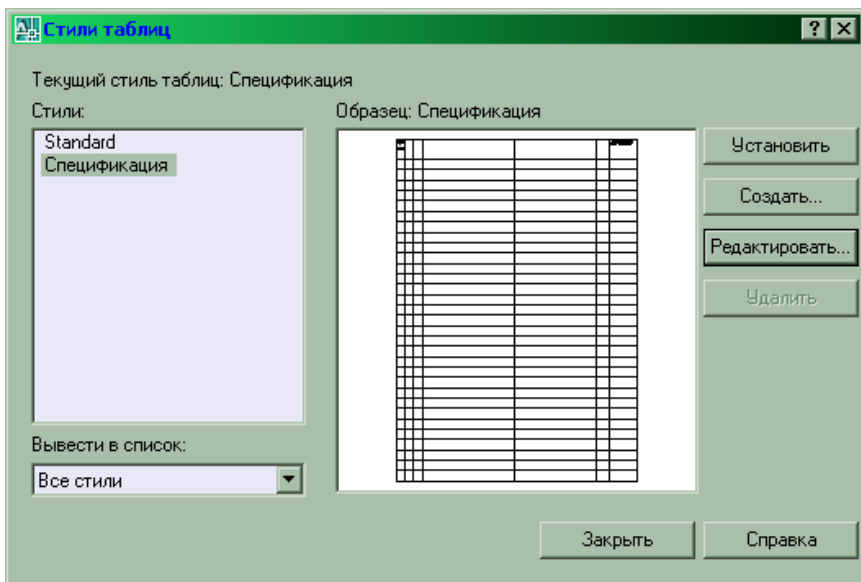






Рис. 5.7. Диалоговое окно диспетчера стилей таблиц

Любой новый стиль таблицы создается на основе другого существующего стиля. Если никаких стилей не создано, за основу берется стиль *Standard*. Удалить последний нельзя.

Редактируя стиль, можно выбрать на чертеже уже построенную и даже заполненную таблицу, взяв ее за образец. Для этого служит кнопка  в окне изменения стиля. Если таблица взята за образец ошибочно, ее можно удалить из стиля кнопкой .

Для стиля таблицы можно задать направление таблицы: сверху вниз или снизу вверх (в последнем случае заголовок таблицы окажется внизу).

Правая часть диалогового окна позволяет настраивать стили ячеек. Поле сверху позволяет выбрать один из стилей ячеек для его настройки, а кнопки  и  рядом – создать новый стиль и отобразить диалоговое окно «Управление стилями ячеек» (по структуре похоже на окно диспетчера стилей таблицы, но проще). В этом окне можно создавать, переименовывать и удалять стили ячеек.

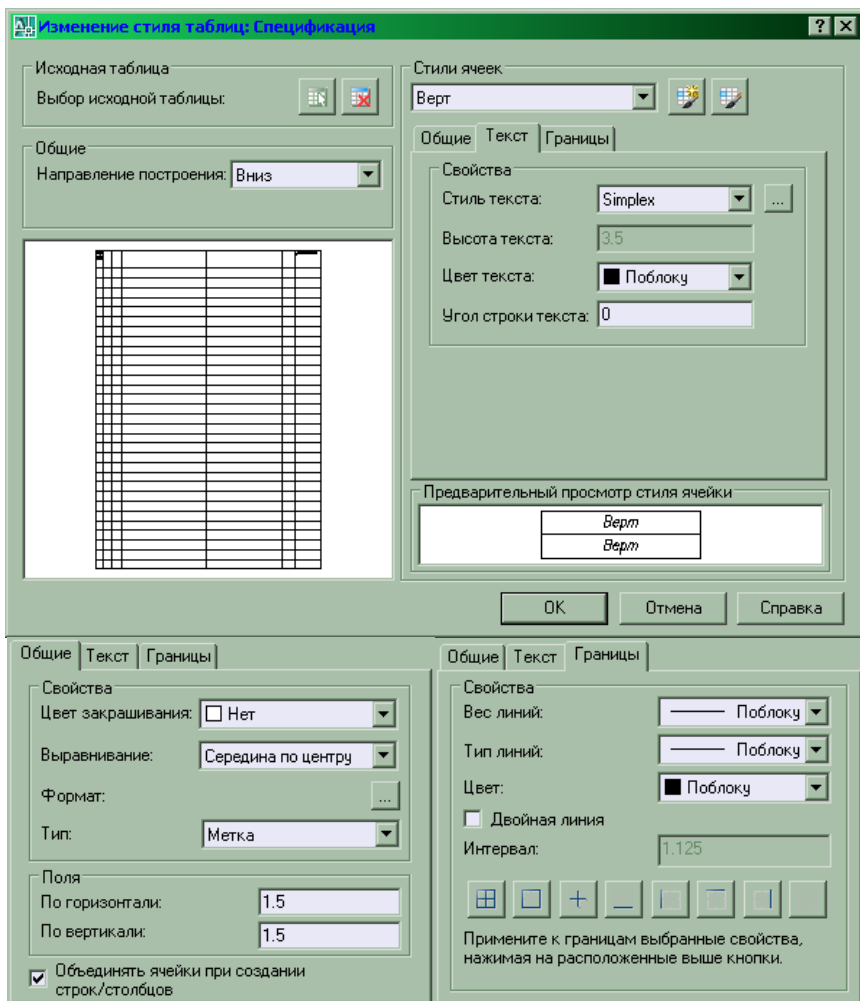


Рис. 5.8. Диалоговое окно редактирования стилей таблицы (сверху);  
вкладки «Общие» и «Границы» правой части окна (снизу)

Для выбранного стиля ячейки доступны три вкладки: «Общие», «Текст» и «Границы». На вкладке «Общие» настраивается цвет заливки ячейки, выравнивание текста в ней, формат данных (число, текст, дата и т. д.), возможность вместо данных вносить в ячейки метки (полезно при макропрограммировании), а также отступы от

границ ячейки до текстового поля. Ниже можно заставить AutoCAD при применении данного стиля к нескольким ячейкам автоматически объединять их. Это полезно при создании заголовков.


Вкладка «Текст» позволяет выбрать стиль текста (здесь же кнопка «...» открывает диалоговое окно «Текстовые стили», см. рис. 5.4), высоту, цвет и угол поворота букв.



Вкладка «Границы» позволяет настраивать границы ячеек: тип, толщину и цвет линий, возможность сделать линию двойной (с указанием величины промежутка между линиями), а также кнопки для непосредственной настройки границ. Причем первые семь кнопок добавляют линии границ, а последняя – удаляет.



В самом низу правой части окна имеется окошко с образцом, на котором отображаются вносимые в стиль изменения.

### **5.9 Быстрое редактирование свойств объекта**

Иногда может возникнуть необходимость быстро изменить тот или иной параметр некоторого объекта (тип линии, ее масштаб, плотность штриховки, высоту шрифта и т. д.). Для редактирования любого параметра любого объекта существуют свои команды, вызывающие свои диалоговые окна. Способы вызова везде разные, и в некоторых случаях это может оказаться неудобным.

Существует и другой способ редактирования параметров объектов: через палитру *дерева свойств объекта* (рис. 5.9). Она вызывается кнопкой  стандартной панели инструментов, комбинацией клавиш «Ctrl»+«I» или через меню Редактировать – Свойства. Палитра для удобства может быть пристыкована к краю экрана.

В зависимости от рода выделенного объекта окно палитры разделено на различные категории. Каждую категорию можно свернуть кнопкой  или развернуть кнопкой  в правой части ее названия. Если все пункты не помещаются на экране, в правой части окна появляется полоса прокрутки.

Если одновременно выделены объекты нескольких типов (к примеру, линия и текст), выпадающий список слева сверху позволяет выбрать тип объектов, для которых показываются свойства. Выделение с остальных объектов при этом не снимается. Кнопка  вызывает диалоговое окно быстрого выбора (см. ниже), кнопка  меняет курсор-перекрестие на квадрат для выбора объектов. При

выборе последних маркеры редактирования не появляются, а элементы отображаются штриховой линией, как при выборе объектов для команд зеркального отражения, размножения массивом, перемещения и т. д.) После выбора всех объектов следует нажать правую кнопку мыши или клавишу «Enter». Появятся маркеры, а свойства выделенных объектов отобразятся в окне.

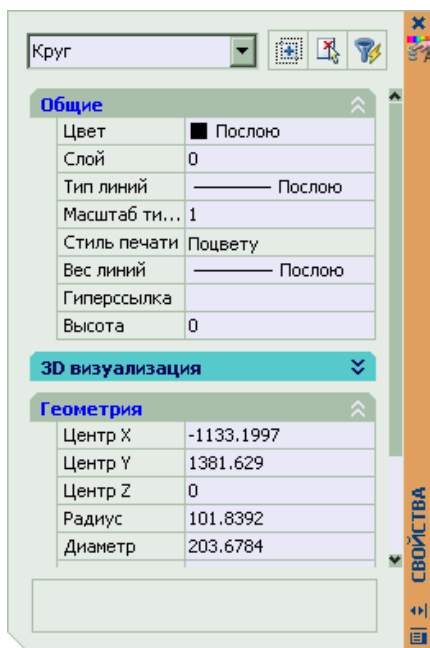




Рис. 5.9. Палитра дерева свойств объекта

Кнопка  меняет значение системной переменной PICKADD, отвечающей за одиночный или аддитивный выбор объектов. В *аддитивном* режиме (значок «+») щелчок на объекте добавляет его к выделенным, а щелчок с «Shift» – убирает из выделенных. В *одиночном* режиме (цифра «1») щелчок выделяет каждый раз новый объект, а щелчок с «Shift» – добавляет или убирает из выделенных. Аддитивный метод применяется в AutoCAD по умолчанию, а одиночный привычен по многим другим Windows-приложениям.

Таким образом, дерево свойств представляет не слишком удобное, но централизованное свойство редактирования объектов, в свя-

зи с чем часто бывает незаменимым. Однако для экономии места на экране бывает целесообразно закрывать его и открывать только по необходимости.

Также в AutoCAD предусмотрен достаточно удобный инструмент копирования свойств, позволяющий передать сразу все свойства одного объекта другому. Для этого используется меню Редактировать – Копирование свойств или кнопка  стандартной панели инструментов. После ввода команды следует выделить объект-донор, затем указать на объекты, свойства которых нужно изменить.

### 5.10 Быстрый выбор объектов

Окно быстрого выбора (рис. 5.10) позволяет найти и выделить большое количество объектов на чертеже, свойства которых удовлетворяют тем или иным условиям. Для открытия окна используется меню Сервис – Быстрый выбор.

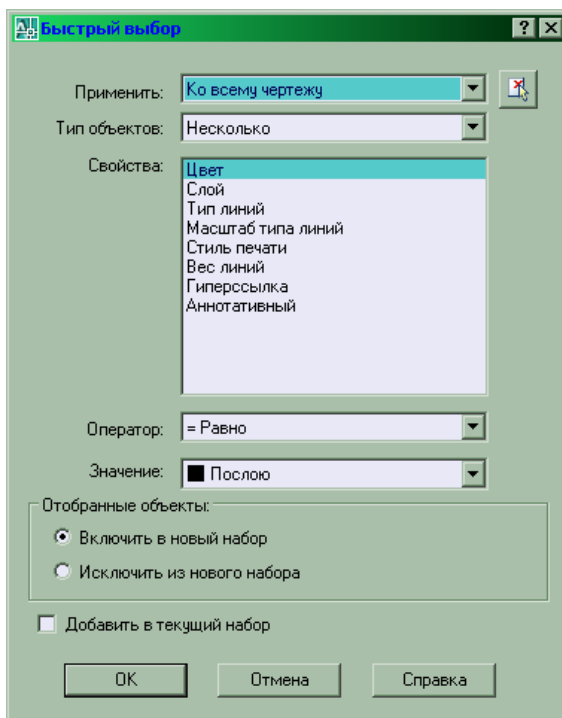


Рис. 5.10. Диалоговое окно быстрого выбора объектов

В верхней части окна предлагается выбор, где искать объекты: на всем чертеже или среди некой совокупности уже выделенных. Имеется кнопка, позволяющая выделить эту совокупность объектов. Ниже идет список свойств объектов, далее вид условия (равно или не равно, больше, меньше) и значение выбранного свойства, что позволяет сформировать условие отбора. Ниже представляется выбор: исключить объекты, удовлетворяющие условию, из текущей совокупности выделенных, включить их туда и флажок, позволяющий не создавать новую совокупность выделенных объектов, а изменить состав предыдущей.

Диалоговое окно быстрого выбора представляет собой мощный инструмент для поиска объектов на большом и сложном чертеже. К примеру, оно позволяет за раз выделить все объекты, цвет которых не черный и т. д.

## Практическое занятие № 6

### НАНЕСЕНИЕ РАЗМЕРОВ НА ЧЕРТЕЖ

#### ЗАДАНИЕ

1. Создать на базе шаблона «Лист А4.dwt» чертеж.
2. Настроить стиль размера в соответствии с требованиями ЕСКД.
3. Скопировать из чертежа задания № 1 изображение в новый чертеж.
4. Проставить все необходимые размеры.
5. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p11\_ZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZ – фамилия учащегося.
6. Повторить пункты 1, 3–6 для чертежей заданий № 2, 3, 5, сохраняя полученные результаты (индекс имени будет 21, 31, 51).
7. Перед вставкой чертежа задания № 3 изменить его масштаб, уменьшив вдвое.
8. Отредактировать стиль размера, создав переопределение, в частности, задав масштаб. Убедиться, что чертеж образмерен правильно.

#### *Методические указания к выполнению пунктов задания*

- 1, 3, 5, 7. Смотреть предыдущие занятия.
2. Воспользоваться меню Формат – Размерные стили. Создать стиль на основе существующего стиля ISO-25. Убрать отступ выносных линий от объекта, задать размер стрелок и высоту размерного текста 3, вид стрелок изменить на открытый под 30°, установить размещение текста «Согласно ISO» и прочие настройки.
4. Воспользоваться пунктами меню Размеры и кнопками панели инструментов «Размер».
8. Перед образмериванием воспользоваться меню Формат – Размерные стили, создать переопределение, ввести на вкладке «Основные единицы» масштабный коэффициент.

#### **6.1 Нанесение размеров**

Одной из мощных и удобных функций программы AutoCAD является простановка размеров. *Размер* в AutoCAD является закон-



ченным блоком, состоящим из выносных линий, размерной линии, стрелок и размерного текста.

Размеры могут быть ассоциативными, неассоциативными и разрушенными. *Ассоциативный* размер привязан к какому-либо объекту на чертеже. Положение выносных линий, длина размерной линии и значение текста будут автоматически обновляться при изменении объекта. *Неассоциативным* становится размер, нарисованный на пустом месте, или ассоциативный размер, остающийся после удаления оригинального объекта. *Разрушенный* размер образуется после применения к ассоциативному или неассоциативному размеру команды разделения на составляющие (меню Редактировать – Расчлнить, см. практическое занятие № 4). Он представляет собой совокупность линий, полилиний (вместо стрелок) и текстовой строки, никак не связанных между собой. Процесс разрушения размера необратим, и разрушенный размер никак не может быть ассоциативным.

Размеры наносятся через меню «Размеры» или кнопками на панели управления «Размер» (рис. 6.1). В табл. 6.1 приведены основные функции простановки размеров.

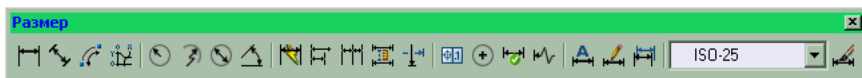


Рис. 6.1. Панель инструментов простановки размеров

Таблица 6.1

Команда меню	Кнопка	Описание
1	2	3
Размеры – Линейный		Проставление линейного размера, с вертикальной, горизонтальной либо расположенной под определенным углом размерной линией
Размеры – Параллельный		Проставление линейного размера с размерной линией, параллельной измеряемому объекту
Размеры – Длина дуги		Проставление длины дуги или дугового сегмента полилинии
Размеры – Ординатный		Указание отметок по осям координат (например, высотных)

1	2	3
Размеры – Радиус		Нанесение радиуса окружности либо дуги
Размеры – С изломом		Нанесение радиуса окружности либо дуги; размерная линия имеет вид зигзага, начало ее не обязательно лежит в центре дуги
Размеры – Диаметр		Нанесение диаметра окружности либо дуги
Размеры – Угловой		Нанесение значения угла
Размеры – Базовый		Нанесение размерной цепи, все размеры которой начинаются от одной базовой линии
Размеры – Цепь		Нанесение размерной цепи, все размеры которой последовательны
Размеры – Маркер центра		Нанесение маркера центра окружности (перекрестия)
Размеры – Допуск		Нанесение знака допуска отклонения и размещения поверхностей.
Размеры – Линейный с изломом		Добавить значок излома на размерную линию линейного размера
<i>Только через командную строку</i>	–	Быстрое создание выноски с настройкой параметров через диалоговое окно
Размеры – Мультивыноски	–	Создание мультивыноски, параметры которой определяются стилем
Размеры – Быстрый размер		Быстрое образмеривание выделенной совокупности объектов в автоматическом режиме

Нанесение размеров. После ввода команд проставления линейных (простых и параллельных) размеров будет предложено последовательно указать две точки, между которыми будет построен размер. Если вместо ввода первой точки нажать «Enter», будет предложено выбрать объект, расстояние от одного конца которого до другого будет измерено. Далее следует мышью указать положение размерного текста либо ввести дополнительные опции.

Ввод опции **Мтекст** открывает окно редактирования многострочного текста. Измеренное программой значение размера обозначается в виде символов «<>». Его можно удалить и заменить другим либо приписать перед ним и после него знаки диаметра, обозначение резьб, до-

бавить вторую строку (типа «4 отв.»), а также записать цифры в виде дроби и конвертировать их в допуск, как было описано выше.

Опция **Текст** позволяет также редактировать текст, однако он будет однострочным. Функции дроби и допусков, а также возможность добавить вторую строку в этом случае будут недоступны.

Опция **Угол** позволяет ввести угол поворота размерного текста относительно размерной линии; опции **Горизонтальный** и **Вертикальный** включают принудительное указание горизонтальной или вертикальной размерных линий соответственно (до этого вид линии определялся положением курсора мыши); опция **Повернутый** позволяет задать произвольный угол поворота размерной линии. Опции **Горизонтальный**, **Вертикальный** и **Повернутый** недоступны для параллельного размера.

При простановке длины дуги команда попросит предварительно выбрать объект (подойдут лишь дуги или дуговые сегменты полилиний). Затем мышью необходимо указать положение размерного текста или активировать опции команды. Опции **Мтекст**, **Текст** и **Угол** работают так же, как и у линейных размеров, опция **Выноска** добавляет линию, направленную по радиусу дуги и соединяющую дугу с размерным текстом; данный режим отменяется опцией **Без выноски**. Выноски в таком виде в ЕСКД не применяются, потому опция бесполезна. Опция **Частичный** позволяет отдельно указать точки начала и конца образмериваемой части дуги, а не использовать всю дугу или всю дуговую часть полилинии.

Ординатный размер служит для указания координатных отметок. Применяется преимущественно на строительных чертежах и планах. После ввода отметки предлагается указать точку, из которой проводится выноска с указанием  $X$  или  $Y$ -координаты этой точки. Следует отметить, что команда указывает абсолютные координаты, так что перед проставлением размеров целесообразно задать пользовательскую систему координат, совместив ее начало с некой точкой объекта (см. практическое занятие № 3). Опции **Xзначение** и **Yзначение** аналогичны ключам **Вертикальный** и **Горизонтальный** команды проставления линейного размера.

После ввода команд простановки радиуса или диаметра предлагается указать окружность или дугу, затем при необходимости ввести опции, значение которых аналогично вышеописанным командам, и указать положение размерного текста. В отличие от простого ра-

диуса, радиус с изломом попросит указать новое положение центра (для дуг очень большого радиуса это полезно, т. е. можно указать новый центр в непосредственной близости от дуги). После этого отдельно указываются положения размерной линии, идущей по настоящему радиусу, и излома, соединяющего размерную линию с линией, параллельной ей, идущей из нового центра.

При простановке размера угла предлагается выбрать линии (можно выбирать катеты угла или дугу, а можно нажать «Enter», ничего не выбирая; в этом случае угол задается указанием положений точки вершины и двух точек на его сторонах). Затем при необходимости ввести опции и указать положение размерного текста. Опция **Мтекст** переименована в **Многострочный** (смысл и работа остались прежними); опция **Квадрант** позволяет щелчком мыши выбрать координатную четверть, в которой будет находиться измеряемый угол, независимо от положения размерного текста (без указания квадранта измеряется угол, биссектриса которого ближе всего к положению размерного текста).

При простановке размерных цепей в качестве первой выносной линии нового размера будет предложено использовать первую (для базовой) или вторую (для последовательной) размерную линию размера, который был введен последним. Если такого нет либо автоматический выбор размера в качестве предыдущего не устраивает, можно воспользоваться опцией **Выбрать** и выбрать новую выносную линию. Строительство размерной цепи будет начато от нее. Опция **Отменить** стирает последний введенный размер размерной цепи.

Указание отклонений формы и положения. Команда простановки допуска открывает диалоговое окно (рис. 6.2), позволяющее формировать символы допусков формы и расположения поверхностей, а также указания баз. Внося необходимые данные в белые поля и выбирая символы в черных полях, можно сформировать и вставить в чертеж условный знак обозначения отклонений. Допускаются знаки, состоящие из двух строк, имеющие в каждой строке до двух значений отклонения и до трех наименований баз. Поля «Высота» и «Выступающее поле допуска» в ЕСКД не используются. Строка в самом низу позволяет сформировать отдельный символ базы.

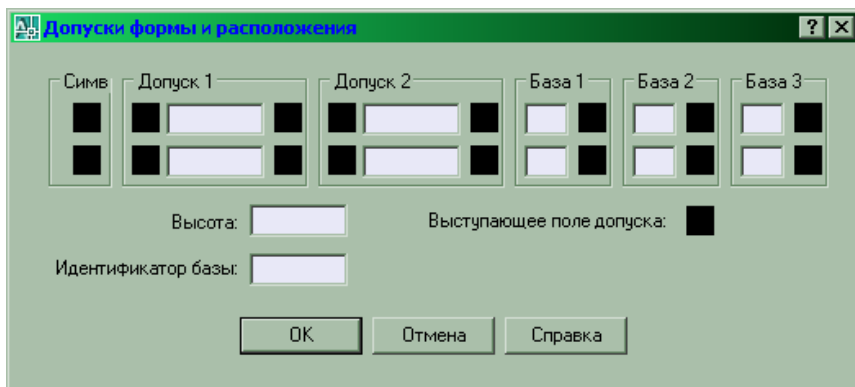


Рис. 6.2. Диалоговое окно настройки допусков отклонения поверхности

Создание выносок. Выноска представляет собой линию, начинающуюся на объекте, к концу которой присоединяется текст или специальный символ. Выноски позволяют указывать позиции на чертеже, проставлять допуски, базы и прочие сведения.

В связи с большим разнообразием форм и функций выносок при их создании требуется настраивать множество параметров.

Команда **Выноска** дает возможность создать выноску вручную через опции командной строки. Несмотря на достаточно широкие возможности, этот способ трудоемок и в данном пособии не рассматривается. Рекомендуется изучить его самостоятельно.

Команда **Бывыноска** (быстрая выноска через меню недоступна) позволяет сделать все это несколько иным способом. После запуска команды можно ввести единственную опцию **Параметры**, и откроется диалоговое окно (рис. 6.3), в котором собраны все настройки быстрых выносок.

Первая вкладка диалогового окна позволяет указать, что будет располагаться в конце выноски: многострочный текст, объект (нужно выбрать на чертеже), блок, знак допуска формы или ничего. Для текста можно задать обведение его рамкой, выравнивание по левому краю независимо от положения стрелки выноски, запрос на максимальную длину текстовой строки перед ее вводом, а также возможность использовать единожды введенный текст для каждой последующей выноски (переключатели в нижней правой части окна). Также для текста становится доступной третья вкладка, где можно указать

способ выравнивания текста относительно полки. Наиболее соответствует ЕСКД установка флажка в нижней части окна, задающее выравнивание полки выноски ниже текста с продлением полки под всей длиной текстовой строки.

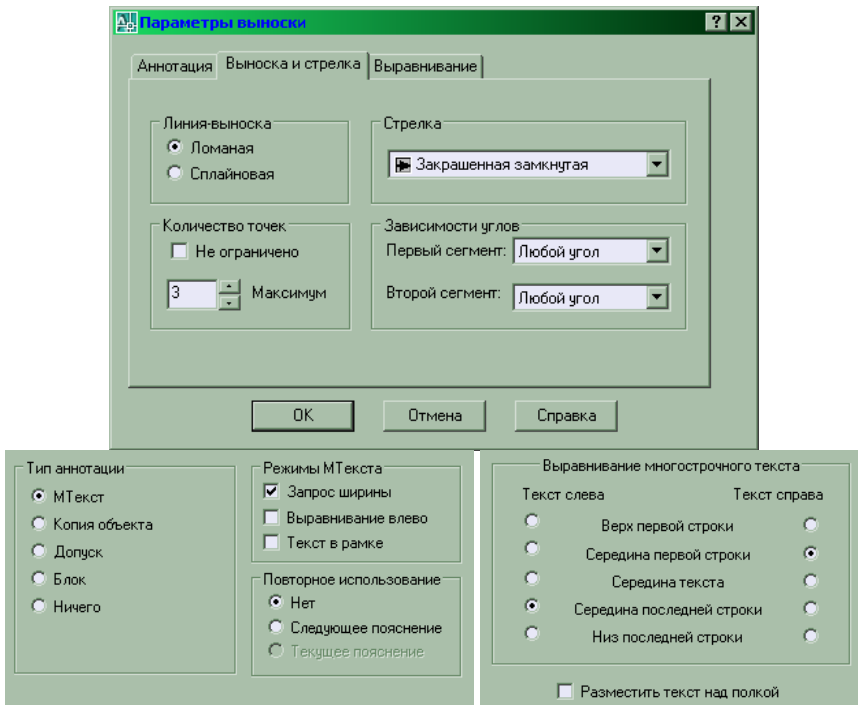


Рис. 6.3. Диалоговое окно настройки быстрой выноски, вкладка «Выноска и стрелка» (сверху); содержимое вкладок «Аннотация» и «Выравнивание» (снизу)

Вторая вкладка посвящена настройке выносной линии. Здесь можно задать использование ломаной линии или сплайна, ограничить число сегментов ломаной линии (или не ограничивать), указать: могут ли первый и второй сегменты располагаться под углом (обычно второй должен быть строго горизонтальным), а также указать форму стрелки в начале выноски (без стрелки, строительная косая черта, точка для указания позиций на сборочном чертеже, треугольник базы и т. д.).

После закрытия диалогового окна следует указать точки и, при необходимости, ввести текст. Настройки, сделанные в диалоговом окне, сохраняются и для следующих быстрых выносок.

При создании быстрых выносок способ соединения значка допуска формы и отклонения поверхностей с линиями выноски не соответствует ЕСКД и не настраивается, но это можно впоследствии исправить командой перемещения.

***Быстрое образмеривание.*** Быстрое образмеривание можно считать мастером автоматического образмеривания нарисованных объектов. После ввода команды предлагается выделить объекты (всю деталь, к примеру), после чего будут автоматически сгенерированы размеры всех объектов. Ненужные или неправильные размеры следует удалить.

С помощью опций можно более тонко настроить работу команды, но в данном пособии это не рассматривается.

В связи с непредсказуемостью поведения команды рекомендуется не злоупотреблять ей, а проставлять размеры на чертеже индивидуально, соблюдая принципы технологичности. Впрочем, для простейших деталей вроде прямоугольной пластины с одним-двумя отверстиями быстрое образмеривание может дать вполне хороший результат.

## 6.2 *Редактирование размеров*

Программа AutoCAD обладает некоторыми инструментами для редактирования построенных размеров.

Если размер перестал быть ассоциативным (это можно увидеть в дереве свойств), попытка привязки конца размерной линии к объекту не сделает его ассоциативным вновь. Этого можно добиться через меню **Размеры – Прикрепить размер**. Один из концов размерной линии будет выделен крестом. Щелчок на какой-либо точке объекта привяжет конец размерной линии к этой точке, а крестом станет выделен конец другой линии. После привязки его команда завершится, размер станет ассоциативным и займет свое место.


Для редактирования размера следует воспользоваться кнопкой панели инструментов «Размеры». Команда предложит выбрать тип редактирования: **Вернуть** – вернуть текст размера в место, где бы программа предложила его разместить по умолчанию, а также сделать его горизонтальным; **Новый** – открывает окно редактиро-




вания многострочного текста и предлагает изменить текст размера; **Повернуть** – предлагает ввести угол и повернуть на него размерный текст; **Наклонить** – наклоняет выносные линии, если размещение размера затруднено, при этом размерная линия остается параллельна измеряемому объекту (в ЕСКД это не разрешается).

После выбора опции следует указать размер (один или несколько), к которым данное редактирование применить.

Редактирование текста размера доступно также через команды редактирования одно- и многострочного текста, для наклона выносных линий можно воспользоваться меню Размеры – Наклонить.


Можно изменить расположение размерного текста относительно размерной линии. Для этого существует меню Размеры – Размерный текст – .... Пункты «Начало» и «Угол» дублируют опции **Вернуть** и **Повернуть** команды общего редактирования размеров. Оставшиеся пункты позволяют разместить размерный текст в центре размерной линии или прижать его к левой либо правой выносной линиям. Данное меню дублируется кнопкой  панели инструментов «Размеры» с указанием соответствующих опций. Запуск команды через кнопку дополнительно позволяет указать новое положение размерного текста мышью. Этого же эффекта можно добиться, выделив размер и перемещая его размерный текст при помощи маркера.

Некоторые инструменты редактирования размеров доступны через контекстное меню. Можно изменять положение размерного текста, в том числе отодвигать его от размерной линии просто так или соединяя его с размерной линией выноской; изменять стиль текста и отдельно точность отображения размера (в частности, отбросить ненужные цифры после запятой); переворачивать стрелки размерной линии (пункт Перевернуть стрелку контекстного меню). Поскольку стрелок обычно две, переворачивается та, которая окажется ближе к точке щелчка мышью при выделении размера.


В случае расположения множества размерных линий одна над другой может возникнуть желание расположить их на равных расстояниях друг от друга. Этого можно достичь через меню Размеры – Смещение размеров или кнопкой  панели инструментов «Размеры». Сначала выбирается исходный размер, который останется неподвижным. Затем выбираются размеры, которые программа сможет смещать в одну или другую сторону, добиваясь равных интервалов. Наконец, следует указать значение необходимого интервала



или выбрать опцию **Авто**, которая примет интервал, равным двойной высоте текста самого первого размера.


При образмеривании следует избегать пересечения выносных и размерных линий другими объектами. Если этого избежать не удастся, линии размера можно разорвать. Для этого следует воспользоваться меню Размеры – Разрыв размера или кнопкой  панели инструментов «Размеры». Следует выбрать размер, который будет разорван (опция **Несколько** позволяет выбрать сразу несколько размеров). Затем выбрать одну из следующих опций: **Авто** – разрывает размер во всех местах, где его пересекает другой размер; **Вручную** – следует вручную указать точки начала и конца разрыва; **Восстановить** – уничтожить разрыв, восстановив целостность линий.

Разрыв, созданный через опцию **Авто** (в случае нескольких размеров она меняет название на **Разорвать**), ассоциативен, перемещение пересекающего объекта приводит и к его перемещению. Разрыв, созданный вручную, не ассоциативен. Добавление новых пересекающих объектов не приводит к созданию новых разрывов – в этом случае команду создания разрыва приходится повторять.

Существует команда (меню Размеры – Линейный с изломом или кнопка  панели инструментов «Размеры»), позволяющая добавить излом (значок в форме зигзага) к любому линейному размеру. Следует выбрать размер и указать положение значка. В ЕСКД данная функция не применяется.

Также множество свойств размеров можно найти в дереве свойства объектов, открыв соответствующее окно и выделив один или несколько размеров.

### 6.3 Стиль размера

Под *размерным стилем* понимается совокупность множества параметров, характеризующих вид проставленного размера. Поэтому перед началом образмеривания чертежа следует настроить размерные стили. Это осуществляется через диалоговое окно размерных стилей (рис. 6.4), для вызова которых следует нажать кнопку  на панели инструментов «Размеры» или «Стили» или воспользоваться меню Формат – Размерные стили. Структура окна такая же, как и у окна «Стили таблиц» (см. рис. 5.7), но под областью образца

отображается текстовая область, в которой приводится перечень параметров, отличающих данный стиль от стиля, взятого за его основу. Также в окне имеются кнопки для создания *переопределений* стилей и для сравнения двух стилей друг с другом (появится диалоговое окно, где можно будет выбрать два стиля и будут перечислены их различия).

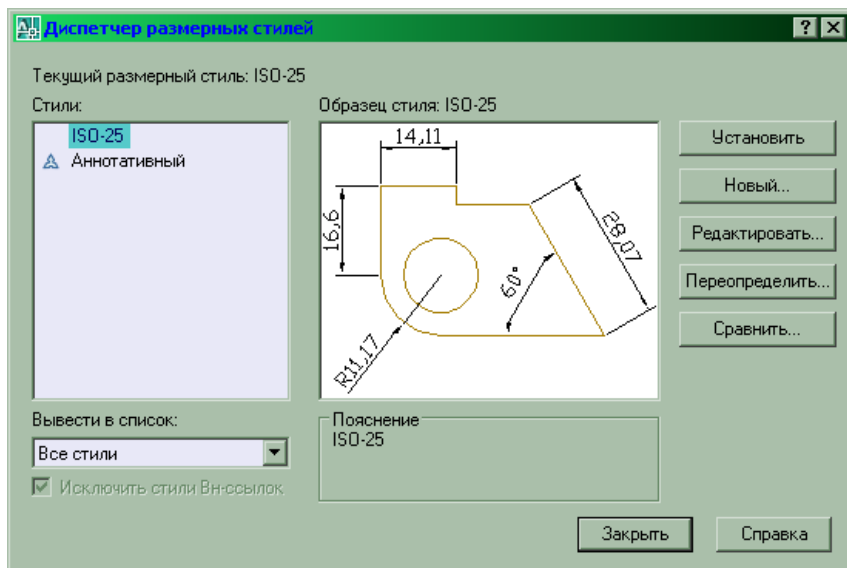


Рис. 6.4. Диалоговое окно диспетчера размерных стилей

При настройке можно как изменить существующие стили, так и создавать новые. Стили размеров в AutoCAD бывают трех видов: *общие*, *частные* и *переопределения*.

*Общий* стиль применяется ко всем размерам без исключения: линейным, радиусам, диаметрам, координатам, отклонениям, базам и т. д. При создании нового стиля указывается, к каким размерам его применять. Если указать, что ко всем («Все размеры»), будет создан общий стиль с новым именем; если указать, что к каким-то отдельным (например, к радиусу), будет создан *частный* стиль существующего общего. Общий в таком случае перестанет применяться

к размерам, для которых определен частный. У одного общего стиля может быть столько частных, сколько разных видов размеров предусмотрено в программе.

Над любым общим стилем можно сделать *переопределение*, указав в нем параметры, отличные от описанных в общем стиле. При образмеривании будут использоваться параметры переопределения, пока оно не будет заменено новым, удалено или не будет выбран другой общий стиль. Переопределения позволяют вносить изменения в стиль, не сохраняя их и не создавая новые стили. По сути, переопределения – временные корректировки стиля, если для следующего проставляемого размера данный стиль не подходит. Альтернатива переопределениям – редактирование уже проставленных размеров через дерево свойств.

Переключаться между стилями можно посредством выпадающего списка на панели инструментов «Стили» (см. рис. 5.3, второй слева список). В список вносятся только общие стили и переопределения. Также в диалоговом окне диспетчера стилей можно выбрать один стиль и сделать его текущим, т. е. переключиться на него.

После создания нового стиля (общего, частного либо переопределения) открывается диалоговое окно редактирования стиля (рис. 6.5). Окно состоит из семи вкладок, все они (кроме первой) отдельно показаны на рис. 6.6.

Первая вкладка «Линии» посвящена выносным и размерным линиям. Здесь настраивается цвет, толщина и тип выносных и размерных линий, интервал между параллельными размерными линиями, выступ концов выносных линий за размерную, отступление концов выносных линий от контуров объекта (в ЕСКД не используется, т. е. **равно 0**), возможность не отрисовывать одну или обе выносные линии или концы размерных линий, а также возможность задать фиксированную длину выносных линий.

Вторая «Символы и стрелки» позволяет настроить размер и вид стрелок размерной линии и выноски, маркера центра окружности, размер разрыва, который можно добавить при пересечении линий объектами (см. выше), положение значка дуги для дуговых размеров, угол излома для радиуса с изломом и высоту значка зигзага для добавления излома к линейному размеру.

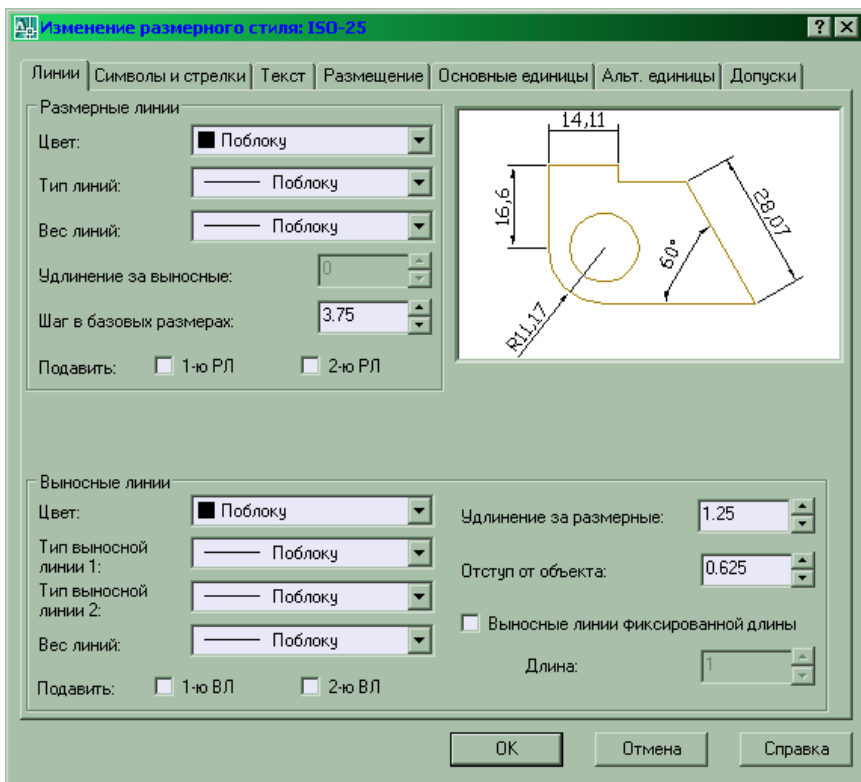


Рис. 6.5. Диалоговое окно редактирования размерного стиля, вкладка «Линии»

Вкладка «Текст» служит для настройки текста и позволяет выбрать стиль используемого текста (здесь можно его отредактировать кнопкой «...»), его цвет, высоту символов, положение относительно размерной линии, интервал между размерной линией и текстом, а также возможность писать размерный текст вертикально, горизонтально и под углом. Чтобы размеры соответствовали ЕСКД, следует выбрать ориентацию текста «Согласно ISO».

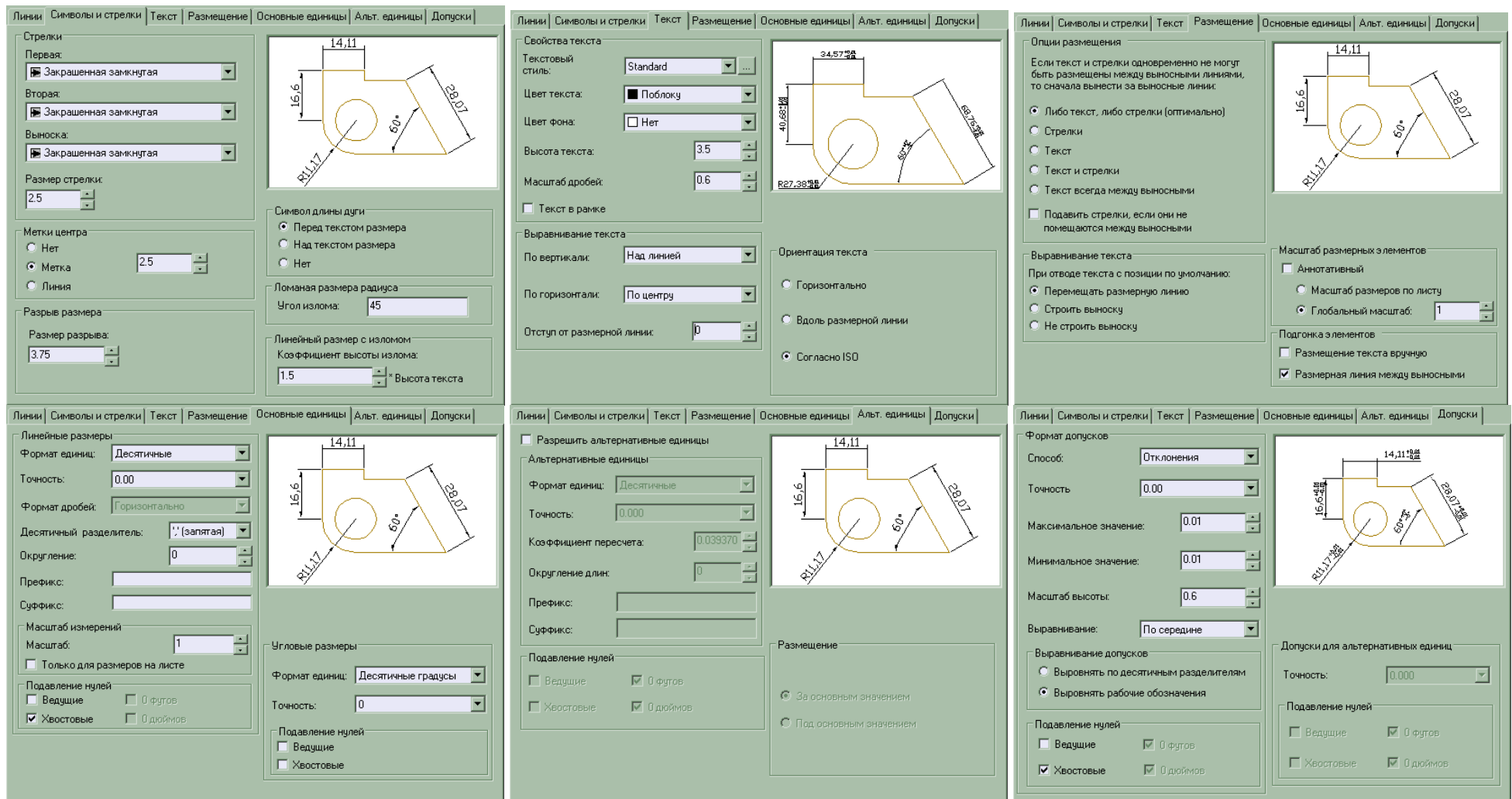


Рис. 6.6. Вкладки (кроме первой «Линии») диалогового окна «Изменение размерного стиля»


Вкладка «Размещение» посвящена размещению текста. Можно настроить поведение программы в случае, если две стрелки и текст размера не помещаются между выносными линиями. Дать возможность в этом случае не рисовать стрелки, разрешить или запретить рисовать текст не над размерной линией, а чуть в стороне и т. д. Также здесь можно задать общий масштаб размеров (определяет высоту текста, размер стрелок, отступы и т. д.) или задать для него свойство *аннотативности* (см. ниже).

Вкладка «Основные единицы» посвящена единицам измерения. Здесь можно задать отображение размеров в виде десятичных дробей, обыкновенных дробей, дюймов, указать точность, разрешить или запретить округление, указать разделитель десятичных знаков (точка или запятая), задать текст, который будет писаться перед (например, обозначение метрической резьбы) или после (например, обозначение поля допуска), масштаб изображения (**все измеренные размеры будут умножаться на этот масштаб**), а также задать способ отображения углов.

Вкладка «Альтернативные единицы» позволяет настроить отображение размера в дополнительных единицах. Если ее включить, после основного размера (например, в мм) в скобках будет указываться дополнительный размер (напр. в дюймах). Структура вкладки такая же, как и у «Основных единиц», но нет настройки углов и есть способ размещения альтернативных единиц относительно основных. В ЕСКД использование альтернативных единиц не предусмотрено.

Седьмая вкладка «Допуски» позволяет задать обозначение допуска на точность размера. Можно выбрать форму отображения допуска, точность, масштаб малых цифр и их положение.


Каждый параметр, настраиваемый на вкладках окна размерного стиля, обозначается своей системной переменной. Их названия и графические примеры, иллюстрирующие значения, можно найти в справочной системе AutoCAD.

Создание переопределения стиля не приводит к автоматическому обновлению размеров, выполненных данным стилем. Это нужно сделать вручную, воспользовавшись меню Размеры – Обновить размер или кнопкой  панели инструментов «Размер». После выделения уже построенных размеров на чертеже параметры переопределения будут применены к данному размеру.

Можно создать переопределение отдельно любого из параметров размерного стиля. Это делается через меню Размеры – Переопределить. Далее следует ввести имя системной переменной, отвечающей за необходимый параметр, указать ее новое значение, при необходимости повторить, а в конце указать размер, к которому применить переопределения. Так как за настройку стилей размеров отвечает около 30 системных переменных, имена которых следует знать наизусть, данная функция практически бесполезна для начинающих пользователей. Проще изменить нужный параметр через дерево свойств.

## 6.4 Мультивыноски

*Мультивыноска* является третьим, более мощным способом создания выносок. Особенностью мультивыноски является то, что она строится на основании *стиля мультивыноски*.

Для ее построения следует воспользоваться меню Размеры – Мультивыноска или кнопкой  панели инструментов «Мультивыноска» (рис. 6.7).

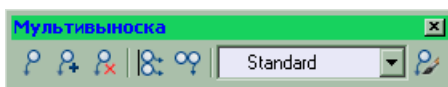


Рис. 6.7. Панель инструментов редактирования мультивыноски

Построение мультивыноски осуществляется в трех режимах, характеризующих последовательность построения. Режимы можно менять при помощи опций (доступно всегда две опции из трех, так как третий режим уже активен): **Вначале стрелка выноски** (последовательность построения: стрелка, полка, текст), **Вначале полка выноски** (последовательность построения: полка, стрелка, текст), **Вначале содержимое** (последовательность построения: текст, полка, стрелка). Выбранный режим сохраняется по умолчанию, пока его снова не поменяют.



Опция **Параметры** позволяет настраивать некоторые параметры мультивыноски, часть этих же параметров можно задать через стиль мультивыноски; параметры, корректируемые через опции, имеют более высокий приоритет. **Тип мультивыноски** (возможные значения: **Прямая**, **Слайн**, **Нет**) позволяют настроить вид линии


мультивыноски или строить ее без линии вообще (текст будет просто привязан к точке на чертеже). **Полка выноски (Да, Нет)** – принудительное добавление горизонтальной полки как дополнительного сегмента. **Тип содержимого** (возможные значения: **Блок, Мтекст, Нет**) определяют тип содержимого. В случае с многострочным текстом запустится режим его ввода, в случае с блоком будет предложено ввести в командную строку его имя. Режим без содержимого позволяет потом добавить вручную (путем перемещения) знаки допуска или иные объекты. **Максимум точек** определяет число сегментов выноски (три точки равно два сегмента). **Первый угол и Второй угол** позволяют ужесточить направление первого и второго сегментов мультивыноски; обычно первый угол не указывается и может быть любым, второй равен 0 градусам, т. е. второй сегмент горизонтален. **Параметры выхода** (ошибочный перевод при русификации программы) – опция для выхода из настройки параметров и продолжения построения мультивыноски.

Перед построением мультивыноски важно выбрать стиль (см. ниже), так как построение ее базируется на параметрах, описанных в стиле, а сменить стиль через опции командной строки нельзя.

### **6.5 Редактирование мультивыносок**

Как и любой другой объект, мультивыноску можно редактировать маркерами. В частности, можно изменять длину ее полки, которая остается неизменной при перемещении мультивыноски. Также в AutoCAD предусмотрены достаточно мощные и удобные средства по редактированию мультивыносок. Они осуществляется через меню Редактировать – Объект – Мультивыноска – необходимый инструмент или через панель инструментов «Мультивыноска» (см. рис. 6.7).


Кнопка  (меню Редактировать – Объект – Мультивыноска – Добавить выноску) позволяет добавлять к уже созданной мультивыноске новые линии со стрелками, кнопка  (меню Редактировать – Объект – Мультивыноска – Удалить выноску) – удалять линии со стрелками.


Кнопка  (меню Редактировать – Объект – Мультивыноска – Выровнять) позволяет автоматически выровнять несколько мультивыносок по одной линии. После выбора всех мультивыносок следу-



ет указать одну из них в качестве базовой. Через ее полку будет проведена линия. Следует задать ее положение. Все выделенные мультивыноски будут расположены своими полками по этой линии.


Если после выбора мультивыносок ввести опцию **Параметры**, можно задать другие режимы выравнивания. **Распределить** – равномерно распределяет мультивыноски по задаваемой линии. Длина линии определяется при этом щелчками мыши. **Преобразовать сегменты выноски в параллельные** – делает линии со стрелками мультивыносок параллельными линии со стрелкой базовой выноски. К сожалению, полки с текстом при этом не выравниваются. **Задать шаг** – позволяет настроить шаг между соседними полками мультивыносок. **Использовать текущий шаг** – при выравнивании мультивыносок вдоль линии сохраняет их шаг. В результате полки перемещаются только в направлении, перпендикулярном задаваемой линии. Выбранный режим выравнивания будет сохранен по умолчанию.

Если мультивыноска включает в себя блок, а не просто текст, можно сгруппировать несколько в одну. Для этого служит кнопка  (меню Редактировать – Объект – Мультивыноска – Группировать). В результате блоки будут сведены в одно место, соединены и выстроены рядом друг с другом, линия со стрелкой же останется одна. После активации команды следует задать новое положение блоков. Можно также задать опции выравнивания: **Вертикальная / Горизонтальная** выравнивают блоки в вертикальный столбик или горизонтальную строчку, **Перенос** позволяет задать длину горизонтальной строки. Если все блоки не влезут в данную горизонтальную строку, лишние будут перенесены вниз в новую строку. Вместо длины можно ввести опцию **Количество** и указать максимальное количество блоков в строке.

Также на панели инструментов «Мультивыноска» дублируются выпадающий список стилей мультивыноски и кнопка , открывающая диалоговое окно «Диспетчер стилей мультивыносок» (см. ниже).

## 6.6 Стил мультивыноски

*Стил мультивыноски* представляет возможность определить все параметры, необходимые для ее построения, в одном месте и сохранить в совокупности, присвоив им имя.

Для изменения текущего стиля служит выпадающий список на панели инструментов «Стили» (см. рис. 5.3, четвертый слева список). Для управления стилями мультивыносок служит диалоговое окно «Диспетчер стилей мультивыносок», по структуре полностью аналогичное окну «Стили таблиц» (см. рис. 5.7). В этом окне можно создавать, редактировать и удалять стили мультивыносок, просматривать их в окне образца, а также назначать нужный стиль текущим. Для вызова диалогового окна следует нажать кнопку  на панели инструментов «Стили» или «Мультивыноска» или воспользоваться меню Формат – Стиль мультивыноски.

Редактирование параметров стиля осуществляется через диалоговое окно «Изменение стиля мультивыносок:…» (рис. 6.8).

Первая вкладка окна позволяет настроить тип выноски (опцию **Тип мультивыноски** см. выше), тип, толщину и цвет линии выноски, вид и размер стрелки, а также размер разрыва линии, если появится необходимость его добавить (см. ниже).

Вторая вкладка позволяет задать число точек и углы линий сегментов (опции **Максимум точек**, **Первый угол** и **Второй угол** см. выше), включить принудительное добавление полки (опцию **Полка выноски** см. выше) и ее размер, а также общий масштаб выноски.

Третья вкладка касается содержимого мультивыноски (опцию **Тип содержимого** см. выше). Для текста можно ввести текст по умолчанию (кнопка «...»), выбрать его стиль, угол поворота текстовой строки, цвет и высоту символов текста, задать выравнивание текста по левому краю независимо от положения линий мультивыносок, обвести текст в рамку, а также задать его положение относительно полки или последнего сегмента при положении линий отдельно слева или справа от текста (ЕСКД соответствует «Подчеркивание всего текста»). Здесь же задается отступ текста от полки.

Для блока можно выбрать один из встроенных в AutoCAD блоков для выносок либо использовать созданный ранее. Достоинство встроенных блоков в том, что в них реализована автоматическая нумерация. Также задается положение и цвет блока.

Независимо от выбранной вкладки в правой части окна находится область образца, которая обновляется в соответствии с настраиваемыми параметрами.

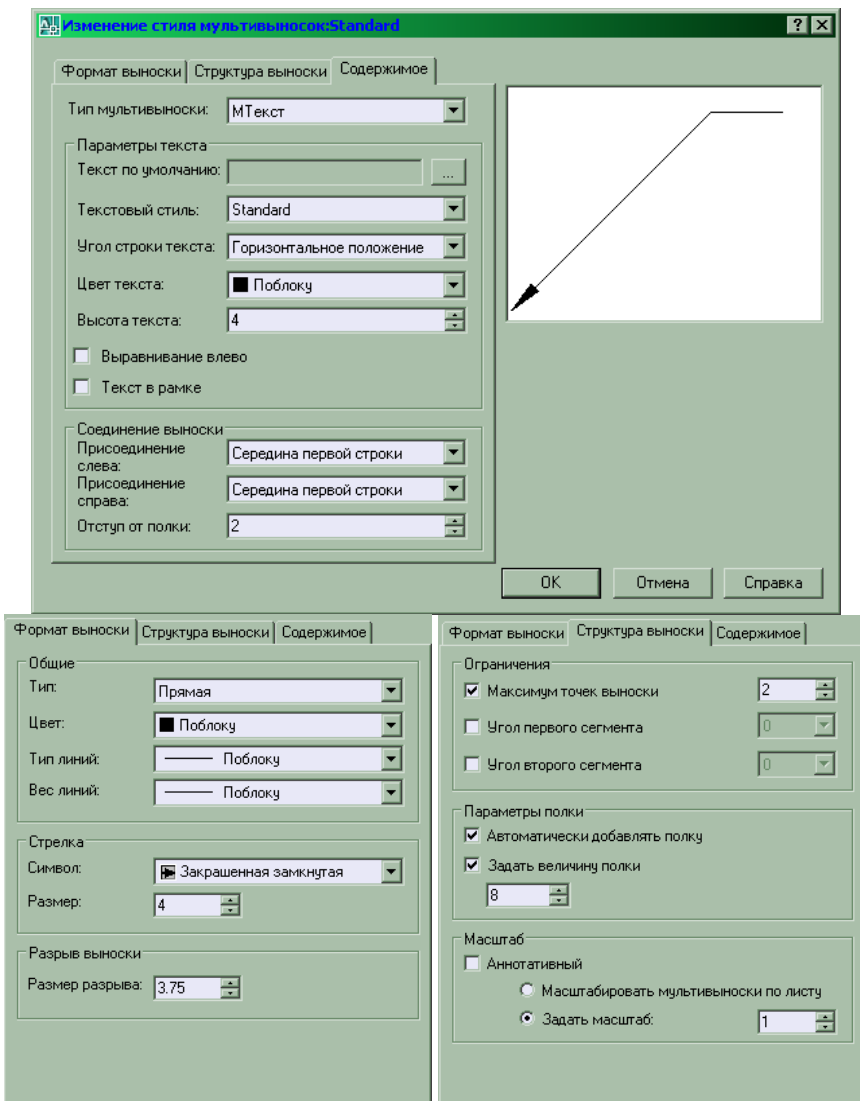


Рис. 6.8. Диалоговое окно изменения стиля мультивыноски, вкладка «Содержимое» (сверху); вкладки «Формат выноски» и «Структура выноски»

## 6.7 Автоматическое масштабирование аннотаций


При компоновке изображений на листе нередко может возникнуть ситуация, когда размер текстовых надписей, размерного текста, выносок, густоты штриховки и т. д. хотелось бы немного скорректировать для лучшей читаемости чертежа. Это можно сделать, манипулируя свойствами каждого отдельного объекта. Но если объектов много, процедура становится трудоемкой. К тому же не всегда получается подобрать оптимальный размер с первого раза.


В AutoCAD предусмотрены средства, позволяющие автоматизировать решение этой задачи. При настройке штриховки (см. рис. 4.1), создании стиля текста (см. рис. 5.4), размерного стиля (см. рис. 6.6, вкладка «Размещение»), стиля мультивыноски (см. рис. 6.8, вкладка «Структура выноски»), а также при описании блоков (см. рис. 4.10) и атрибутов (см. рис. 4.12) можно выставить флажок, включающий свойство *аннотативности*. Установка данного флажка блокирует соответствующее поле общего масштаба объекта или стиля.

Отныне масштабом всех аннотативных объектов одновременно можно управлять централизованно через *масштаб аннотаций*.

Для изменения масштаба аннотаций служит кнопка **Масштаб аннотаций: 1:1** в правой части строки состояния. При щелчке по цифровому соотношению открывается список, в котором перечислено множество всевозможных масштабов. Для каждого видового экрана (см. практическое занятие № 7) можно назначить свой текущий масштаб аннотаций. В список можно добавить свои масштабы, стереть ранее добавленные, а также изменить порядок их следования. Для этого следует выбрать пункт «Пользовательский», откроется диалоговое окно (рис. 6.9). Следует отметить, что, к примеру, «1:2» – это **имена** масштабов. Оно не обязательно должно отражать математическое соотношение размеров.

При выделении любого аннотативного объекта рядом с курсором мыши появляется символ аннотативности в виде трех синих ромбиков.

Каждый аннотативный объект содержит свой собственный список масштабов. По умолчанию при изменении масштаба аннотаций новый автоматически добавляется в списки масштабов всех аннотативных объектов на чертеже. Данный режим управляется переключателем в правой части строки состояния. В положении  авто-

добавление включено, в положении  – выключено. По сути, отключение автодобавления приводит еще и к тому, что объекты, в списке масштабов которых еще нет достаточного числа пунктов, могут перестать реагировать на изменения масштаба аннотаций.

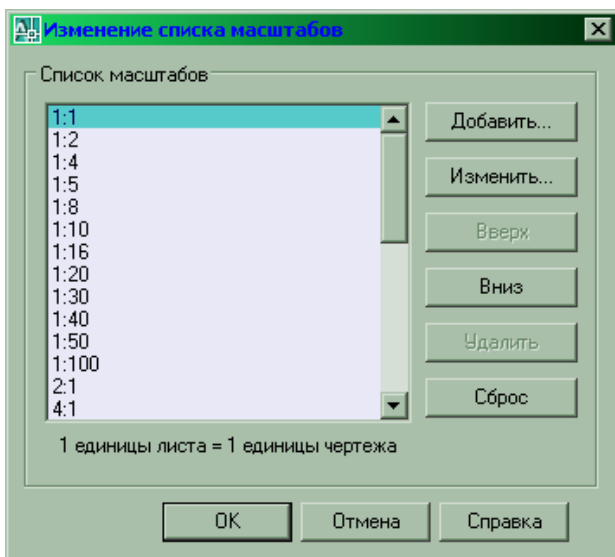


Рис. 6.9. Диалоговое окно изменения списка масштабов аннотаций

Вместе с масштабами аннотативного объекта хранятся и их положения на чертеже – отдельно для каждого масштаба. Это удобно, так как для каждого масштаба аннотаций можно настроить свое взаимное положение объектов. При смене масштаба данные положения будут загружаться и применяться автоматически.

При выделении аннотативного объекта на чертеже серым цветом выделяются его положения для других масштабов аннотаций. Перемещая объект, можно изменить его положение для текущего масштаба; положения для других масштабов можно изменить, предварительно выбрав другие масштабы в качестве текущего.

Если автодобавление масштабов в списки объектов выключено, текущий масштаб аннотаций можно добавить в списки объектов вручную. Для этого следует выделить объекты и воспользоваться

меню Редактировать – Масштаб аннотативного объекта – Добавить текущий масштаб либо аналогичными подпунктами пункта Масштаб аннотативного объекта в контекстном меню. Меню Редактировать – Масштаб аннотативного объекта – Удалить текущий масштаб и аналогичный пункт в контекстном меню позволяют удалить текущий масштаб аннотаций из списков масштабов выделенных объектов.

Меню Редактировать – Масштаб аннотативного объекта – Добавить / удалить масштабы и аналогичный пункт в контекстном меню открывают диалоговое окно (рис. 6.10), в котором перечислены все масштабы в списках выделенных объектов (переключателем снизу можно отобразить только те масштабы, которые одновременно присутствуют в списках всех выделенных объектов). Ненужные масштабы можно выделить и удалить, а также добавить в списки любой другой масштаб.

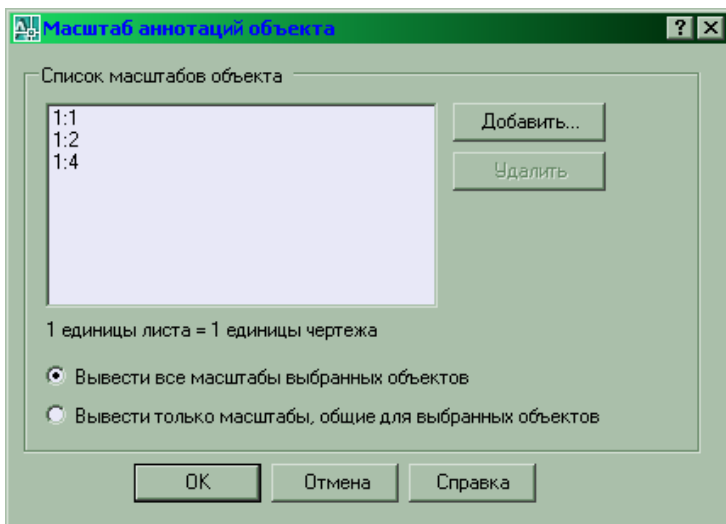








Рис. 6.10. Диалоговое окно масштабов аннотативности объекта

Меню Редактировать – Масштаб аннотативного объекта – Синхронизировать положения нескольких масштабов и аналогичный пункт в контекстном меню удаляют ранее запомненные положения объекта для других масштабов, делая их такими же, как для текущего масштаба.

Отображением тех аннотативных элементов, в списках которых не содержится текущий масштаб, управляет еще один переключатель в правой части строки состояния. В положении  объекты отображаются в том масштабе, который есть у них в списке, даже если он не соответствует текущему. В положении  такие объекты не отображаются на экране вообще. Таким образом, удаление масштабов из списков объектов позволяет гибко управлять их отображением и настраивать на чертеже разные уровни подробности аннотаций в зависимости от выбранного их масштаба.

## 6.8 Порядок прорисовки

Иногда объекты на чертеже вынуждены перекрывать друг друга. Если этого не удастся избежать, повысить удобство чтения чертежа может ручная настройка порядка прорисовки объектов. Она в первую очередь эффективна при наложении объектов AutoCAD на чужеродные объекты (изображения, таблицы Excel, растровый текст True Type и т. д.), а также в случае применения объектов разных цветов.

Для изменения порядка прорисовки служит панель инструментов «Порядок прорисовки» (рис. 6.11) или меню Сервис – Порядок прорисовки – *нужный инструмент*. Основные функции панели: расположить объект над всеми или под всеми (кнопки  и ), а также расположить объект над или под другим объектом (кнопки  и ). В первом случае команда попросит выделить объект и сразу же изменить его порядок. Во втором случае будет предложено выбрать опорные объекты те, по отношению к которым меняется порядок.

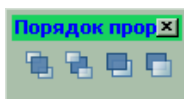


Рис. 6.11. Панель инструментов «Порядок прорисовки»

По умолчанию текст и размеры всегда находятся перед другими объектами, т. е. на переднем плане. Однако это поведение текста можно изменить системными переменными или через меню Сервис –

## Порядок прорисовки – Передний план для текста и размеров – *нужный способ*.

Не следует злоупотреблять порядком прорисовки. При выделении и изменении объекта, лежащего позади других, AutoCAD временно выводит его на передний план для редактирования, а после завершения команды – опять возвращает его порядок, после чего автоматически регенерирует весь чертеж. На сложных чертежах эта автоматическая регенерация может заметно ухудшить производительность компьютера и комфорт при работе.

### ***6.9 Быстрые измерения и свойства чертежа***

Иногда бывает необходимо быстро узнать тот или иной размер на чертеже (например, при оформлении пояснительной записки). Это можно сделать, создав линейный размер, изучив его и затем удалив. Можно воспользоваться специальными командами с панели инструментов «Сведения» (рис. 6.12) либо меню Сервис – Сведения – *нужный инструмент*. Там же располагаются функции, позволяющие получить полезные сведения о чертеже в целом. Назначение функций приведено в табл. 6.2.

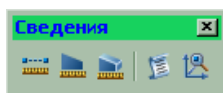






Рис. 6.12. Панель инструментов быстрых измерений

Таблица 6.2

Команда меню	Кнопка	Описание
1	2	3
Сервис – Сведения – Расстояние		Выводит в командную строку расстояние между двумя заданными точками и разность их координат
Сервис – Сведения – Площадь		Выдает периметр и площадь фигуры, ограниченной заданными точками. Опция <b>Объект</b> позволяет ввести вместо точек объекты, опции <b>Добавить</b> и <b>Вычесть</b> – включить суммирование и вычитание площади с результатом предшествующего измерения



1	2	3
Сервис – Сведения – Геометрия и масса		Определение периметра, площади, прямоугольных габаритов, координат центра тяжести и моментов инерции для плоской фигуры и объема, массы (при единичной плотности), прямоугольных габаритов, координат центра тяжести и моментов инерции для объемной фигуры. Данные выводятся в текстовое окно командной строки и предлагается сохранить их в текстовый файл. Команда работает только с областями и трехмерными телами
Сервис – Сведения – Список		Выводит в командную строку свойства выделенного объекта (координаты, тип и цвет линий, слой и т. д.)
Сервис – Сведения – Координаты		Предлагает указать мышью точку и выводит в командную строку ее координаты. Впоследствии эта точка используется как последняя введенная при рисовании
Сервис – Сведения – Время		Выводит текущую дату и время, дату и время создания файла, последнего редактирования, суммарное время работы над файлом (два таймера – абсолютный и отключаемый), а также время до последнего автосохранения. Информацию можно вывести еще раз (опция <b>Показать</b> ), а также включить, выключить и сбросить второй таймер (опции <b>ВКЛ</b> , <b>ВЫКЛ</b> , <b>Сбросить</b> )
Сервис – Сведения – Статус		Выводит в текстовое окно командной строки общее число объектов на чертеже и еще множество различной информации
Сервис – Сведения – Переменные		Присвоение системной переменной нового значения. Команда запрашивает имя переменной и вводимое значение. Опция ? показывает список всех системных переменных и их значений

## Практическое занятие № 7

### РИСОВАНИЕ АКСОНОМЕТРИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ. РАБОТА В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

#### ЗАДАНИЕ

1. Запустить программу AutoCAD. Создать новый чертеж, используя шаблон «*Лист А4.dwt*».
2. Задать изометрический стиль привязки, ограничения чертежа, сетку, объектную привязку и трассировку по собственному усмотрению. Создать четыре слоя: для невидимых линий, видимых, для осей, вспомогательных построений. Можно назначить слоям разные цвета.
3. Вычертить изометрический вид фигуры (задание № 1). Сначала вычертить в слое невидимых линий, затем поверх них нанести линии, видимые в проекции. Выполнить разрез в  $\frac{1}{4}$ .
4. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p7\_ZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZ – фамилия учащегося.
5. Создать новый чертеж.
6. Задать новое положение камеры, в частности изометрию с юго-западной стороны.
7. Построить в трехмерном пространстве фигуру (см. прил. Б, задание № 4), вычертив ее ребра координатным способом.
8. Вызвать на экран четыре видовых экрана, задав в них три ортогональных вида детали и одну изометрическую проекцию. Попробовать отредактировать изображение.
9. Создать компоновку листа. Задать на ней также четыре видовых экрана (три проекции и изометрия). Добиться наиболее гармоничного расположения видовых экранов, скрыть их границы.
10. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p8\_ZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZ – фамилия учащегося.

#### *Методические указания к выполнению пунктов задания*

1. Смотреть предыдущие занятия.
2. Воспользоваться меню Сервис – Режимы рисования (см. практическое занятие № 1), а также навыками с предыдущих занятий.

3. Воспользоваться ортогональным режимом, заданием направления и расстояния, объектной привязкой и трассировкой. Для переключения активных плоскостей нажимать клавишу «F5». Для построения проекций окружностей воспользоваться командой рисования эллипса (см. практическое занятие № 2) с опцией **Изокруг**. По желанию выделить те или иные плоскости градиентной заливкой (см. Практическое занятие № 4).

4, 5. Смотреть предыдущие занятия.

6. Воспользоваться меню Вид – 3D Вид. Также поэкспериментировать с меню Вид – Орбита, кнопками панелей инструментов «Вид», «3D навигация».

7. Воспользоваться всеми известными методами черчения, и прежде всего вводом относительных координат.

8. Воспользоваться меню Вид – Видовые экраны. В качестве варианта расположения принять либо четыре равных видовых экрана, либо один большой и три маленьких.

9. Перейти на одну из вкладок листов. Присвоить вкладке осмысленное имя. Создать на ней видовые экраны через меню Вид – Видовые экраны либо кнопками панели инструментов «Видовые экраны». Поэкспериментировать с границами окон сложной формы. Перенести границы окон в слой *VPORTS* и отключит его.

10. Смотреть предыдущие занятия.

### ***7.1 Рисование изометрических проекций.***

Нарисовать аксонометрическую проекцию в AutoCAD можно так же, как и любой другой чертеж на плоскости, используя направления проекций осей и масштабные коэффициенты. Естественно, в большинстве случаев это очень трудоемко и точность такого построения будет невелика.

Для облегчения этой задачи можно специальным образом настроить привязку. Стиль привязки следует переключить на изометрический (путем установки переключателя в диалоговом окне «Режимы рисования», см. рис. 1.5, см. практическое занятие № 1). Курсор изменит свой внешний вид, линии перекрестия отныне будут пересекаться не под прямым углом, к тому же станут цветными.

Включение изометрического стиля привязки влияет непосредственно на привязку, т. е. на расположение узлов, к которым будет

притягиваться курсор, на действие режима ортогонального черчения (ортогональные направления параллельны линиям перекрестия курсора) и на расположение точек сетки.

При построении изометрической проекции изменения линейных размеров по осям не требуются, соответственно, в изометрическом режиме привязки никаких пересчетов также не производится.

Весьма сложным в проекционном черчении при создании аксонометрических проекций является построение эллипсов, в которые проецируются окружности. В программе предусмотрена возможность упрощения данной процедуры. После ввода команды построения эллипса (см. практическое занятие № 2), если стиль привязки установлен на изометрический, становится доступной опция **Изо-круг**. Введя эту опцию, необходимо указать центр круга и его радиус. В результате будет автоматически построен эллипс, являющийся точной проекцией круга заданного радиуса на изометрическую плоскость.

По умолчанию все построения ведутся в правой изометрической плоскости (ось  $X$  направлена вправо вверх под углом  $30^\circ$ , ось  $Y$  – вертикально вверх). Для построения ортогональных линий и эллипсов, лежащих в других изометрических плоскостях, следует изменить текущую плоскость. Для этого применяется клавиша «F5». Нажатие клавиши циклически меняет текущую плоскость (правая, левая, верхняя), затем меняется вид курсора, а также поведение эллипсов и направлений ортогонального черчения.

Все остальные функции черчения и преобразования в изометрическом режиме действуют так же, как и в ортогональном.

Следует помнить, что построенное при помощи изометрической привязки изображение все еще остается плоским. Это именно изображение проекции объекта, а не сам объект, и его невозможно рассмотреть с других сторон. К тому же, AutoCAD не имеет возможности автоматически рисовать в изометрии проекции правильных многоугольников. Если аксонометрический вид предстоит образмерить, приходится после простановки всех размеров редактировать их, задавая наклон выносных линий (меню Размеры – Наклонить, см. практическое занятие № 6). Какие-то детали приходится рисовать на плоскости, затем разворачивать на  $30^\circ$  и масштабировать по одной из осей с коэффициентом (приблизительно 0,58). Все невидимые линии, необходимые при построении, придется удалить вручную обрезкой.

AutoCAD поддерживает лишь изометрическую проекцию (прямоугольные и кабинетные диметрические проекции недоступны).

Функциями рисования плоских аксонометрических проекций следует пользоваться лишь в крайнем случае. Гораздо выгоднее изначально строить *трехмерные модели объектов* в пространстве.

## **7.2 Построение изображений в трехмерном пространстве вводом координат**

Самым простым способом построения изображений трехмерных объектов являются линии в пространстве. Линии строятся так же, как и на плоскости, действуют те же команды преобразований, объектная привязка – это – так называемое *каркасное моделирование*.

Простая привязка, сетка и трассировка действуют лишь в плоскости  $XY$ . В связи с этим при построении трехмерных чертежей имеет смысл периодически изменять расположение и ориентацию системы координат (см. практическое занятие № 3).

Ввод координат при трехмерном черчении аналогичен вводу координат при плоском. Они вводятся через запятую ( $X, Y, Z$ ). Возможен ввод относительных координат (через символ @). Координату  $Z$  можно не вводить, т. к. по умолчанию будет использовано значение координаты  $Z$  последней введенной точки.

Эквивалентом полярных координат на плоскости (вида  $R < \varphi$ ) могут служить цилиндрические (вида  $R < \varphi, Z$ ) или сферические (вида  $R < \varphi < \theta$ ), где  $R$  – длина радиус-вектора точки,  $\varphi$  – угол между радиус-вектором и осью  $X$ ,  $Z$  – высота точки,  $\theta$  – угол между радиус-вектором и плоскостью  $XY$ .

## **7.3 Использование высоты и уровня объектов**

Большинство объектов (отрезки, полилинии, многоугольники, прямоугольники, дуги, окружности) имеют характеристики *высоты* и *уровня приподнятости* над плоскостью  $XY$ . По умолчанию обе эти характеристики равны 0, в результате чего объекты представляют собой плоские фигуры, лежащие в плоскости  $XY$ . Если указать для объекта характеристику высоты, не равную 0, отрезок трансформируется в плоскость, перпендикулярную плоскости  $XY$ , многоугольник или круг – в боковую поверхность призмы или цилиндра

и т. д. Характеристика уровня определяет высоту расположения нижней грани объекта над плоскостью  $XU$ . Расположение верхней грани, таким образом, определится суммой уровня и высоты.

Изменение значений высоты и уровня осуществляется командой **Уровень**. После ввода команды предлагается ввести новое значение уровня, затем новое значение высоты. Все новые элементы (кроме прямоугольника) будут строиться с использованием введенных значений. При возвращении к мировой системе координат высота и уровень автоматически сбрасываются в 0.

Прямоугольники не подчиняются команде **Уровень**, так как команда построения прямоугольника имеет свои опции **Высота** и **Уровень**.

#### ***7.4 Пространственные полилинии***

Несмотря на возможность расположить систему координат произвольным образом, большинство объектов рисуется в AutoCAD в плоскости  $XU$ . Это часто вызывает определенные неудобства.

Одним из способов рисования ломаной линии, проходящей по произвольной пространственной траектории, является *пространственная полилиния*. Рисуется через меню **Рисование – 3D полилиния**. После ввода команды рисуют ломаную, последовательно указывая точки.

В отличие от плоской полилинии, изменять толщину сегментов пространственной нельзя. Однако при ее построении можно отменить ввод последнего сегмента и соединять последнюю точку с первой одноименными опциями команды. Также пространственную полилинию можно редактировать двойным щелчком или через меню **Редактировать – Объект – Полилиния**. За исключением толщины, доступны все те же опции редактирования.

#### ***7.5 Изменение экранной проекции***

В AutoCAD реализована возможность не только создания полноценных трехмерных объектов, но и просмотра их в произвольных проекциях. Плоское черчение является лишь частным случаем трехмерного. Когда чертим плоские изображения, плоскость  $XU$  параллельна экрану, а ось  $Z$  – перпендикулярна. Вводя две координаты (прямоугольные, полярные), подразумеваем, что координата всех

точек по оси  $Z$  равна 0. Но даже если введем отличную от 0 координату  $Z$ , то не увидим разницы.

Если, начертив какое-либо изображение в плоскости, изменим расположение этой плоскости относительно экрана, наше изображение окажется деформированным. На самом деле, положение плоскости не изменяется относительно системы координат, а перемещается точка наблюдения (виртуальная камера).

В AutoCAD существует несколько способов перемещения виртуальной камеры. Основными из них являются *Именованные виды* и *3D орбита*.

Создание именованных видов. *Именованный вид* представляет собой конкретное положение виртуальной камеры относительно системы координат, а также масштаб отображения объектов этой виртуальной камерой. Можно задать свое собственное положение камеры и масштаб, затем сохранить его, присвоив имя (пользовательский именованный вид), или воспользоваться одним из стандартных положений камеры (встроенные именованные виды). Настройка именованных видов осуществляется через диалоговое окно «Диспетчер видов» (рис. 7.1).

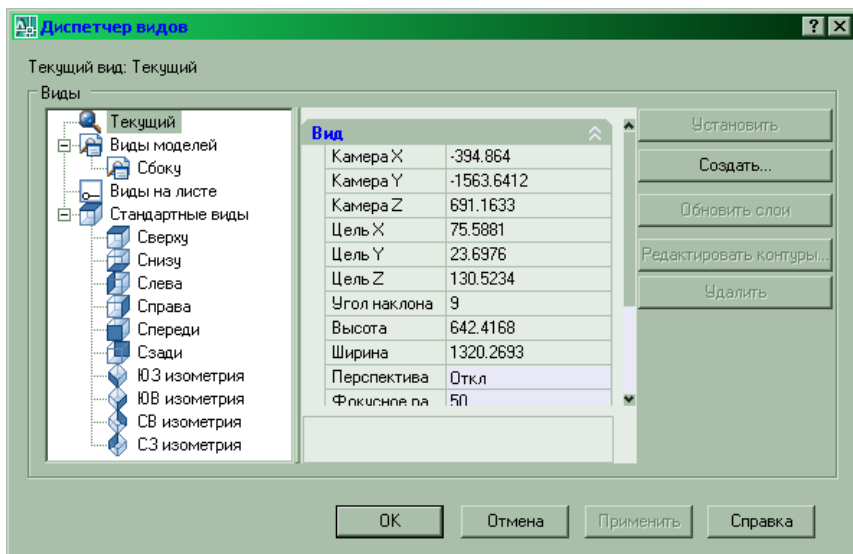



Рис. 7.1. Диалоговое окно настройки вида, вкладка именованных видов





название. Для тех же целей имеются кнопки на панели инструментов «Вид». Выпадающий список позволяет выбирать именованные виды, а кнопка  – вернуться к предыдущему виду.

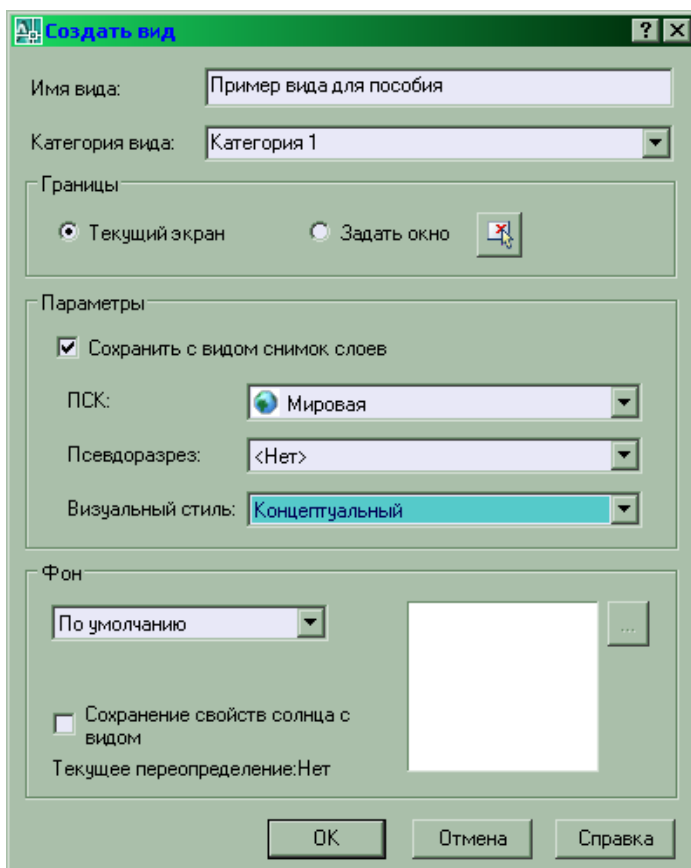



Рис. 7.3. Окно создания нового пользовательского вида

*Настройка положения виртуальной камеры.* Для изменения положения виртуальной камеры служат меню Вид – Создать камеру (или кнопка  панели инструментов «Вид») и меню Вид – 3D Виды – Точка зрения.

Команда создания камеры позволяет непосредственно задать трехмерные координаты камеры и точки, которая окажется в центре изображения. Также можно сохранить камеры под определенными именами, задать фокусные расстояния объектива камеры, переключиться на вид из создаваемой камеры и т. д. Настройка команды осуществляется опциями командной строки (при необходимости изучить самостоятельно).

Камера является объектом на чертеже. Ее можно перемещать (при этом она будет оставаться направлена на первоначальную точку-цель), поворачивать, изменять фокусное расстояние и т. д. При выделении камеры появляются маркеры для ручного ее редактирования, а также создается окно предпросмотра, позволяющее видеть объект так, как он виден из камеры. Каждая камера представляет собой вид и появляется в списке именованных видов под именем «Камера n» или пользовательским.

*Точки зрения* также позволяют настроить положение камеры. После ввода команды объект исчезнет, на экране отобразятся оси системы координат и компас в правом верхнем углу. Перемещая мышью, вызываем поворот осей координат, компас же помогает ориентироваться. На компасе положение мыши в центре соответствует виду снизу (в этом случае выбрать угол поворота крайне сложно), на внутренней окружности – строго горизонтальному виду, на внешней – виду сверху. Щелчок мышью фиксирует положение камеры, и на экране отображаются нарисованные объекты.

Также можно воспользоваться меню Вид – 3D Виды – Стандартные точки зрения. Открывшееся диалоговое окно (рис. 7.4) представляет более удобный способ ввода углов, задающих положение камеры. В верхней части окна переключатель позволяет выбрать, относительно какой системы координат указываются углы (мировой или пользовательской). Ниже расположены круги с секторами: левый задает угол в горизонтальной плоскости, а правый – в вертикальной. Щелчок мышью по одному из секторов указывает фиксированный угол, который написан в данном секторе. Щелчок во внутреннем круге вводит произвольный угол. Точное значение угла можно ввести в поля ниже кругов. Кнопка «Вид в плане» позволяет вернуться к виду сверху (см. ниже).

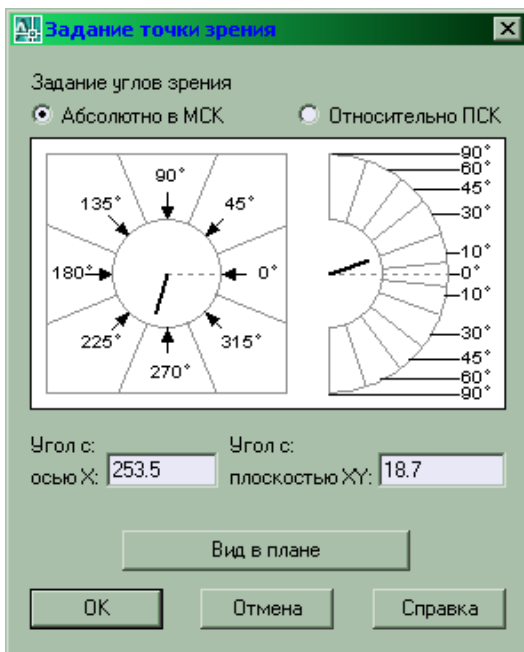


Рис. 7.4. Диалоговое окно настройки углов виртуальной камеры

*Возврат к виду сверху.* Манипуляции с камерой могут быть полезны в случае рисования трехмерного объекта, однако если ведутся построения в плоскости  $XY$ , может возникнуть необходимость быстро вернуть камеру в начальное положение, в котором плоскости  $XY$  и экрана совпадают («вид в плане», вид сверху). Этого можно добиться командами управления камерой, но существует и более быстрый способ. Меню Вид – 3D Виды – Вид в плане – *нужная СК* позволяет быстро вернуться к виду сверху. Подпункты меню указывают, относительно какой системы координат следует отобразить вид сверху: текущей ПСК, МСК или именованной ПСК. Последний предложит ввести в командную строку имя необходимой пользовательской системы координат.

### ***7.6 Изменение экранной проекции в реальном времени***

При построении трехмерных объектов для его осмотра с другой стороны бывает необходимо часто менять экранную проекцию.

Но использовать диалоговые окна, компас и камеры каждый раз неудобно. Быстрое изменение экранной проекции реализуется посредством инструментов *трехмерной навигации*. Следует отметить, что при трехмерной навигации объект на экране поворачивается и обсчитывается в реальном времени, и на очень сложных трехмерных объектах на компьютерах со слабым процессором и графической подсистемой подобные преобразования могут осуществляться медленно и рывками.

Панель инструментов «3D навигация» представлена на рис. 7.5.

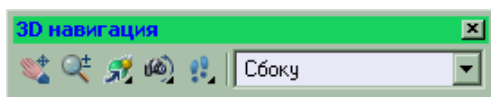













Рис. 7.5. Панель инструментов «3D навигация»

Кнопки  и  запускают команды трехмерного панорамирования и масштабирования в реальном времени. Они выглядят так же, как панорамирование и масштабирование при плоском черчении (см. практическое занятие № 1), однако команды, запускаемые при этом, разные. Различие заключается в том, что трехмерное масштабирование и панорамирование переводят экран в трехмерный вид (стрелки осей координат становятся объемными и цветными), а также тем, что в контекстном меню правой кнопки мыши появляется гораздо больший набор функций управления отображением. Можно переключить проекцию с прямоугольной на перспективную и наоборот, можно осуществлять масштабирование и панорамирование в пространстве, можно включить и выключить иконку системы координат и вызвать дополнительный трехмерный компас. Там же имеется пункт «Другие режимы навигации», подпункты которого можно активировать из-под обеих команд нажатием на клавиатуре цифровых клавиш.

Для вращения объекта в реальном времени используются меню Вид – Орбита или кнопки ,  и  (две из трех скрыты в раскрывающемся списке). Эти же три кнопки имеются на отдельной панели инструментов «Орбита».



*Ограниченная орбита* (кнопка ) позволяет вращать объект только вокруг горизонтальной и вертикальной осей. Вращение осу-

ществляется мышью при зажатой левой кнопке. *Свободная орбита* (кнопка ) отображает на экране подсказку в виде окружности с четырьмя узлами. Перемещение курсора мыши при зажатии левой клавиши внутри окружности-подсказки позволяет вращать объект одновременно вокруг всех трех осей, внутри левого и правого узлов – только вокруг вертикальной оси, внутри верхнего и нижнего – только вокруг горизонтальной оси, вне большой окружности – вокруг оси, перпендикулярной экрану. *Непрерывная орбита* (кнопка ) не показывает подсказки-круга, однако если захватить любую из точек и переместить ее, а затем отпустить в момент перемещения мыши, такое перемещение будет воспринято как толчок, и объект продолжит вращаться в трехмерном пространстве по инерции в заданном направлении. Скорость вращения пропорциональна скорости мыши во время толчка. Это помогает лучше визуализировать трехмерный объект. Для прекращения вращения нужно щелкнуть мышью в любой точке (нажать и отпустить левую кнопку) не перемещая при этом курсора либо нажать клавишу «ESC».

Кнопка  (объединена с двумя последующими в выпадающий список) включает режим *трехмерного обхода объекта*. В этом режиме клавишами управления курсором или «W»«A»«S»«D» (как в трехмерных играх) можно перемещать точку зрения по плоскости XY вокруг объекта, а мышью (зажав левую кнопку) – изменять направление зрения. Появляющаяся на экране палитра локатора показывает нахождение точки зрения относительно объекта. Кнопка  включает режим *трехмерного облета объекта*. Он отличается от обхода тем, что в данном случае точка зрения может как бы пролететь через объект, при этом меняется действие клавиш «W»«S». Клавиша «F» служит для переключения между режимами облета и обхода. Кнопка  служит для настройки параметров облета и обхода. Появится диалоговое окно, где можно настроить, при каких условиях показывается окно-подсказка, включить или выключить отображение палитры локатора, а также настроить шаг (в единицах чертежа) и скорость облета и обхода.

Функции облета и обхода также доступны через меню Вид – Облет и обход – нужная функция. Также данные кнопки продублированы на отдельной панели инструментов «Обход и облет». При об-

лете и обходе изображение автоматически переключается в режим с перспективой.


Кнопка  (объединена последующей в выпадающий список) позволяет мышью поворачивать изображение относительно точки зрения. При этом сама точка зрения (или камера) остается неподвижной, меняется лишь цель – направление, в которое «смотрит» объектив камеры. Кнопка  изменяет расстояние от камеры до цели. Действие аналогично масштабированию реального времени. Кнопки продублированы на отдельной панели инструментов «Регулировка камеры».

Также на панели инструментов «3D навигация» имеется выпадающий список именованных видов, такой же, как на панели инструментов «Вид».

## 7.7 Видовые экраны

При создании сложных трехмерных объектов в AutoCAD может быть неудобно постоянно поворачивать объект то в одну, то в другую сторону. Можно переключать виды через выпадающий список панели инструментов «Вид» (рис. 7.2), но было бы удобнее видеть объект на экране сразу в нескольких проекциях.

В программе AutoCAD это можно сделать, создав нескольких видовых экранов. *Видовой экран* – область на дисплее, характеризующая фиксированным взаимным положением системы координат и камеры. Если на дисплее расположить несколько видовых экранов, в каждом из них можно задать свой ракурс и масштаб, таким образом отобразив столько проекций трехмерного объекта, сколько нужно.

Для управления видовыми экранами служит диалоговое окно «Видовые экраны» (рис. 7.6), для вызова которого используется кнопка  панели инструментов «Видовые экраны» или меню Вид – Видовые экраны – Новые ВЭ (отображает первую вкладку окна), или Вид – Видовые экраны – Именованные ВЭ (отображает вторую вкладку окна). Панель инструментов «Видовые экраны» показана на рис. 7.7.

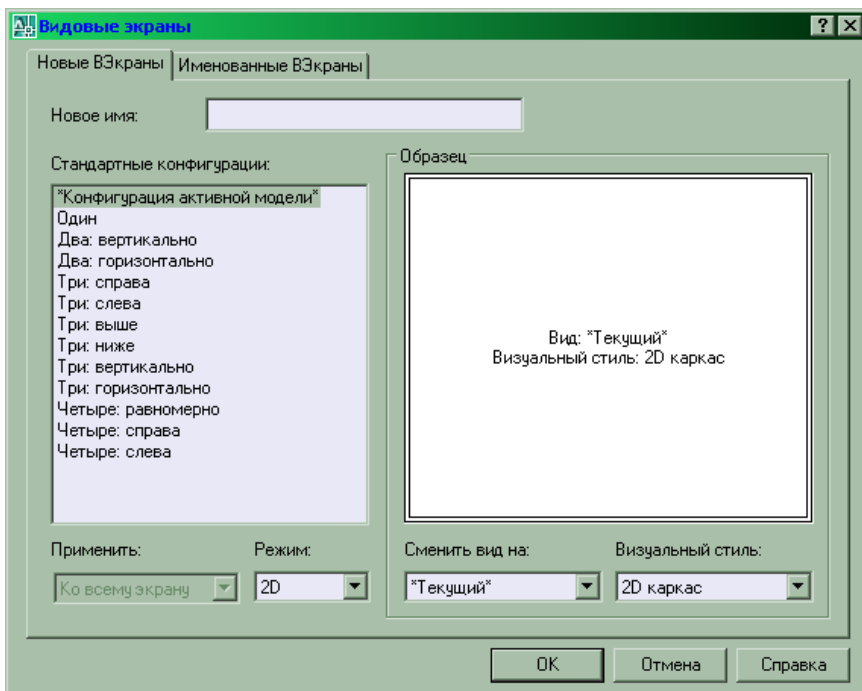


Рис. 7.6. Диалоговое окно управления видовыми экранами



Рис. 7.7. Панель инструментов управления видовыми экранами


На первой вкладке собраны настройки, позволяющие задать расположение видовых экранов на дисплее. В списке представлены варианты стандартного размещения одного, двух, трех и четырех видовых экранов. Поле в правой части показывает полученный результат.

Если на экране уже созданы несколько видовых экранов (к примеру четыре), а в окне задается другое их число или расположение (к примеру два), можно выбрать, к чему применить новое их расположение: ко всему рабочему полю (в этом случае вместо четырех экранов будет отображено два) или к текущему видовому экрану

(в этом случае один из четырех экранов (текущий) будет разбит на два). В соседнем списке можно выбрать первоначальное положение камеры экранов: в режиме двухмерного чертежа положение камеры в каждом экране не изменится, в режиме трехмерного – будет предложено создать экраны с проекциями и изометрией объекта. Затем можно выделить каждый из экранов на поле примера справа и непосредственно из списка снизу задать положение камеры в нем. Наконец, создав нужный набор видовых экранов, можно присвоить ему имя в верхней части диалогового окна, чтобы сохранить его.

На второй вкладке изображаются все поименованные и сохраненные наборы видовых экранов. Можно выбрать любой из них, автоматически загрузив, а щелкнув правой кнопкой мыши по названию – переименовать или удалить.

При черчении рабочее пространство будет разбито на соответствующее количество видовых экранов. Текущий экран выделяется жирной окантовкой. Можно чертить и редактировать изображения в любом из экранов (предварительно сделав его текущим), так как все они работают с одним и тем же объектом. Изменения, внесенные на одном видовом экране, немедленно отобразятся на всех остальных.

Вместо работы с диалоговым окном можно воспользоваться меню Вид – Видовые экраны – соответствующее количество. Также пункт 1 ВЭкран дублируется кнопкой  панели инструментов «Видовые экраны».

Команда меню Вид – Видовые экраны – Соединить позволяет объединить два видовых экрана в один (при условии, что полученный видовой экран будет прямоугольным).

## ***7.8 Пространство модели и компоновка листа***

Объект постоянно находится в так называемом *пространстве модели*. Здесь действует лишь одна система координат, теоретически пространство бесконечно (можно ограничить лимитами, см. практическое занятие № 1). В нем может находиться сразу несколько плоских или трехмерных объектов. Пространство модели изначально предполагается для проектирования.

Если, находясь в пространстве модели, задать несколько видовых экранов, они все отобразятся на дисплее, что сделает редактирование объектов более удобным. Однако в случае печати из про-



пространства модели будет распечатано лишь изображение текущего видового экрана. Печать одновременно нескольких видовых экранов в этом пространстве в AutoCAD невозможна.

Чтобы предоставить возможность распечатывать несколько видовых экранов одновременно, в программе AutoCAD предусмотрена работа с *компоновками листа*. Лист позволяет разместить на нем один или несколько видовых экранов, каждый из которых по-своему отображает пространство модели, чтобы затем его можно было распечатать. Видовые экраны могут располагаться на листе произвольно. Они не обязательно должны быть прямоугольными и не обязательно граничат друг с другом, даже могут перекрывать друг друга, хоть это и бессмысленно. Также на листе могут располагаться различные плоские объекты: отрезки, круги, размеры, текст и т. д. На печать выводится весь лист целиком.

Файл в AutoCAD всегда имеет лишь одно пространство модели, однако листов в файле может быть сколько угодно. Пространство модели и листы отображаются в виде вкладок в нижней части экрана (см. рис. 1.1). Изначально на листе создается один видовой экран, занимающий большую часть его площади.

Для выбора вкладки следует щелкнуть на ней левой кнопкой мыши. При первом вызове вкладки листа автоматически появляется диалоговое окно параметров страницы, позволяющее настроить печать листа на принтере. Если распечатка листа не предполагается, его можно закрыть. Щелчком на вкладке правой кнопкой мыши вызывается контекстное меню, при помощи которого можно переместить, копировать, переименовать, удалить вкладку или отправить ее на печать.

Находясь на листе, конструктору приходится решать две задачи: во-первых, редактировать объекты пространства модели, которые отображаются на видовых экранах листа (так как постоянно переключаться в пространство модели неудобно), и, во-вторых, редактировать положение самих видовых экранов и сопутствующих надписей на листе. Для переключения между этими режимами следует воспользоваться переключателем «МОДЕЛЬ / ЛИСТ», расположенным в строке состояния.

На листе каждый видовой экран имеет границу. Эта граница видима и при печати. Чтобы этого избежать, обычно создают специальный непечатаемый слой, в котором размещают данную границу. Включение и отключение слоя с границей видового экрана никак не

влияет на их работу, ровно как и на слои, в которых находятся объекты пространства модели. Когда переключатель включен в режим «МОДЕЛЬ», щелчком мыши можно выбрать нужный видовой экран. Выбранный экран обозначается жирной рамкой либо просто рамкой, если рамки находятся в выключенном слое.

Поведение команд, управляющих видовыми экранами, различается для пространств модели и листа. В диалоговом окне «Видовые экраны» (см. рис. 7.6) для листа появляется возможность задать величину промежутка между создаваемыми экранами (выпадающий список в нижней левой части окна меняет назначение).


### *7.9 Управление видовыми экранами в пространстве листа*


Одной из задач, с которой сталкивается конструктор после создания видовых экранов на листе, является отображение объектов в видовом экране в точно заданном масштабе. Этого можно добиться разными способами.

Во-первых, масштаб текущего видового экрана можно выбрать из выпадающего списка в панели инструментов «Видовые экраны» (см. рис. 7.7). Во-вторых, после выделения видового экрана в режиме «ЛИСТ» масштаб отображения можно изменить через дерево свойств, либо выбрав стандартный масштаб, либо введя пользовательский. И, наконец, в режиме «МОДЕЛЬ» в текущем видовом экране можно воспользоваться меню Вид – Зуммирование – Масштаб. Команда попросит ввести масштабный коэффициент, после ввода числового значения которого следует напечатать символы «X» («икс» английское, т. е. относительно исходного, а не текущего масштаба, и «П» (русское, т. е. по листу). Например, для отображения в масштабе объектов в видовом экране в масштабе 1:10 следует ввести «0.1XП».


Команда -**Вэкр**ан (с тире) позволяет в пространстве листа выполнить действия, недоступные другими способами. Опции **Откл** и **Вкл** позволяют выключать и включать отображение объектов модели видовым экраном, опция **Блокировать** с последующим вводом **Откл** и **Вкл** позволяет заблокировать масштабирование и панорамирование изображения на видовом экране (при попытке выполнить соответствующую команду будет осуществлено масштабирование или панорамирование всего листа целиком, как в режиме «ЛИСТ»).

Опция **Поширине** создает видовой экран, по размерам совпадающий с листом (с учетом полей). Если на листе до этого были другие видовые экраны, они никуда не исчезают, и один видовой экран окажется наложенным на другой.

Опция **Объект**, меню Вид – Видовые экраны – Объект, либо кнопка  панели инструментов «Видовые экраны» позволяет превратить замкнутый объект (прямоугольник, многогранник, круг, эллипс и т. д.), нарисованный в пространстве листа, в видовой экран.

Опция **Многоугольный** (меню Вид – Видовые экраны – Многоугольный ВЭ), кнопка  панели инструментов «Видовые экраны» позволяет нарисовать в пространстве листа полилинию, которая станет границей нового видового экрана.

Большинство действий, совершаемых командой **-ВЭкран**, может быть выполнена путем выделения в пространстве листа (переключатель в положении «ЛИСТ») видового экрана и щелчком внутри него правой кнопкой мыши.

Помимо создания нового видового экрана заданной формы, на листе можно обрезать существующий экран, придав ему необходимую форму. Для этого существует меню Редактировать – Подрезка – ВЭкран или кнопка  панели инструментов «Видовые экраны». После ввода команды следует указать видовой экран, который нужно обрезать, затем объект, который станет новым контуром данного видового экрана. Вместо указания существующего контура, а им должен быть любой замкнутый объект: полилиния, круг, эллипс, многоугольник, прямоугольник – можно ввести опцию **Многоугольник**, после чего построить этот контур (действие опции аналогично команде построения полилинии). Если видовой экран был обрезан по контуру, можно повторно задать для него команду обрезки, и, выделив экран, указать опцию **Удалить**. Криволинейный контур будет удален и заменен прямоугольным с такими же габаритными размерами.

## Практическое занятие № 8

### ПОВЕРХНОСТНОЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ

#### ЗАДАНИЕ

1. Запустить программу AutoCAD. Открыть выполненный на прошлом задании чертеж XXX\_YY\_p8\_ZZZZZZZ.dwg.
2. Вернуться в пространство модели. Установить конфигурацию из одного видового экрана. Задать на нем изометрическую экранную проекцию. Настроить ограничения чертежа, сетку, объектную привязку и трассировку по собственному усмотрению.
3. Создать новый слой для поверхностей. Наложить поверхности поверх каркаса построенной модели. По возможности сделать кромки в месте соприкосновения 3D граней невидимыми. Скрыть слой с каркасом. Скрыть невидимые линии. Задать визуальный стиль «Реалистичный» или «Концептуальный».
4. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p9\_ZZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZZ – фамилия учащегося.
5. Создать новый чертеж.
6. Задать экранную проекцию и прочие настройки, как в пункте 2.
7. Методами твердотельного моделирования построить в трехмерном пространстве модель детали (задание № 1). Скрыть невидимые линии. Задать визуальный стиль «Реалистичный» или «Концептуальный»
8. Вырезать четверть фигуры, создав двойной разрез. Переместив систему координат последовательно на каждую из плоскостей разреза, заштриховать их.
9. Задать в пространстве секущие плоскости, расположенные под произвольным углом. Включить для них последовательно псевдоразрезы. Произвести перемещения и повороты секущих плоскостей.
10. Сохранить чертеж под именем XXX\_YY\_p10\_ZZZZZZZ.dwg, где XXX – три цифры номера группы, YY – номер варианта задания, ZZZZZZZ – фамилия учащегося.

### *Методические указания к выполнению пунктов задания*

1. Смотреть предыдущие занятия. Чертеж – фигура из задания № 4, каркасная модель.

2. Воспользоваться навыками с предыдущих занятий. Меню Вид – Видовые экраны, Вид – 3D Виды (см. методические указания к прошлому занятию).

3. Смотреть предыдущие занятия. Воспользоваться меню Рисование – Моделирование – Сети, а также меню Вид – Скрыть и Вид – Визуальные стили. Для создания прямоугольных поверхностей воспользоваться меню Рисование – Моделирование – Сети – Сеть соединения.

4, 5. Смотреть предыдущие занятия.

6. Смотреть пункт 2.

7. Воспользоваться меню Рисование – Моделирование, Редактировать – 3D Операции, Редактировать – Редактирование тела либо панелями инструментов «Моделирование», «Редактирование тела». Смотреть пункт 3.

8. Воспользоваться меню Редактировать – 3D Операции – Разрез, после выполнения двух разрезов удалить одну четверть, оставшиеся три соединить при помощи меню Редактировать – Редактирование тела – Объединение. Смотреть предыдущие занятия.

9. Воспользоваться меню Рисование – Моделирование – Секущая плоскость. Выделив секущую линию, воспользоваться контекстным меню.

10. Смотреть предыдущие занятия.

Исторически самым первым методом построения объектов в трехмерном пространстве было каркасное моделирование (рисование линиями путем ввода трехмерных координат, а также 3D-полилиниями). Данный метод был рассмотрен на практическом занятии № 7. Он имеет ряд недостатков. Во-первых, каркасная модель как бы прозрачна, а сделать ее непрозрачной, скрыв невидимые в данный момент линии, невозможно из-за недостатка данных. Прозрачность может привести к неоднозначности восприятия модели. Во-вторых, расчет площадей поверхностей и объемов для таких моделей невозможен.

Эволюция программного обеспечения привела к появлению метода моделирования *поверхностями*, а затем и *твердотельного* моделирования. В современных версиях программы AutoCAD имеется возможность использовать все три метода.

## **8.1 Динамическая пользовательская система координат**

Многие команды: построение окружностей, преобразования, штриховка, нанесение надписей – выполняются в плоскости  $XU$ . Также элементарные поверхности и тела (см. ниже) строятся относительно плоскости  $XU$ . Выполнение этих команд при трехмерном моделировании на определенной грани уже построенного объекта требует, чтобы плоскость  $XU$  была сопоставлена с данной гранью. Приходится постоянно создавать новые пользовательские системы координат (см. практическое занятие № 3). Это отнимает много времени.

*Динамическая ПСК* позволяет экономить время, настраивая пользовательскую систему координат автоматически. После запуска команды рисования или редактирования при перемещении мыши по изображению трехмерной модели та или иная грань выделяется, направления и цвета осей курсора при этом также изменяются. Щелчок мышью, помимо ввода координат точки, автоматически создает новую систему координат с началом отсчета в указанной точке, причем оси  $X$  и  $U$  параллельны ребрам грани, т. е. плоскость  $XU$  совпадает с данной гранью модели. После завершения команды новая система координат исчезает, текущей становится предыдущая система координат.

Следует отметить, что выделяются только грани, видимые в заданной экранной проекции, вне зависимости от текущего визуального стиля (см. ниже).

Включение и выключение динамической ПСК осуществляется переключателем «ДПСК» в строке состояния или клавишей «F6». Щелчок правой кнопкой мыши по переключателю вызывает меню, через которое, помимо включения и отключения режима, можно включить отображение букв  $XUW$  около осей курсора. Буквы появляются в момент выделения плоскости при перемещении курсора.

## **8.2 Построение трехмерных поверхностей**

AutoCAD поддерживает моделирование поверхностями. Любую трехмерную поверхность можно представить либо как плоскость, либо как совокупность трех- и четырехугольников (сетка – для криволинейных пространственных поверхностей). Существует несколько способов построения трехмерных поверхностей.

Построение элементарных поверхностей. К элементарным поверхностям в AutoCAD относятся: параллелепипед, призма, пирамида, конус, сфера, полусфера выпуклая, полусфера вогнутая, тор, сеть на четырехугольнике. Для построения элементарной поверхности следует воспользоваться командой командной строки 3d (или **3м** в русской раскладке, команды полностью аналогичны) с соответствующей опцией. Выбрав элементарную поверхность, следует ввести ее параметры.

*Параллелепипед* (команда **3м** с опцией **Ящик**). Следует указать начальную вершину, затем последовательно ввести длину, ширину и высоту, после чего указать угол поворота параллелепипеда относительно оси Z (возможен ввод опции **Опорный угол**). Ввод опции **Куб** после ввода длины принимают ширину и высоту равными длине.

*Призма* (команда **3м** с опцией **Клин**). Треугольное основание призмы находится в плоскости XZ. Следует указать начальную вершину, затем последовательно ввести длину, ширину и высоту, после чего указать угол поворота призмы относительно оси Z (возможен ввод опции **Опорный угол**).

*Пирамида* (команда **3м** с опцией **Пирамида**). Основание пирамиды может быть треугольным или четырехугольным. Следует последовательно указать четыре точки основания (можно указать три и ввести опцию **Тетраэдр** для построения трехгранной призмы). Затем указывается точка вершины. Ввод опции **Ребро** позволяет ввести вместо точки вершины две точки отрезка (пирамида в этом случае превращается в призму). Ввод опции **Верх** позволяет задать вместо вершины три или четыре точки соответственно (для построения усеченной пирамиды).

*Конус* (команда **3м** с опцией **Конус**). Следует указать центр основания, затем ввести радиус основания или диаметр с опцией **Диаметр**, далее радиус верхнего основания (ненулевое значение для усеченного конуса, вместо радиуса можно ввести диаметр с опцией **Диаметр**), высоту конуса и, наконец, указать число сегментов сетки, из которого будет состояться коническая поверхность.

*Шар* (команда **3м** с опцией **Сфера**). Следует указать центр шара, затем ввести радиус или диаметр – с опцией **Диаметр**, затем указать число сегментов по горизонтали и вертикали, из которых будет оставлена сферическая поверхность.

*Верхняя полусфера* или *купол*; *нижняя полусфера* или *чаша* (команда **3м** с опциями **Купол** или **Чаша** соответственно). Представляет собой верхнюю или нижнюю половину сферы, рассеченной плоскостью  $XU$ . Следует указать центр полусферы, затем ввести радиус или диаметр – с опцией **Диаметр**, указать число сегментов по горизонтали и вертикали, из которых будет оставлена сферическая поверхность.

*Тор* (команда **3м** с опцией **Тор**). Следует указать центр тора, затем радиус кольца тора, радиус трубки тора, указать число сегментов по горизонтали и вертикали, из которых будет оставлена поверхность. Вместо радиусов можно указывать диаметры с опцией **Диаметр** в соответствующем месте.

*Сеть* (команда **3м** с опцией **Сеть**). Представляет собой сетку, натянутую на пространственный четырехугольный каркас. При построении сначала последовательно (обходом по или против часовой стрелки) указывают вершины каркаса, затем число сегментов по направлениям, из которых будет составлена сеть. Если вершины не лежат в одной плоскости, сеть получится сложной пространственной формы.


*Другие варианты поверхностей*. Помимо элементарных, в AutoCAD предусмотрен ряд специфических поверхностей.

*Плоская фигура* (меню **Рисование – Моделирование – Сети – 2D фигура**). Рисует замкнутый плоский четырехугольник. Для рисования фигуры следует указать точки, ограничивающие ее контур. Точек может быть как четное количество, так и нечетное. Порядок указания точек имеет важное значение, это иллюстрирует рис. 8.1. После ввода точек три или четыре можно снова вводить пары точек сколько угодно раз. Таким образом, можно легко «натянуть» поверхность на любой плоский многоугольник. Следует отметить, что такая фигура может лежать только в плоскости  $XU$ . Также на виде в плане (см. практическое занятие № 7) данная фигура автоматически зачерняется.



Рис. 8.1. Порядок указания точек для построения плоской фигуры



*Плоская поверхность* (меню Рисование – Моделирование – Плоская поверхность или кнопка  панели инструментов «Моделирование», рис. 8.2). Команда позволяет быстро построить плоскую поверхность в виде прямоугольника в плоскости  $XU$ . Опция **Объект** позволяет преобразовать любой замкнутый контур в плоскости  $XU$  в плоскую поверхность. Поверхность, несмотря на то, что она плоская, представляет собой сетку, подобно криволинейным поверхностям.

*Произвольная грань* (меню Рисование – Моделирование – Сети – 3D грань) позволяет создать одну или несколько плоских граней, занимающих произвольное положение в пространстве. При поверхностном моделировании произвольные грани призваны решить проблему построения граней с отверстиями. Дело в том, что грани любой элементарной поверхности сплошные, и вырезать в грани отверстие не представляется возможным. Произвольная же грань может иметь абсолютно любую форму и, таким образом, может обрамлять отверстие. К сожалению, грань может иметь лишь прямые стороны. Однако поскольку примитивные поверхности представляют собой совокупность сегментов с прямыми ребрами, произвольную грань тоже можно представить как совокупность сегментов, граничащих с сегментами элементарных поверхностей. Чтобы грань при этом не выглядела составной, предусмотрена возможность сокрытия отдельных ребер грани. Сегменты грани могут не лежать в одной плоскости.

После ввода команды следует указывать точки, образующие сегменты грани. Программа попросит последовательно ввести четыре точки. При вводе точек полезно пользоваться средствами объектной привязки. Для создания треугольного сегмента вместо четырехугольного следует указать четвертую точку, совпадающей с первой. После ввода третьей и четвертой точек будет предложено снова ввести третью и четвертую точки (предыдущие две будут считаться первой и второй нового сегмента). Также после ввода каждой точки есть возможность ввести опцию **Невидимый**, чтобы грань, образованная следующими двумя точками, была невидима и не отображалась на чертеже. Невидимыми гранями следует разделять сегменты плоской грани сложной формы. Каждую последующую невидимую грань следует создавать отдельной опцией **Невидимый**.

Невидимое ребро не может быть выделено. Это создает определенные трудности при редактировании. Также в ходе создания составной грани с невидимыми ребрами можно случайно пропустить ввод опций **Невидимый**, и в дальнейшем может потребоваться скрыть ребро. Для решения проблемы существует меню Рисование – Моделирование – Сети – Кромки. Команда предлагает указать щелчком мыши точки на ребрах, свойство видимости которых следует изменить (сделать видимое невидимым и наоборот). После щелчка ребро будет выделено пунктиром, после завершения команды видимые ребра отобразятся, а невидимые исчезнут. Если затруднительно определить местонахождение невидимых ребер, можно использовать опцию **Показать**, чтобы временно отобразить в пунктире невидимые ребра. Опция **Все** после опции **Показать** отображает все невидимые ребра, а опция **Выбрать** предлагает выделить сегмент и отобразить невидимые ребра только этого сегмента. Предполагается, что видимо хотя бы одно ребро данного сегмента.

*Топографическая сетка* (меню Рисование – Моделирование – Сети – 3D сеть) отличается от обычной сетки (команда **3м** с опцией **Сеть**) способом построения: в начале указывается количество ячеек по горизонтали и вертикали, а затем трехмерные координаты каждой из точек сетки вместо координат четырех углов сетки. Как следствие, топографическая сетка может иметь гораздо более сложную форму. Построение такой сетки – процедура очень трудоемкая. Подобные сетки наилучшим образом подходят для визуализации расчетных данных. Для их построения целесообразно использовать методы макропрограммирования.

*Поверхности, получаемые путем преобразования*. Также некоторые особо сложные поверхности можно строить из плоских фигур путем различных преобразований.

*Поверхность, образуемая вращением*, строится при помощи меню Рисование – Моделирование – Сети – Сеть вращения. Перед началом команда отображает текущее значение системных переменных SURFTAB1 (количество сегментов поверхности в направлении вращения) и SURFTAB2 (количество сегментов по горизонтали или вертикали, на которые при вращении будут разбиты кривые поверхности). Если значения не устраивают, следует отказаться от выполнения команды и изменить значения этих переменных.

Команда просит сначала указать вращаемый элемент (отрезок, окружность, дугу или полилинию), затем объект, который будет осью вращения (если объект не отрезок, то осью будет считаться прямая, соединяющая его концы). Далее вводится угол начала поверхности (0 соответствует направлению оси  $Z$ ) и угол конца поверхности (с учетом знака), 360 соответствует замкнутой круговой поверхности.

*Поверхность, образуемая перемещением вдоль линии*, строится при помощи меню Рисование – Моделирование – Сети – Сеть сдвига. Перед началом команда также отображает текущее значение системных переменных SURFTAB1 и SURFTAB2. Она просит сначала указать переносимый элемент (отрезок, окружность, дугу или полилинию), затем объект, который будет вектором перемещения (если объект не отрезок, то вектором будет считаться прямая, соединяющая его концы). Направление переноса определяется тем, ближе к какому концу вектора был произведен щелчок при его выборе.

*Поверхность, задаваемая двумя граничными линиями*, строится при помощи меню Рисование – Моделирование – Сети – Сеть соединения. Команда просит указать два объекта. Равноотстоящие точки обоих объектов последовательно соединяются прямыми линиями сетки. Направления перебора точек зависят от того, ближе к какому концу объект был выбран щелчком мыши.

*Поверхность, задаваемая четырьмя краями* (бикубическая поверхность Кунса, она же – краевая поверхность), строится при помощи меню Рисование – Моделирование – Сети – Сеть по кромкам. Перед началом команда также отображает текущее значение системных переменных SURFTAB1 и SURFTAB2. После ввода она просит указать четыре объекта, образующие замкнутую область. Равноотстоящие точки противоположных объектов последовательно соединяются линиями сетки. Форма линий имеет сложный интерполяционный характер.

*Преобразование объектов в поверхности*. При помощи меню Редактировать – 3D операции – Преобразовать в поверхность можно превращать в поверхности следующие типы объектов: двумерные фигуры, области, разомкнутые полилинии (наличие толщины у сегментов, отличной от 0, не позволяет провести преобразование), отрезки, дуги (при наличии у всех ненулевой высоты), а также плос-

кие 3D грани. Команда попросит выбрать объекты, которые будут преобразованы в сетки.

Также результатом расчленения твердого тела (см. ниже) является совокупность поверхностей.

Как видно, моделирование поверхностями имеет свою специфику. Оно плохо подходит для решения машиностроительных задач в силу высокой трудоемкости, однако позволяет строить сложнейшие криволинейные поверхности. Для построения же моделей простых деталей следует воспользоваться более эффективным и менее трудоемким способом – *твердотельным моделированием*.

### 8.3 Создание твердотельных моделей


Основной особенностью твердотельного моделирования является то, что создаваемые объекты представляют собой замкнутые тела, имеющие определенный объем. Такое представление значительно упрощает моделирование, так как у замкнутого тела можно однозначно выделить наружную и внутреннюю поверхности, в то время как у поверхностной модели это может быть неочевидным. Важным достоинством твердотельного моделирования является и то, что над объемными телами можно производить логические операции.


Существует несколько способов создания трехмерных объемных моделей.


Построение элементарных твердых тел. Как и при поверхностном моделировании, AutoCAD предоставляет возможность начать построение модели детали с некоторых базовых объемных тел. К ним относятся: параллелепипед, призма, конус, шар, цилиндр, тор, пирамида, политело (совокупность тонких стенок). Для построения элементарных тел используются соответствующие пункты меню Рисование – Моделирование – ... или кнопки панели инструментов «Моделирование» (рис. 8.2).




Рис. 8.2. Панель инструментов моделирования твердыми телами


*Параллелепипед* (меню Рисование – Моделирование – Ящик или кнопка ). Следует указать две противоположные вершины основания параллелепипеда, затем ввести его высоту. Вместо ввода высоты можно выбрать опцию **2точки** и указать две точки на чертеже, расстояние между которыми будет равно высоте параллелепипеда. Если вместо ввода первой вершины ввести опцию **Центр**, можно указать геометрический центр параллелепипеда, затем одну из его вершин и, наконец, высоту. Ввод опции **Куб** позволяет построить куб (параллелепипед с равными гранями), введя длину его ребра. Вместо ввода первой вершины также можно ввести опцию **Длина**, после чего ввести последовательно длину, ширину и высоту параллелепипеда. Если в предыдущих случаях ребра параллелепипеда были параллельны осям  $X$  и  $Y$ , то при вводе длины, ширины и высоты ориентация параллелепипеда в пространстве определяется положением курсора мыши в момент его создания.


*Шар* (меню Рисование – Моделирование – Шар или кнопка ). Необходимо указать центр шара и ввести его радиус или диаметр с опцией **Диаметр**. Также при построении шара доступны опции **2Т**, **3Т**, **ККР** (построение шара по двум и трем точкам, по двум касательным линиям и радиусу).


*Цилиндр* (меню Рисование – Моделирование – Цилиндр или кнопка ). Необходимо указать центр основания цилиндра, радиус или диаметр с опцией **Диаметр**, затем высоту. При построении основания цилиндра работают опции **2Т**, **3Т**, **ККР**. Ввод опции **Эллиптический** позволяет построить цилиндр с эллипсом в основании. Построение эллиптического основания аналогично построению плоского эллипса. Вместо непосредственного задания высоты цилиндра можно указать вторую точку оси цилиндра (опция **Конечная точка оси**, первая точка – центр уже построенного основания) или две точки, расстояние между которыми будет равно высоте цилиндра (опция **2Точки**). В первом и третьем случае ось цилиндра параллельна оси  $Z$ , во втором – может занимать произвольное положение в пространстве.


*Конус* (меню Рисование – Моделирование – Конус или кнопка ). Указывается центр основания, его радиус или диаметр с опцией **Диаметр**, затем высота. Как и у цилиндра, основание конуса может строиться по двум или трем точкам, двум касательным, быть эллип-

сом (путем ввода опций **2Т**, **3Т**, **ККР**, **Эллиптический**). Высота конуса строится так же, как и цилиндра. Помимо этого, опция **Радиус при вершине** позволяет построить усеченные конусы.

*Призма* (меню Рисование – Моделирование – Клин или кнопка ) в построении полностью аналогична параллелепипеду. Так строится лишь призма, основанием которой служит прямоугольный треугольник. Для построения призм с произвольным основанием следует воспользоваться преобразованиями плоских фигур (см. далее).

*Пирамида* (меню Рисование – Моделирование – Пирамида или кнопка ). Основанием пирамиды является правильный многоугольник, опция **Стороны** позволяет задать число его сторон. Многоугольник строится указанием его вершины и радиуса вписанной или описанной окружности (переключение опциями **Вписанная** и **Описанная**). Вместо этого опция **Кромка** позволяет построить многоугольник по уже построенным граням. Далее указывается высота призмы – аналогично цилиндру или конусу. Опция **Радиус верхнего основания** позволяет строить усеченные пирамиды.


*Тор* (меню Рисование – Моделирование – Тор или кнопка ). Следует ввести центр тора, затем радиус кольца тора (действуют опции **Диаметр**, **2Т**, **3Т**, **ККР**) и радиус трубки (действуют опции **2Точки** и **Диаметр**).

*Политело* (меню Рисование – Моделирование – Политело или кнопка ) представляет собой вертикальную стенку определенной толщины, построенную вдоль произвольной пространственной траектории. Как и полилиния, направление политела строится по точкам и может состоять из отрезков и дуг. Опция **Дуга** переходит к построению дуг, опция **Отрезок** – к построению отрезков. Дуга строится по умолчанию по начальной точке (конец предыдущего сегмента), конечной точке (нужно указать) и направлению касательной в начале (берется из предыдущего сегмента автоматически). Можно построить дугу также по трем точкам (опция **Вторая точка**) или самостоятельно указать направление касательной в первой точке (опция **Направление**). Опция **Замкнуть** соединяет последнюю точку траектории политела с первой, опция **Отменить** стирает последний сегмент.

Перед началом построения политела можно задать высоту стенки и ее толщину (опции **Высота** и **Ширина** соответственно), а также


направление, в котором толщина стенки будет откладываться от ее траектории (опции **Выравнивание**, затем **Слева/По центру/Справа**).

Опция **Объект** позволяет превратить набор отрезков, дуги, окружности и плоские полилинии в политело. После ввода опции следует выделить превращаемые объекты.

Также на панель инструментов «Моделирование» скопирована кнопка , действие которой аналогично меню **Рисование – Спираль** (см. практическое занятие № 4). Спираль не является твердотельным объектом, но позволяет построить винтовую линию, которая может служить основой для создания твердых тел методами преобразования (см. ниже).


*Построение тел путем преобразований.* Твердые тела можно строить из плоских фигур путем различных преобразований.

*Преобразование выдавливания* позволяет переместить в определенном направлении плоскую фигуру, образовав при этом твердое тело. Операция может применяться для построения цилиндрических, конических, призматических, пирамидальных и более сложных фигур.


Выдавливание осуществляется через меню **Рисование – Моделирование – Выдавить** или кнопкой  панели инструментов «Моделирование». Для начала следует указать объекты, которые необходимо переместить. Далее следует ввести высоту получаемого объекта (ввод отрицательного значения выдавит тело в направлении, противоположном оси Z). Опция **Угол конуса** позволяет строить выдавливанием непризматические тела. Если угол положительный, перемещаясь в ходе выдавливания, фигура будет сжиматься, а если отрицательный – расширяться. Также вместо высоты можно ввести опцию **Траектория** и указать на объект (отрезок, дуга, сплайн), который будет служить путем перемещения фигуры в ходе выдавливания. Путь не обязательно должен быть прямолинейным, в этом случае получится фигура сложной формы.

Выдавить можно любой объект, даже отрезок. Однако только двумерные полилинии и сплайны с высотой, круги, эллипсы, области, плоские фигуры, трехмерные грани и другие плоские поверхности при выдавливании создадут твердое тело. Отрезки, даже об-

разующие замкнутый контур, дуги и прочие разомкнутые объекты при выдавливании дадут поверхности.


*Преобразование вращения* позволяет получить объемное тело путем вращения плоской фигуры относительно некоторой оси. Вращаемая фигура должна быть замкнутой, как и в случае выдавливания. Вращение осуществляется через меню Рисование – Моделирование – Вращать или кнопкой  панели инструментов «Моделирование». Вначале указывают замкнутую фигуру, затем при помощи двух точек задают ось вращения. Положительное направление оси вращения задается от первой точки до второй. Оно влияет на то, какое направление вращения будет считаться положительным. Наконец, указывается угол, на который следует повернуть фигуру. Вместо указания оси посредством двух точек можно ввести опцию **Объект** и выбрать в качестве оси отрезок любого объекта, уже существующего на чертеже. Точка, в которой был осуществлен щелчок при выборе объекта, определяет направление оси. Ввод опций  $X$ ,  $Y$  или  $Z$  позволяет осуществить вращение вокруг осей  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  соответственно.

*Преобразование сдвига* является более мощным и удобным аналогом выдавливания. Здесь после выбора выдавливаемого объекта изначально указывается объект, который будет траекторией для сдвига. Сдвиг без уже построенного объекта-траектории невозможен.

Операция осуществляется через меню Рисование – Моделирование – Сдвиг или кнопкой  панели инструментов «Моделирование». После выбора объектов доступен ряд опций. Так, опция **Выравнивание** предлагает указать, следует ли после указания объекта-траектории повернуть сдвигаемый объект так, чтобы его плоскость стала перпендикулярна траектории. Опция **Базовая точка** позволяет перед сдвигом переместить объект, совместив указанную на нем точку с началом траектории. Опция **Масштаб** позволяет линейно менять масштаб сдвигаемого объекта по мере перемещения его вдоль траектории. После указания опции вводится коэффициент, показывающий, во сколько раз объект на конце траектории больше заданного объекта. Опция **Вращать** позволяет поворачивать объект по мере его перемещения вдоль траектории. В конечной точке траектории угол поворота объекта окажется равен заданному.

После указания всех опций выбирают объект – траекторию сдвига.



*Построение тела по сечениям* представляет собой достаточно мощный метод построения твердых тел сложной формы. Осуществляется через меню **Рисование – Моделирование – По сечениям** или кнопкой  панели инструментов «Моделирование». Изначально следует построить так называемые сечения – несколько замкнутых фигур. После запуска команды сечения последовательно выделяются. Команда соединит их, образовав непрерывное тело сложной формы.


Далее для уточнения формы создаваемого тела команда просит выбрать один из следующих методов: без ничего, с траекторией и с направляющими.

Форму можно уточнить направляющими кривыми. Это кривые, начинающиеся на первом сечении, кончающиеся на последнем и пересекающие все промежуточные сечения. Для этого после выбора сечений следует ввести опцию **Направляющие**, затем выделить направляющие линии.

Вместо направляющих, которые касаются ребер сечений, можно использовать линию-траекторию, которая должна лишь пересекать плоскости сечений. Траектория всегда одна. После выбора сечений следует ввести опцию **Траектория** и выбрать необходимую кривую.

Наконец, ввод опции **Только поперечные сечения** вызовет появление диалогового окна настройки сечений (рис. 8.3). В данном окне можно настроить поведение поверхности тела вблизи сечений: с перегибами (кусочно-линейчатая), гладко, нормально к каждому сечению (или к первому и/или последнему сечению), а также задать угол конусности вблизи первого и последнего сечений и расстояние, на протяжении которого угол будет соблюдаться. Здесь же можно замкнуть тело, соединив последнее сечение с первым. Флажок внизу экрана указывает, отражать ли вносимые изменения на построенном теле по мере манипулирования настройками окна.

*Создание и редактирование тел быстрым выдавливанием.* Метод позволяет быстро получить твердые тела или отредактировать их элементы без предварительных преобразований. В частности, операция производится над любыми замкнутыми контурами, даже если они состоят из объектов типа отрезков и дуг.

Метод активируется кнопкой  панели инструментов «Моделирование». После наведения курсора мыши на внутреннюю точку любого плоского замкнутого контура последний выделяется (использу-

ется метод, аналогичный вычислению замкнутых контуров при штриховке). После щелчка мышью перемещение ее курсора выдавливает данный замкнутый контур. Для определения высоты выдавливания следует использовать привязку к уже построенным объектам или ввод расстояний, другие возможности не предусмотрены.

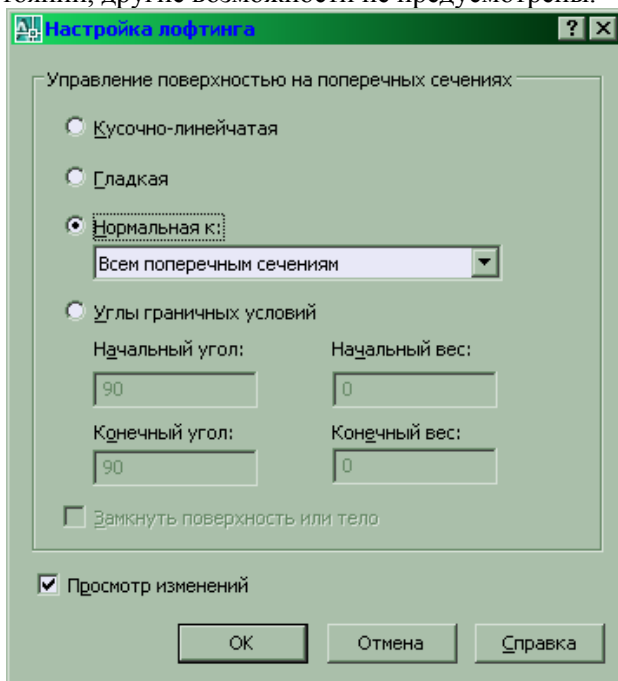




Рис. 8.3. Диалоговое окно настройки тела, задаваемого сечениями


Эту же команду можно запустить, наведя курсор мыши на грань и щелкнув по ней левой кнопкой, предварительно зажав одновременно «Ctrl» и «Alt».

Логические операции над телами. Данные операции позволяют получать из нескольких простых тел более сложные. AutoCAD поддерживает три вида логических операций: сложение, вычитание и пересечение (умножение).

Сложение (меню Редактировать – Редактирование тела – Объединение либо кнопка  панелей инструментов «Моделирование» или «Редактирование тела») позволяет объединить два или несколько

твердых тела в одно. При этом будут построены линии, по которым поверхности твердых тел пересекаются друг с другом, и будут удалены линии, характеризующие поверхность одного твердого тела, находящуюся внутри другого твердого тела. Объединить можно и не пересекающиеся поверхности, хотя чаще всего это не имеет смысла.

*Вычитание* (меню Редактировать – Редактирование тела – Вычитание либо кнопка  панелей инструментов «Моделирование» или «Редактирование тела») позволяет удалить из одного твердого тела его часть, которая задана формой другого твердого тела. Так, если из параллелепипеда вычесть цилиндр, образуется параллелепипед с цилиндрическим отверстием. Если же цилиндр пересекает грань параллелепипеда, то образуется параллелепипед с пазом, имеющим цилиндрическую форму. После ввода команды сначала указывается объект, из которого вычитают, а затем объект, который вычитают. Если объекты не пересекаются, преобразование невозможно.

*Пересечение* (меню Редактировать – Редактирование тела – Пересечение либо кнопка  панелей инструментов «Моделирование» или «Редактирование тела») позволяет получить твердое тело, являющееся фигурой пересечения других твердых тел. При этом все части тел, непересекающие друг друга, удаляются. При попытке применить команду к непересекающимся телам будет создано нулевое тело (т. е. не создано ничего), а исходные тела будут удалены.

Команды логических операций также могут быть применены в двухмерном черчении к областям.

*Другие возможности при построении твердых тел.* *Простой разрез* позволяет рассечь трехмерный объект плоскостью. Линии сечения в этом случае будут построены автоматически. Срезание выполняется при помощи меню Редактировать – 3D Операции – Разрез. Сначала нужно выделить тело, которое будет разрезано, затем при помощи тех или иных опций задать положение режущей плоскости, и, наконец, щелкнуть мышью на той части объекта, которую необходимо оставить (другая часть будет стерта). Если вместо этого ввести опцию **Обе стороны**, ничего удаляться не будет, однако объект отныне будет состоять из двух независимых частей, каждую из которых можно двигать, поворачивать и преобразовывать по отдельности.

Существует несколько способов задать секущую плоскость. По умолчанию используется метод задания двумя точками, плоскость

при этом перпендикулярна плоскости  $XY$ . Опция **Плоский объект** позволяет указать плоскую полилинию, область, круг и т. д. Плоскость, в которой лежит данный объект, будет секущей. Опция **Поверхность** позволяет взять в качестве секущей плоскую поверхность, созданную на чертеже. Опция **Ось Z** задает плоскость двумя точками: точкой на данной плоскости и точкой на перпендикуляре, восстановленном к плоскости из первой точки. Опция **Вид** проводит секущую плоскость через одну указываемую точку так, что она будет параллельна текущей плоскости проекции. Опции  $XY$ ,  $XZ$ ,  $YZ$  проводят секущие плоскости через указанную точку параллельно одноименным координатным плоскостям. Опция **3 Точки** позволяет построить секущую плоскость по трем точкам.

*Плоское сечение* в отличие от среза не изменяет исходный объект, но генерирует плоскую замкнутую фигуру (область), образованную линией пересечения исходного объекта и секущей плоскости. Фигуру впоследствии можно перенести в необходимое место, развернуть, заштриховать, вычислить ее площадь и т. д. Сечение осуществляется командой **Сечение**. Далее следует выделить рассекаемый объект, затем задать секущую плоскость. Способы задания плоскости у команды плоского сечения такие же, как и у разреза (кроме способа по двум точкам и по поверхности; по умолчанию применяются три точки).

*Проверка на пересечение тел* позволяет определить, пересекаются ли выделенные тела, и если да, то построить новое твердое тело, которое будет общей частью пересекающихся тел. Осуществляется через меню Рисование – 3D операции – Проверка взаимодействий. После ввода команды следует последовательно, разделяя щелчком правой кнопки мыши, указать два набора тел. Будут найдены все пересечения тел первого набора с телами второго. Все пересечения тел в пределах набора будут проигнорированы. Если второй набор не задавать, будут найдены пересечения всех тел в пределах первого набора. Далее отобразится диалоговое окно с результатами сравнения (рис. 8.4), в котором отобразится результат проверки (число объектов в наборах и число совпадений), будет предложена возможность листать выделенные совпадения, а также вынесены кнопки масштабирования, панорамирования и орбиты для облегчения навигации. Флаг «Зумировать» заставит программу при листании взаимодействий выделять каждое из них крупным планом. Пересечение (объект взаимо-

действия) будет оформлено как самостоятельный твердотельный объект и выделено в рабочей области черчения красным цветом (по умолчанию). Флаг внизу заставит программу удалить эти новые красные (по умолчанию) объекты после закрытия окна.

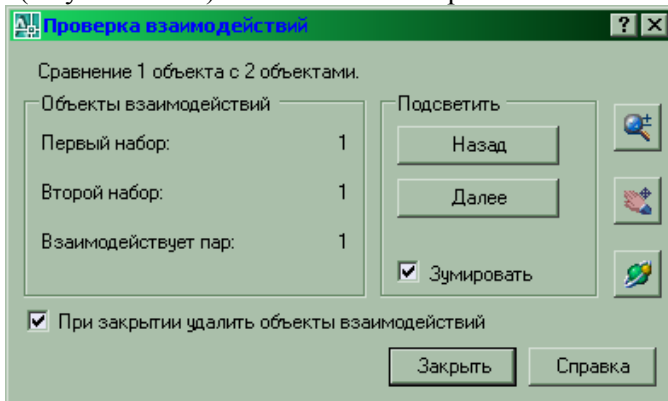


Рис. 8.4. Результат проверки пересечений объектов

Если перед выбором первого набора активировать опцию **Параметры**, откроется диалоговое окно (рис. 8.5), где можно будет выбрать визуальный стиль (см. ниже) для визуализации объекта пересечения (сверху) и всей модели (снизу) на время сравнения, цвет выделения объекта пересечения, а также что именно подсвечивать: пару пересекающихся тел или тело, полученное в результате их пересечения.

Объекты-сечения и псевдоразрезы. При создании сложных трехмерных моделей может быть удобно периодически создавать и убирать те или иные разрезы. В AutoCAD предложена мощная система для оперирования секущими плоскостями при моделировании трехмерных объектов. Она представляет собой объекты-сечения.

*Объект-сечение* представляет собой одну или несколько пересекающихся *секущих плоскостей*, пересекающих трехмерный объект. Такое сечение можно перемещать и поворачивать в пространстве, как и любой другой трехмерный объект. Объект-сечение, по сути, не разрезает объект, оно лишь может скрыть его часть по одну из сторон секущей плоскости, которая полупрозрачна. На одном чертеже может быть сколько угодно сечений.

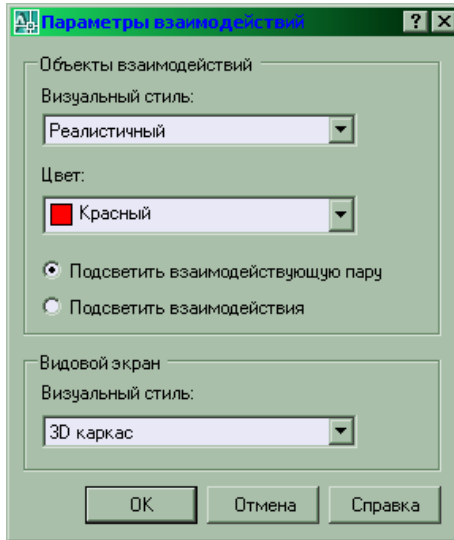


Рис. 8.5. Окно параметров проверки пересечений

После создания секущей плоскости можно настроить *псевдоразрез* – свойство секущей плоскости делать части твердотельной модели по одну сторону от нее невидимыми. Если на чертеже есть несколько объектов-сечений, псевдоразрез может быть активен только у одного из них.

Для построения секущей плоскости следует воспользоваться меню Рисование – Моделирование – Секущая плоскость. Щелчком мышью последовательно по двум точкам через них проводится секущая плоскость (перпендикулярная плоскости  $XY$ ). Если, перемещая мышью, указать ей на одну из граней объекта (достаточно одного щелчка), секущая плоскость совпадет с данной гранью. Псевдоразрез при этом будет на переднем плане. Опция **Ортогонально** позволяет автоматически сделать секущей плоскостью плоскость координат, а также указать, какая из полуплоскостей будет содержать скрываемые псевдоразрезом объекты. Для этого будет предложено выбрать одну из опций: **Спереди**, **Сзади**, **Сверху**, **Снизу**, **Слева**, **Справа**. Опция **Построить сечение** позволяет построить совокупность из нескольких пересекающихся плоскостей, перпендикулярных  $XY$ , путем последовательного указания точек. Если в ответ на запрос очередной точки нажать «Enter» (ничего не вводить), будет

предложено указать точку, которая останется на объекте, не скрываемом псевдоразрезом.

После создания секущей плоскости ее можно отредактировать. В пределах этой плоскости проходит *линия сечения*. Основные инструменты редактирования объекта-сечения появляются при выделении этой линии. В частности, выделение ее вызовет на экран ряд маркеров.

Маркер в форме треугольника острием в сторону служит для перемещения секущей плоскости в направлении, перпендикулярном ей. В случае совокупности нескольких плоскостей каждая имеет свой треугольник и перемещается отдельно. Маркер в форме стрелки позволяет менять скрываемые и нескрываемые псевдоразрезом части тела местами. Маркер в виде треугольника острием вниз с черточкой вызывает меню режимов объекта-сечения (см. ниже). Квадратный маркер рядом с ним служит для перемещения всего объекта-сечения целиком. Маркер на другом конце сечения позволяет поворачивать секущую плоскость.


*Режимов объекта-сечения* три: секущая плоскость, секущий прямоугольник (четыре боковые секущие стенки), секущий параллелепипед (четыре боковые, верхняя и нижняя секущие плоскости). Прямоугольник и параллелепипед позволяют скрыть больше ненужных деталей в сложных 3D моделях, облегчая их анализ конструктором. Размеры прямоугольника или параллелепипеда можно регулировать маркерами.

Псевдоразрез, т. е. невидимость части объекта, можно включать и выключать двойным щелчком по линии сечения. Также можно выделить линию сечения и щелкнуть правой кнопкой мыши. Флажок «Активировать формирование псевдоразрезов» включает функцию.

Флажок «Показывать геометрию разреза» в контекстном меню позволяет скрываемую псевдоразрезом часть тела сделать полупрозрачной и выделить цветом.

Пункт контекстного меню «Добавить излом в секущей плоскости» позволяет добавить излом, указав точку на секущей плоскости. Новую форму секущей плоскости после этого также можно редактировать.

Пункт контекстного меню «Создать 2D/3D сечение» позволяет преобразовать сечение, создаваемое секущей плоскостью, в отдельный объект – двухмерный или трехмерный блок. Блоки включают в себя линии и штриховку.

При активации команды появляется диалоговое окно (рис. 8.6), в котором можно выбрать, какой блок 2D или 3D нужно создать. Кнопка  позволяет развернуть окно, отобразив дополнительные опции. В частности, для создания сечения можно использовать все объекты в пределах секущей плоскости или выбрать их конкретный набор. Готовое сечение можно сформировать в виде нового блока, заменить им более старый блок или экспортировать в отдельный файл.

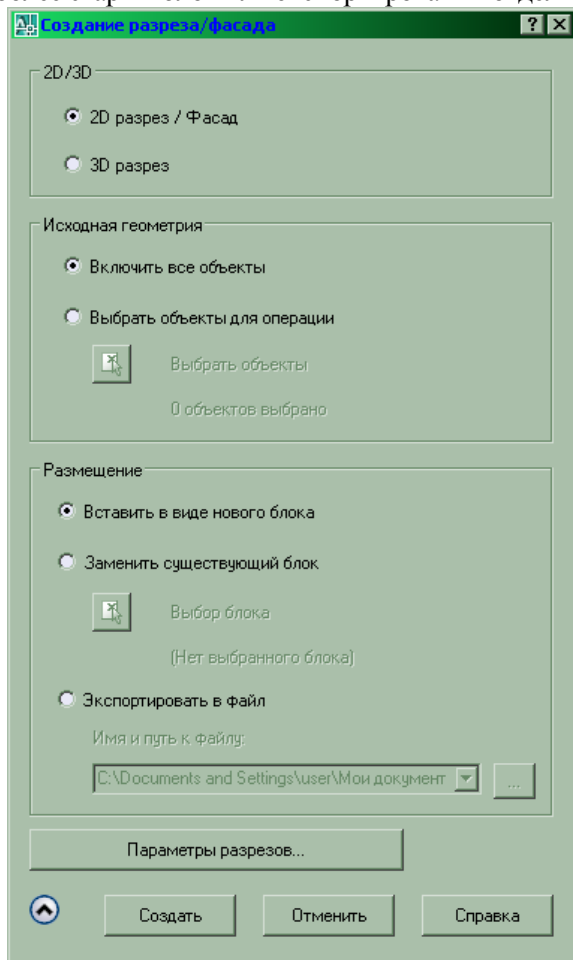


Рис. 8.6. Диалоговое окно создания разреза из объекта-сечения



Также кнопка «Параметры разрезов» открывает окно «Параметры сечений» (рис. 8.7), где можно настроить: как, из чего и в каком виде будет сформирован блок. То же диалоговое окно можно открыть через пункт «Параметры псевдоразреза» из контекстного меню. В верхней части окна переключатели позволяют вызвать три разных дерева свойств, а флажок активирует псевдоразрез, что аналогично двойному щелчку по линии сечения.

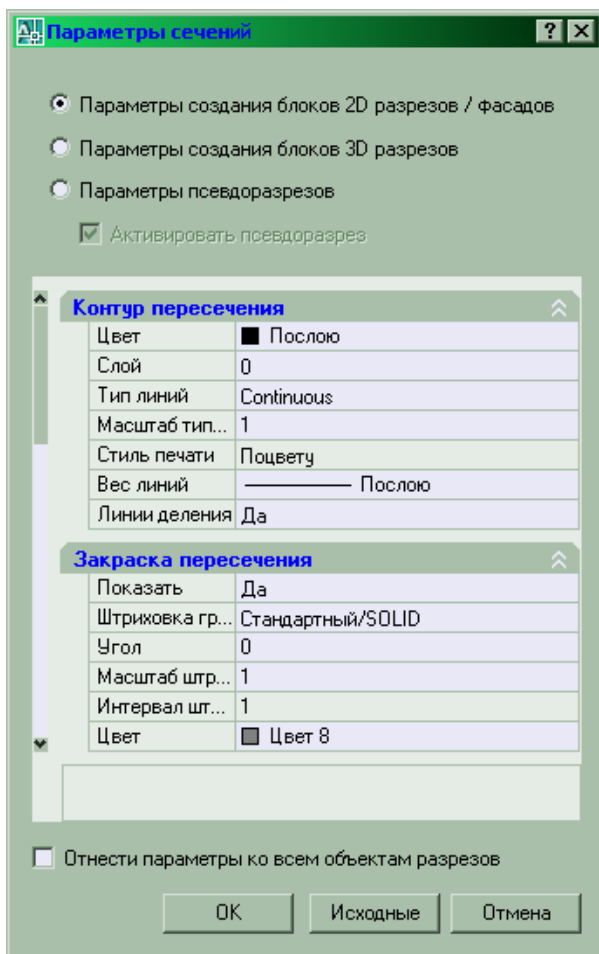


Рис. 8.7. Дерево свойств параметров псевдоразрезов и генерируемых ими сечений

Преобразование твердых тел в другие модели и нетвердотельных объектов в тела. Несмотря на разные математические определения линий, поверхностей и твердых тел, AutoCAD имеет некоторые функции для преобразования объектов из одного представления в другое.

Незамкнутые полилинии с ненулевой высотой (см. практическое занятие № 7) и толщиной, замкнутые полилинии с нулевой шириной и ненулевой высотой, а также круги с ненулевой высотой можно преобразовать в твердые тела (соответственно, аналоги полителей, призмы и цилиндры) через меню Редактировать – 3D операции – Преобразовать в тело.

Твердые тела можно создать из поверхностей (не обязательно плоских), придав им толщину посредством меню Редактировать – 3D операции – Придать толщину. По сути, операция аналогична выдавливанию.

На основе любого твердотельного объекта можно создать его каркасную модель при помощи меню Редактировать – 3D операции – Извлечь ребра. В дальнейшем твердотельный объект можно удалить или переместить, оставив на месте его каркасную модель.

Наконец, если разделить на составляющие любой твердотельный объект (меню Редактировать – Расчленить), он распадется на образующие его поверхности.

#### ***8.4 Трехмерные геометрические преобразования.***


При проектировании в трехмерном пространстве легко обнаружить, что команды зеркального отражения, поворота и размножения (массива) работают не так, как на плоскости. В трехмерном пространстве, например, недостаточно указать линию для зеркального отражения объекта.


Чтобы дать возможность использовать эти приемы при трехмерном проектировании, в AutoCAD предусмотрены дополнительные команды для трехмерных преобразований. Команды доступны через меню Редактирование – 3D операции – нужная операция.

3D массив (Редактирование – 3D операции – 3D Массив) не имеет интерфейса диалогового окна и осуществляется через запросы командной строки. По структуре работы она мало отличается от построения двухмерного массива. При выборе прямоугольного мас-

сива предлагается помимо количества строк и столбцов ввести количество этажей, а также дополнительно указать расстояние между этажами. Для полярного массива нужно в дополнение к центру массива указать вторую точку на его оси.


*3D зеркало* (Редактирование – 3D операции – 3D Зеркало) работает так же, как и двухмерное зеркало, но вместо зеркальной прямой следует указать зеркальную плоскость. При выборе плоскости действуют те же методы и опции, как у команд простого разреза и сечения. В дополнение к этому появляется опция **Последняя**, предлагающая использовать в качестве зеркальной плоскости ту же, что и при предыдущем выполнении команды 3D зеркала.

*3D вращение* (Редактирование – 3D операции – 3D поворот или кнопка  панели инструментов «Моделирование») работает так же, как и команда двухмерного поворота, только вместо точки необходимо указание оси. Сначала выбирается точка-центр вращения. Вокруг курсора мыши при этом формируется три взаимно перпендикулярных окружности, цвета которых соответствуют цветам координатных осей. Подведение курсора к одной из окружностей меняет ее цвет на золотистый, а щелчок мышью в этот момент выбирает заданную этой окружностью ось. Далее вводом с клавиатуры или по двум точкам задается угол поворота. Для вращения вокруг произвольной оси следует воспользоваться пользовательской системой координат.

*3D перемещение* (Редактирование – 3D операции – 3D перенос или кнопка  панели инструментов «Моделирование») позволяет более удобно перемещать объекты в трехмерном пространстве. После активации команды курсор приобретает вид трех разноцветных цилиндров-осей. После выбора базовой точки ее можно переместить в любое место, как и в плоском черчении. Однако щелчок по одному из цилиндров делает его золотистым, и в дальнейшем перемещение возможно лишь вдоль данной оси.

Полезным может оказаться и инструмент *выравнивания* (меню Редактировать – 3D операции – Выровнять), позволяющий автоматически перенести, повернуть и масштабировать трехмерный объект так, чтобы состыковать его с другим объектом. Сначала следует выделить переносимый объект, затем указать точку на объекте и место (обычно на втором объекте), куда эту точку следует перенести. Далее можно

указать вторую и третью пары точек или нажать «Enter». Одна пара точек задаст параллельный перенос, две пары – перенос с поворотом и, при необходимости (если будет дан ответ **Да**), масштабированием, три пары – поворот вокруг произвольной оси.

*Трехмерное выравнивание* (меню Редактировать – 3D операции – 3D Выравнивание или кнопка  панели инструментов «Моделирование») аналогично простому выравниванию. Следует выделить переносимый объект, указать опцию **Копирование**, если необходимо копирование, а не перенос, затем указать базовую точку на переносимом объекте и еще две точки (можно ограничиться вводом одной или двух точек, прервав ввод опцией **Продолжить**), указать от одной до трех точек на объекте, куда переносить. Отличие от простого переноса в том, что после указания точек на переносимом объекте он сам перемещается вместе с курсором мыши. Также в трехмерном выравнивании недоступно масштабирование объектов.

### **8.5 Редактирование твердотельных объектов**

*Редактирование маркерами.* Если выделить элементарное твердое тело, станут доступны маркеры для редактирования его размеров. Применение логических операций заставляет объект перестать быть элементарным. Выделение такого объекта даст только один маркер для его перемещения. Однако возможность редактирования его таким образом не исчезает. Дело в том, что вместе с каждым составным (полученным в результате логических операций) объектом в файле чертежа хранится так называемый *журнал*. Именно информация в журнале позволяет редактировать части составного объекта.

Если после выделения сложного объекта щелкнуть мышью по одной из его поверхностей с зажатой клавишей «Ctrl», будет выделен так называемый подобъект. Для объектов, полученных логическими операциями, это объекты, над которыми операции совершались, для объектов, полученных выдавливанием или вращением – исходные области и т. д.

По умолчанию каждый новый твердотельный объект создается с включенным ведением журнала. Выключение журнала возможно через палитру дерева свойств (см. практическое занятие № 5). Выключение журнала автоматически очистит его и сделает редактирование подобъектов невозможным. Размер файла чертежа при этом

уменьшится. В дальнейшем журнал можно будет снова включить и новые манипуляции с объектом опять начнут сохраняться в нем.

Также многократными щелчками мышью с зажатой клавишей «Ctrl» можно попытаться выделить отдельные грани или ребра. Подобное выделение генерирует маркеры для редактирования размеров подобъектов. Целостность основного объекта при этом не нарушается.

При выделении грани на ней образуется маркер круглой формы. Он позволяет перемещать грань. При выделении ребра образуется маркер сплюсненной прямоугольной формы. Он также позволяет перемещать ребро.

Дополнительные функции редактирования твердых тел. Помимо рассмотренных, в AutoCAD предусмотрен еще ряд дополнительных функций редактирования твердотельных объектов. Для этого предназначено меню Редактировать – Редактирование тела с соответствующими подпунктами или кнопки панели инструментов «Редактирование тела» (рис. 8.8).

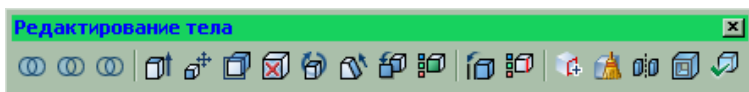





Рис. 8.8. Панель инструментов для редактирования твердотельных объектов


Для граней твердого тела доступны нижепредставленные действия.


Вытянуть грани (меню Редактировать – Редактирование тела – Выдавить грани или кнопка ). После ввода команды предлагается выбрать грани, подлежащие вытягиванию, щелчком мыши по ним. По умолчанию каждая новая грань добавляется к набору. После выбора хотя бы одной грани появляются дополнительные опции: **Все** – выделить все остальные грани с данного объекта, **Исключить** – перейти в режим, когда щелчок по грани снимает с нее выделение, опция **Все** в этом режиме снимает выделение со всех граней, опция **Добавить** возвращает в режим добавления граней в набор. После формирования набора следует нажать «Enter». Далее вводится высота вытяжки (положительная увеличивает объем тела, отрицательная – уменьшает). Перемещение каждой выделенной грани в этом случае происходит по нормали к ней. Далее вводится угол конусности. Вместо высоты можно ввести опцию **Траектория**


и указать объект, который будет считаться вектором для вытягивания. В этом случае все грани вытянутся вдоль одного вектора. Вытягивать можно только плоские грани.


*Переместить грани* (меню Редактировать – Редактирование тела – Перенести грани или кнопка ). Позволяет перемещать одну или несколько граней (например, выступ, впадину или отверстие в детали по плоской поверхности этой детали). Размер и объем детали в целом при этом, как правило, не изменяется. После выделения граней (аналогично предыдущей команде) следует указать базовую точку и ее новое положение.


*Повернуть грани* (меню Редактировать – Редактирование тела – Повернуть грани или кнопка ). После выбора граней следует указать ось поворота при помощи двух точек. Также при указании оси возможен ввод опций **Объект** (совмещение оси вращения с отрезками, осями кругов и дуг и т. д.), **Вид** (указывается точка, ось вращения проходит через нее перпендикулярно плоскости текущей проекции), **Ось X**, **Ось Y**, **Ось Z** (указывается точка, ось вращения проходит через нее параллельно координатной оси). После выбора оси следует указать угол поворота или опцию **Базовая линия**.

*Сдвиг грани* (меню Редактировать – Редактирование тела – Сместить грани или кнопка ). После выбора граней следует указать расстояние сдвига. Положительное расстояние приведет к увеличению объема тела, отрицательное – к уменьшению.


*Создание на грани уклона* (меню Редактировать – Редактирование тела – Свести грани на конус или кнопка  ) позволяет задать для грани угол конусности (или уклона – для плоских граней) так же, как это делалось при выдавливании. После выделения граней следует при помощи двух точек указать ось конуса и ввести угол уклона. Кромка поверхности, соответствующая первой точке, останется неизменной, а соответствующая второй – сместится.


*Копирование грани* (меню Редактировать – Редактирование тела – Копировать грани или кнопка  ) позволяет скопировать грани, образовав твердое тело, поверхность (копирование нескольких граней) или плоский регион (копирование одной грани). После выбора граней следует указать базовую точку копирования и точку, куда следует ее перенести.



*Удаление грани* (меню Редактировать – Редактирование тела – Удалить грани или кнопка ) позволяет удалить выступ, впадину, снятую фаску или скругление (см. ниже) и т. д. После выбора поверхности она будет удалена. Если удалить грани невозможно, не нарушив целостность объекта, AutoCAD откажется выполнить операцию.

*Раскраска грани* (меню Редактировать – Редактирование тела – Изменить цвет граней или кнопка ). После выделения граней появится диалоговое окно выбора цвета (см. рис. 1.10). Цвет грани будет влиять на ее отображение в зависимости от визуальных стилей (см. ниже).


Для ребер доступны нижеперечисленные действия.


*Копирование ребра* (меню Редактировать – Редактирование тела – Копировать ребра или кнопка ) позволяет скопировать ребра, образовав плоскую фигуру. После выбора ребер следует указать базовую точку копирования и точку, куда следует перенести базовую.


*Раскраска ребра* (меню Редактировать – Редактирование тела – Изменить цвет ребра или кнопка ). После выделения ребер появится диалоговое окно выбора цвета для выбранных ребер.


*Скругление ребра и снятие фаски* у трехмерных объектов осуществляется так же, как и у плоских (через меню Редактировать – Фаска и Редактировать – Сопряжение или кнопками  и  панели инструментов «Редактировать»). Если в качестве первого отрезка выделить ребро трехмерного твердотельного объекта, команда перейдет в трехмерный режим. Для команды скругления будет предложено ввести радиус, затем выделить скругляемые ребра. Опцией **Цепь** можно перейти в режим, когда будут выделяться все ребра грани одним щелчком (возврат опцией **Ребро**). Опция **Радиус** позволяет задавать новый радиус для каждого ребра. После выделения всех ребер и нажатия «Enter» ребра будут скруглены. Команда снятия фаски также перейдет в трехмерный режим, выделит одну из граней, пересекающихся по этому ребру, и предложит либо выделить другую грань (опция **Следующая**), либо согласиться. Далее будет предложено ввести длину фаски сначала на данной грани, затем на второй (величины будут равными для фаски под 45°), и наконец, нужно будет выделить ребра (опция **Контур** аналогична опции **Цепь** при скруглении). После нажатия «Enter» со всех выделенных ребер будут сняты фаски.


Для редактирования твердого тела целиком доступны следующие преобразования.

*Впечатать в грань трехмерного тела плоскую фигуру* (меню Редактировать – Редактирование тела – Клеймить ребра или кнопка ). Следует указать сначала трехмерный объект, а затем плоский, который нужно впечатать. Далее будет задан вопрос: удалять ли исходный плоский объект. Трехмерное тело и те части объекта, которые лежат в пределах плоских граней, будут объединены и станут вести себя как одно целое.

*Разделить ранее объединенные непересекающиеся тела* (меню Редактировать – Редактирование тела – Разделить или кнопка ). Следует выделить объект, и если он представляет собой объединенные командой сложения непересекающиеся объекты, они будут разделены и будут представлять собой два независимых твердых тела.

*Очистить поверхность твердого тела* (меню Редактировать – Редактирование тела – Упростить или кнопка ). После выделения твердого тела с его поверхности удаляются все впечатанные объекты, а также избыточная геометрия и т. д.

*Создать оболочку* (меню Редактировать – Редактирование тела – Оболочка или кнопка ). Позволяет превратить замкнутое твердое тело в пустотелую оболочку ненулевой толщины. После ввода команды следует выбрать тело (автоматически выделяются все его грани), затем, щелкая на гранях (будет автоматически установлен режим выбора граней **Удалить**) снять выделение с тех из них, где создание стенки не нужно, нажать клавишу «Enter», после чего ввести расстояние смещения, т. е. толщину стенки (+ внутрь, – наружу). Твердое тело будет преобразовано в твердотельную оболочку, пустотелую внутри.


*Проверить созданный твердотельный объект* (меню Редактировать – Редактирование тела – Проверить или кнопка ). Если объект является правильным твердотельным объектом и может быть без ошибок экспортирован в другие CAD, CAM или CAE приложения, в командной строке будет выведено соответствующее сообщение.

## **8.6 Визуализация трехмерных моделей**

Построенная трехмерная модель включает в себя множество линий. Поскольку в этом режиме нет различия между линиями перед-



него и заднего плана, нагромождение их серьезно затрудняет восприятие модели и работу с ней. В отличие от двухмерного аксонометрического вида удалить невидимые линии посредством обрезки не представляется возможным.

AutoCAD имеет автоматизированное средство удаления невидимых линий на изображении трехмерного объекта. Скрытие невидимых линий действует для поверхностных и твердотельных моделей. Для выполнения данной функции достаточно нажать кнопку  панели инструментов «Тонирование» (рис. 8.9) или воспользоваться меню Вид – Скрыть. Невидимые линии будут убраны с изображения. Однако эффект будет продлен лишь до регенерации изображения (см. практическое занятие № 3). К тому же функции масштабирования и панорамирования окажутся заблокированными – до регенерации.

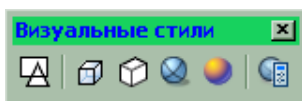





Рис. 8.9. Панель управления визуальными стилями


В программе AutoCAD предусмотрен более мощный инструмент для визуализации – применение к изображению *визуальных стилей*. Для смены визуальных стилей применяется меню Вид – Визуальные стили – нужный стиль либо кнопки панели инструментов «Визуальные стили» (см. рис. 8.9).


По умолчанию в AutoCAD предложены нижеперечисленные визуальные стили.


*2D Каркас* (меню Вид – Визуальные стили – 2D Каркас либо кнопка ) – первоначальный вариант без дополнительной визуализации. Отображаются линии как видимые, так и невидимые.

*3D Каркас* (меню: Вид – Визуальные стили – 3D Каркас либо кнопка ) отличается от предыдущего режима лишь тем, что значок ПСК становится трехмерным (объемным и цветным), все линии – сплошными одинаковой толщины, и отрисовка растровых изображений и импортированных объектов (например, таблиц Excel, вставленных в чертеж) блокируется.

*3D со скрытием невидимых линий* (меню Вид – Визуальные стили – 3D Скрытый либо кнопка ) отличается от первого режима постоянным (не сбрасываемым регенерацией) скрытием невидимых линий.

*Реалистичный* (меню Вид – Визуальные стили – Реалистичный либо кнопка ) заливает поверхности объекта рабочим цветом различной интенсивности. Блики и тени на сложных поверхностях рассчитываются полностью. Следует помнить, что при затенении по умолчанию деталь характеризуется полным поглощением света (при черном цвете на белом экране). В некоторых ракурсах это способствует созданию глубоких теней и плохой видимости деталей. Отчасти положение компенсируется тем, что в добавление к теням и бликам отображаются видимые ребра. Это повышает эффективность редактирования.

*Концептуальный* (меню Вид – Визуальные стили – Концептуальный либо кнопка ) заливает поверхности объекта рабочим цветом различной интенсивности. При этом переходы между гранями выделяются различными оттенками рабочего цвета: холоднее/теплее, светлее/темнее. Цвет не всегда соответствует освещенности. Более того, оттенок цвета задается контрастирующим с ребрами, что делает их более бросающимися в глаза. В ущерб внешнему виду объекта ставится удобство его восприятия и проработки мелких деталей.

В случае, если данные визуальные стили не позволяют достичь желаемого результата, можно поэкспериментировать с их настройками или создать свой визуальный стиль. Это делается через меню Вид – Визуальные стили – Диспетчер визуальных стилей или кнопкой  панели инструментов «Визуальные стили». Команда вызывает одноименную палитру свойств визуальных стилей, которые можно редактировать.

Визуализация стилями не позволяет в некоторых случаях добиться особо качественного результата. Зеркальный блеск детали не всегда уместен, расположение источника света перпендикулярно экрану часто неудачно, невозможность работы с несколькими источниками света (одного или нескольких цветов), отсутствие отображаемых теней и т. д. В программе AutoCAD предусмотрен еще более мощный инструмент визуализации трехмерных объектов, называемый рендерингом.

## 8.7 Рендеринг (тонирование)

*Рендеринг* представляет собой мощнейший инструмент для создания фотореалистичных изображений трехмерных объектов в пространстве. Существуют специальные программы, целью которых является создание трехмерных объектов и построение их плоских изображений с учетом множества факторов. Примером может служить программа 3D Studio MAX от AutoDesk – компании-производителя AutoCAD. Поэтому в AutoCAD включен упрощенный модуль рендеринга.

При построении изображений трехмерных объектов (рендеринге) учитываются такие параметры, как цвет объекта, наличие в трехмерном пространстве источников света, их количество, тип (направленный или распределенный), расположение, цвет и интенсивность, тип проекции (параллельная или перспективная), характеристика свойств материала трехмерного объекта (зеркальный или матовый, светоотражающий или поглощающий). Объект может быть «подвешен» в пустоте либо лежать на плоскости-основании. На грани объекта можно наложить текстуры (древесины, например), добавить картинку заднего фона или эффект тумана.


Рендеринг в AutoCAD осуществляется через меню Вид – Тонирование – Тонирование или кнопкой  панели инструментов «Тонирование» (рис. 8.10). Результатом действия команды является вычисленная с высочайшей точностью картинка, которую можно сохранить в графический файл.



Рис. 8.10. Панель инструментов рендеринга

Команда строит изображение трехмерного объекта на основании указанных до этого свойств объекта, источников света и т. д. Чтобы задать эти параметры, следует воспользоваться пунктами меню Вид – Тонирование или кнопками панели инструментов «Тонирование». При создании сцены можно пользоваться уже готовыми библиотеками, а также сохранять промежуточные результаты.

В зависимости от количества и вида источников света, сложности трехмерной модели и других параметров обсчет изображения может занять продолжительное время даже на современных компьютерах. Тонкости рендеринга не рассматриваются в данном методическом пособии.

Также в AutoCAD можно создать сценарий, согласно которому виртуальная камера с определенной скоростью пролетает по заданной траектории вокруг объекта. Точка, в которую направлен объектив камеры, также может перемещаться. То, что наблюдает камера при данном пролете, записывается в видео файл. Данная возможность реализуется через меню Вид – Анимация траектории перемещения. В открывшемся одноименном диалоговом окне настраиваются все детали данного сценария.

## Список использованной литературы

1. Кирпатрик, Дж. AutoCAD. Фундаментальный курс : Черчение, моделирование и прикладное проектирование : пер. с англ. / Дж. Кирпатрик. – М. : КУДИЦ ОБРАЗ, 2006.
2. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) / К. Ли. – СПб. : ПИТЕР, 2004.
3. Справочная система AutoCAD 2004. – 2005.
4. Тепляков, Ю. А. Практикум по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике : учебное пособие / Ю. А. Тепляков [и др.]. – Изд-во ТГТУ.
5. Мамонтов, Д. В. Сборник лабораторных работ по программе AutoCAD 2000. – Владикавказ 2005 г.
6. Вольхин, К. А. Инженерная и прикладная компьютерная графика : индивидуальные графические задания / К. А. Вольхин. – Новосибирск, 2008.
7. Вольхин, К. А. Геометрические основы построения чертежа (геометрическое черчение) / К. А. Вольхин, Т. А. Астахова. – Новосибирск, 2004.

### Основные отличия последующих версий AutoCAD

В данном приложении дается краткая характеристика основных возможностей различных версий программы AutoCAD. За последнее десятилетие было выпущено множество версий этой программы, в каждой последующей исправлялись недочеты предыдущей и добавлялись новые функции. Приложение должно помочь выбрать ту версию программы, которая подойдет студенту лучше всего, а также помочь перестроиться с работы в одной версии программы на работу в другой.

Базовой версией в данном методическом пособии будет считаться AutoCAD 2008.

Основные функции AutoCAD 2009 относительно предыдущей версии. Autodesk полностью изменил интерфейс AutoCAD 2009 так, чтобы ускорить выполнение задач, позволить пользователям без труда находить нужную команду и быстрее овладевать приемами работы.

Интерфейс ленты задач вместо традиционного меню и панелей инструментов дает возможность повысить общую производительность работы благодаря сокращению количества действий, требуемых для обращения к команде. Опции команд представляются в наглядном визуальном формате; можно быстро находить команды, имеющие прямое отношение к выполняемым в данный момент действиям. Переход между ними теперь происходит быстро и интуитивно. Лента может адаптироваться и расширяться, что позволяет гибко настраивать ее под стандарты предприятия и потребности конкретных пользователей.

Видовой куб (ViewCube) представляет собой интерактивный инструмент для вращения и подбора пространственного отображения объемных и поверхностных моделей AutoCAD. При выборе грани, ребра или вершины куба на экране устанавливается соответствующая предопределенная ориентация модели. Если же щелкнуть на кубе и не отпускать кнопку мыши, модель можно свободно поворачивать в любом направлении. Видовой куб располагается в фиксированной позиции экрана и обладает высокой степенью наглядности. Он дополнит набор средств для работы с 3D моделями во всех продуктах Autodesk.

Штурвал (SteeringWheels) представляет собой инструмент для быстрого доступа к командам вращения по орбите, панорамирования, центрирования и зумирования. Штурвал допускает адаптацию, поэтому, например, можно добавить в него функцию обхода модели с записью изображения.

Просмотр нескольких файлов и работа с ними больше не является сложным и длительным процессом. В новом обозревателе меню можно перемещаться по файлам, рассматривать их образы, получать информацию о размерах файлов и их авторах. Недавно открывавшиеся файлы могут быть упорядочены по именам, датам и заголовкам.

Новая функция рекордер операций повышает скорость работы и производительность труда, автоматизируя часто выполняемые задачи без необходимости привлечения опытных специалистов по САПР. Рядовые пользователи могут сами записывать последовательности действий, добавлять текстовые сообщения и запросы ввода, а затем быстро выбирать и воспроизводить записанные файлы.

Новое диалоговое окно «Слой» делает процедуры назначения и редактирования свойств слоев быстрее и безошибочнее. Изменения, внесенные в диалоговом окне, сразу же становятся видны на чертеже. Работать с диалоговым окном стало проще: теперь пользователь может управлять шириной каждого столбца таблицы так, чтобы были полностью видны и заголовок, и данные. Появилась возможность фиксации положения отдельных столбцов (например, имени слоя), в то время как все остальные столбцы прокручиваются в таблице.

Настраиваемое меню быстрого вызова свойств позволяет существенно сократить количество действий, необходимых для получения информации о свойствах объектов. При этом, она упорядочивается в соответствии с настройками, сделанными для конкретного проекта и пользователя.

Функция быстрого просмотра оперирует не именами файлов, а их образами. Она упрощает открытие нужного файла на нужной вкладке; о методе проб и ошибок при открытии файлов теперь можно забыть.

Программа Autodesk Design Review – бесплатное интегрированное средство для электронной проверки проектов и внесения помечек в них, позволяет привлекать к проверке чертежей специалистов из любых точек земного шара.

Основные функции AutoCAD 2010 относительно предыдущей версии. Теперь можно воплощать любые идеи проекта, дав волю творческой мысли. Для создания сложных форм нужно просто перемещать грани, ребра и вершины.

Параметрические чертежи позволяют автоматически поддерживать взаимосвязи объектов. Существует возможность задания геометрических и объектных зависимостей: параллельные линии автоматически остаются параллельными, а концентрические окружности всегда имеют общий центр.

Можно не просто создавать фотореалистичные изображения ваших проектов, но и воплощать их в реальность. Физические макеты проектов создаются путем вывода на 3D принтер (собственный или принадлежащий специализированной компании, оказывающей услуги 3D печати).

Стал меньше размер публикуемых PDF-файлов, добавилась поддержка шрифтов TrueType. Новые возможности импорта и использования в качестве подложек позволяют добавлять PDF-файлы непосредственно в чертежи AutoCAD, сохраняя возможность привязки к распознаваемым AutoCAD примитивам.

Введенные улучшения помогли упростить создание и редактирование динамических блоков. Благодаря усовершенствованному отображению и выделению объектов, инструменты работы с динамическими блоками существенно сокращают время выпуска документации.

Также AutoCAD претерпел ряд дополнительных улучшений:

- справочная система с анимацией примеров работы функций;
- исправление слиянием с фоном для внешних ссылок;
- новые средства измерений: дистанция, площадь, объем и пр.;
- конвертирование сплайна в полилинию;
- улучшенные мультивыноски;
- при повороте видового экрана виды объектов также поворачиваются;
- усовершенствованный выбор 3D объектов и подобъектов;
- цифровая подпись файлов.

Основные функции AutoCAD 2011 относительно предыдущей версии. Новые возможности AutoCAD 2011 называют настоящим технологическим прорывом, который порадует многие миллионы пользователей этого программного продукта. AutoCAD 2011 стал



параметрическим, и теперь при любых изменениях между объектами поддерживаются заданные пользователями взаимосвязи. Благодаря появлению инструментов работы с произвольными формами стало возможным создавать и анализировать самые сложные трехмерные объекты. Кроме того, теперь поддерживается 3D печать, т. е. становится проще получать опытные образцы и физические прототипы. В AutoCAD 2011 усовершенствована работа с форматом PDF. Файлы PDF можно использовать в качестве подложки, а также улучшено качество импорта в данный формат. Это позволит упростить обмен данными между всеми заинтересованными в проекте сторонами.

Дополнительные возможности.

1. Введенные улучшения помогли упростить создание и редактирование динамических блоков. Благодаря усовершенствованному отображению и выделению объектов, инструменты работы с динамическими блоками существенно снижают затраты времени на выпуск документации.

2. Структурирование данных – не роскошь, а необходимость. Диспетчер подшивок AutoCAD организует листы чертежей, упрощает публикацию, автоматически создает виды на листах, передает данные из подшивок в основные надписи и штампы. Вся нужная информация сводится воедино, что значительно упрощает доступ к ней.

3. При установлении связи между таблицей Excel и чертежом AutoCAD обеспечивается двунаправленное обновление данных. Это избавляет от необходимости отдельно редактировать таблицы. Вся информация автоматически синхронизируется.

4. Создание и редактирование свойств слоев теперь выполняется быстрее и с меньшим количеством ошибок. Изменения, внесенные в диалоговом окне работы со слоями, сразу же становятся видны на чертеже.

5. Меню быстрых свойств позволяет просматривать и изменять требуемые свойства объектов, просто наводя на них курсор.

6. Функция быстрого просмотра оперирует не только именами файлов, но и их образцами. Она упрощает поиск и открытие нужного файла на нужной вкладке. В новом браузере-меню можно перемещаться по файлам, рассматривать их образцы, получать информацию о размерах файлов и их авторах.

Основные функции AutoCAD 2012 относительно предыдущей версии. Интерфейс AutoCAD 2012 не претерпел существенных изменений. При первом включении программы встретит Экран приветствия Autodesk Exchange, который позволяет работать с интернет-ресурсами Autodesk непосредственно в продукте. С помощью его вкладок можно получать доступ к советам экспертов, техподдержке, видеороликам и ссылкам на блоги. Здесь же содержатся доступные для приобретения популярные приложения, библиотеки и надстройки.

Дополнительные возможности.

1. Новые инструменты управления видовым экраном позволяют легко изменять виды, визуальные стили и другие параметры представления проекта на экране.

2. Обзорщик контента, Autodesk Content Explorer, обеспечивает поиск и доступ к файлам и объектам проектов на локальных компьютерах или сетевых серверах без необходимости выхода из среды САПР.

3. AutoCAD 2012 получил новые инструменты, позволяющие получить ускорение подготовки проектной документации. Это инструменты создания ассоциативных массивов, в т. ч. трехмерных массивов.

4. Многофункциональные ручки позволяют редактировать не только сплайны и полилинии, но и размеры, мультивыноски, а также ребра, грани и вершины 3D тел и пр.

5. Средства подготовки документации позволяют импортировать модели из множества других САПР (включая Autodesk Inventor, Solidworks, CATIA, NX и Rhino) и быстро разрабатывать интеллектуальную документацию на основе полученных данных.

6. Впервые в 2012 версии в комплекте с AutoCAD можно получить бесплатную программу Inventor Fusion. Autodesk Inventor Fusion – это технология цифрового прототипирования, которая объединяет возможность управления параметрическим моделированием с учетом исторических данных и упрощенное моделирование без ведения истории, благодаря чему пользователи могут выбирать подход моделирования, наиболее подходящий для выполнения текущей задачи. Не выходя из AutoCAD, можно запустить Inventor Fusion и использовать его для изменения 3D объектов тел и поверхностей AutoCAD, а затем продолжить работу над измененными объектами в AutoCAD.

7. Программа поддерживает теперь обработку данных, так называемые облака точек, получаемых с приборов лазерного сканирования. Эта технология поможет в реставрации существующих объектов, быстро перенося данные с любого 3D сканера в чертеж.

8. Предлагается бесплатное приложение AutoCAD WS для совместного использования, редактирования и управления чертежами AutoCAD в Интернете. AutoCAD WS представляет собой приложение, взаимодействующее непосредственно с AutoCAD. Изменения, внесенные в локальные чертежи AutoCAD, будут синхронизированы с копиями в сети, которые были сохранены на сервере AutoCAD WS.

9. Теперь есть возможность получить доступ к командам более эффективно, с новым автоматическим заполнением вариантов.

10. Построение сплайна в зазоре между двумя выбранными отрезками или кривыми.

11. Удаление дублированных объектов поможет очистить чертеж от ненужной информации. Удаление перекрывающихся объектов увеличивает производительность при работе с насыщенными чертежами.

12. Ориентирование ПСК с помощью многофункциональных ручек. Автоматическое выравнивание ПСК по объекту.

13. Развитие мультивыносок: управление положением текста относительно полки выноски.

14. Новые и усовершенствованные инструменты облегчают миграцию палитр инструментов и пользовательских настроек или сброс настроек AutoCAD, что помогает облегчить переход на AutoCAD 2012 с предыдущих версий.

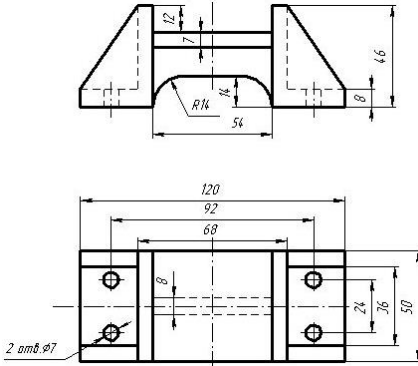
15. Одиночное и пакетное преобразование файлов AutoCAD, AutoCAD LT и других программ на базе AutoCAD в предыдущие версии DWG: 14, 2000, 2004, 2007 и 2010.

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

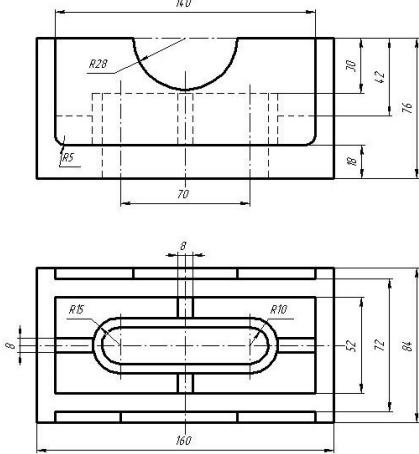
## Индивидуальные задания

### Задание № 1

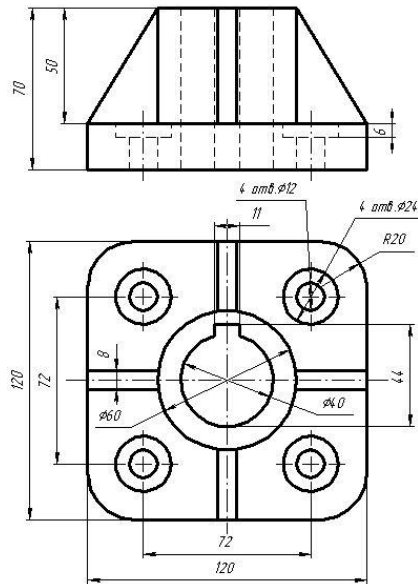
Вариант 1



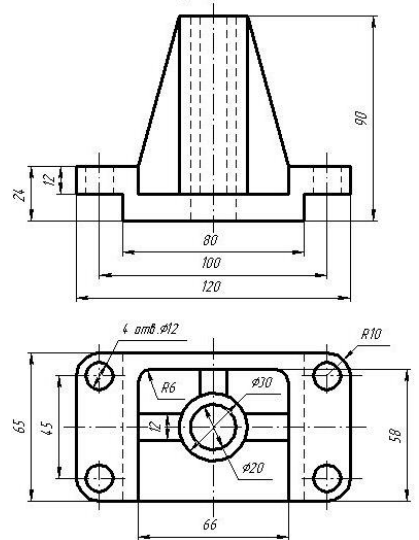
Вариант 3



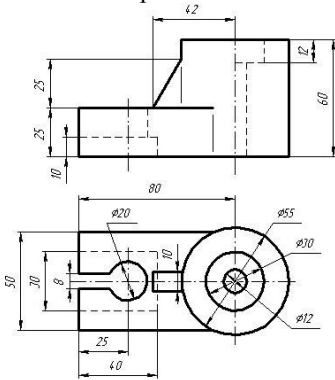
Вариант 2



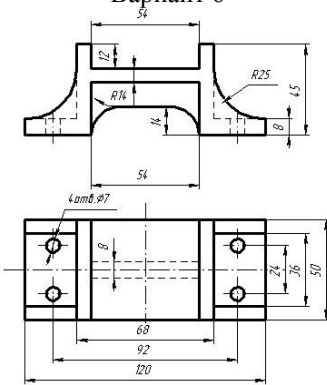
Вариант 4



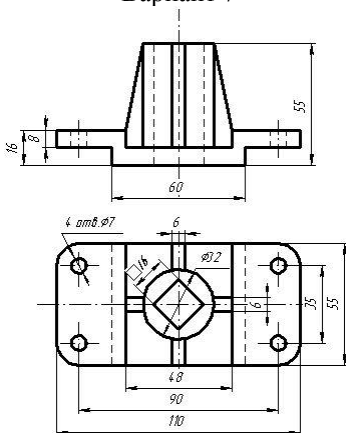
Вариант 5



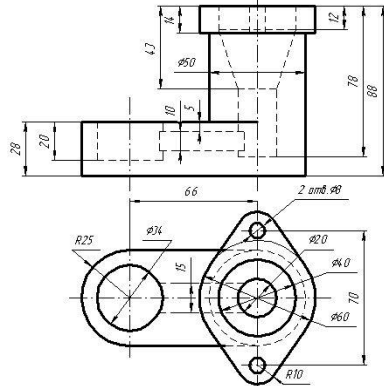
Вариант 6



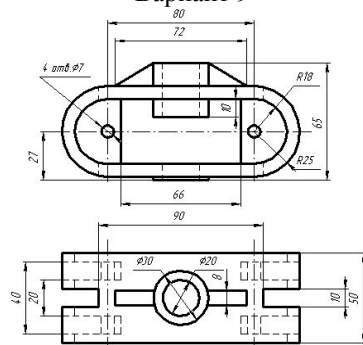
Вариант 7



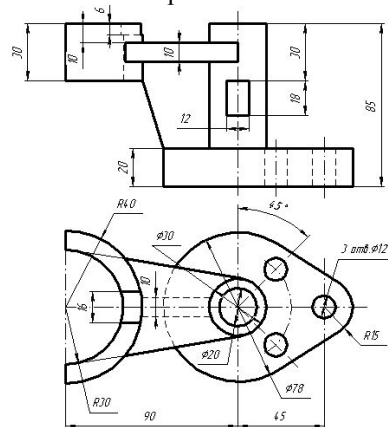
Вариант 8



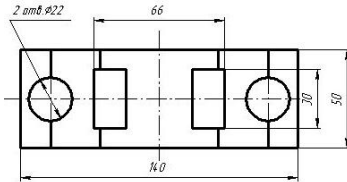
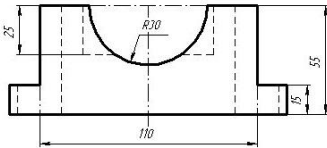
Вариант 9



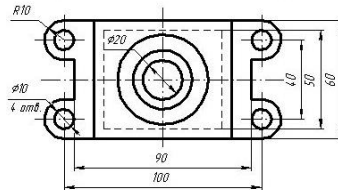
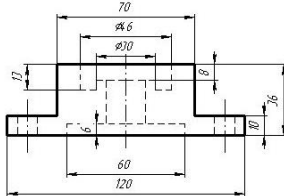
Вариант 10



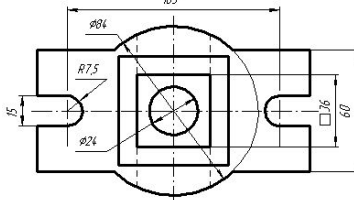
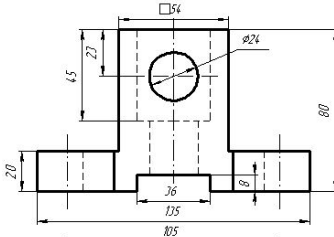
Вариант 11



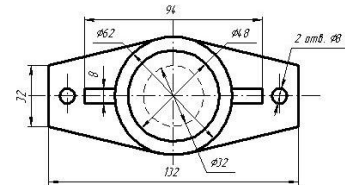
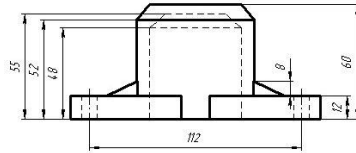
Вариант 12



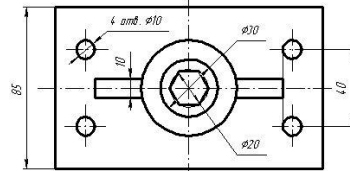
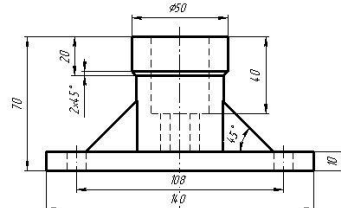
Вариант 13



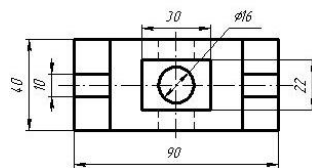
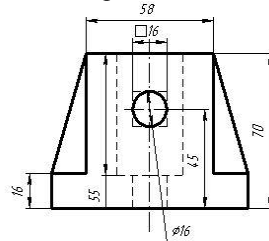
Вариант 14



Вариант 15

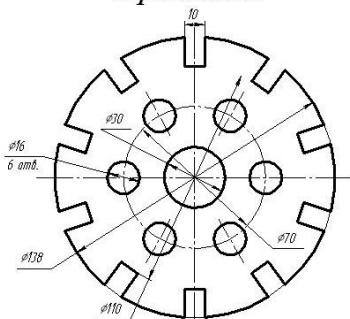


Вариант 16

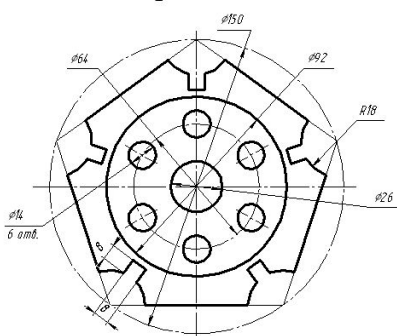


## Задание № 2

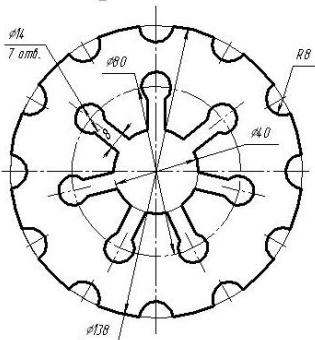
Вариант 1  
*Прокладка*



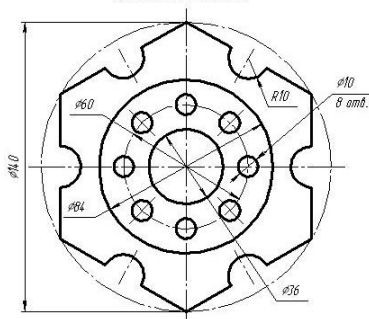
Вариант 2  
*Крышка*



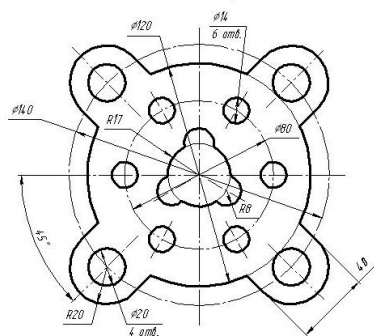
Вариант 3  
*Прокладка*



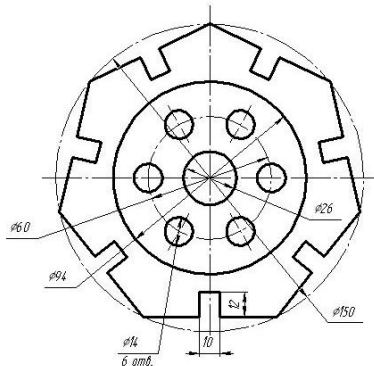
Вариант 4  
*Пластина*



Вариант 5  
*Фланец*

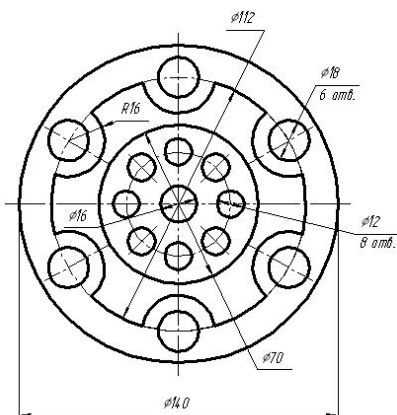


Вариант 6  
*Пластина*



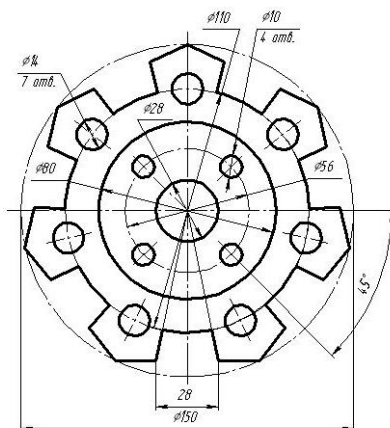
Вариант 7

Крышка



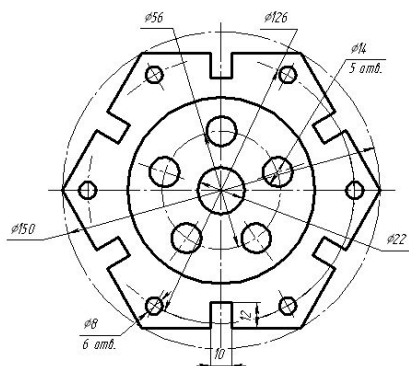
Вариант 9

Решетка



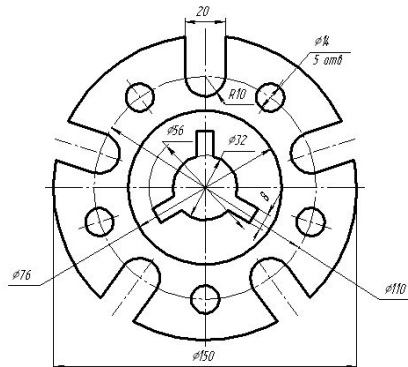
Вариант 8

Пластина



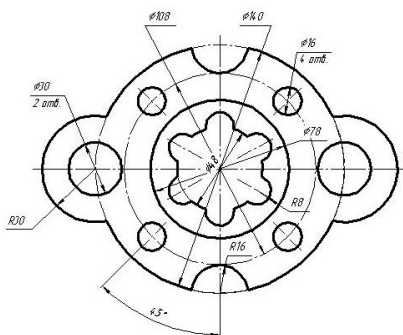
Вариант 10

Фланец

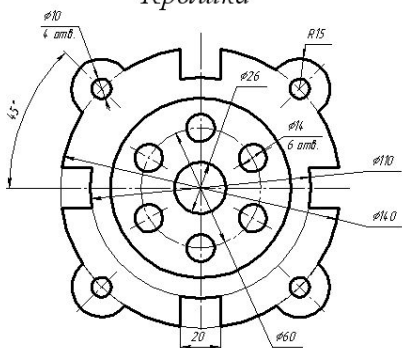




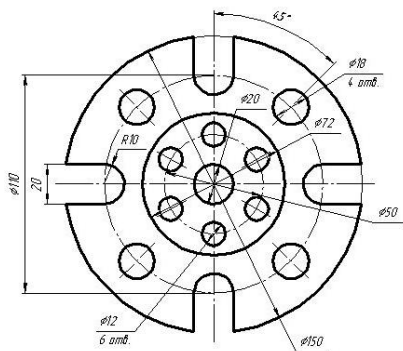
Вариант 11  
Крышка



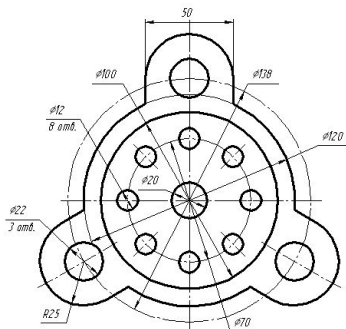
Вариант 12  
Крышка



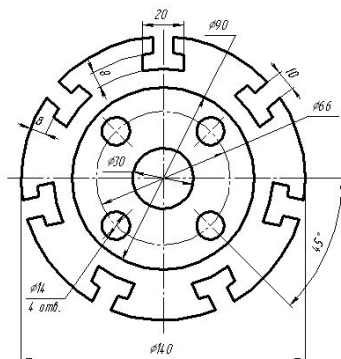
Вариант 13  
Фланец



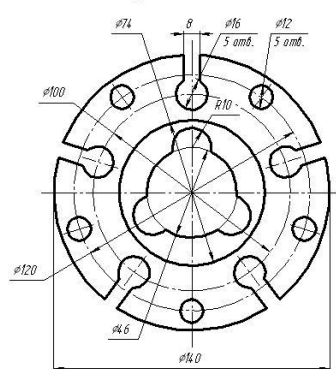
Вариант 14  
Фланец



Вариант 15  
Пластина

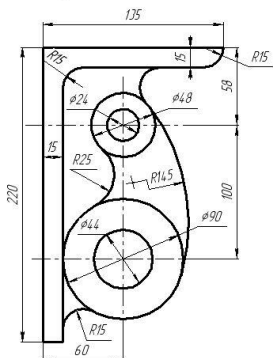


Вариант 16  
Прокладка

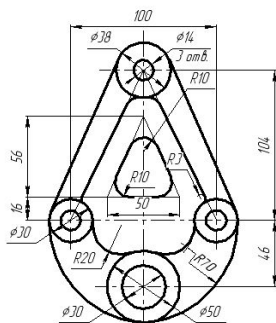


## Задание № 3

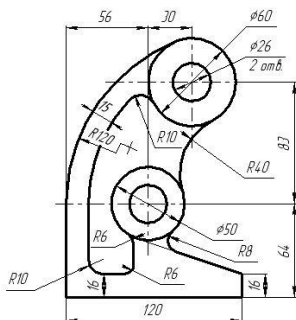
**Вариант 1**  
*Кронштейн*



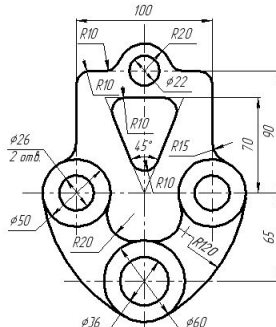
**Вариант 2**  
*Подвеска*



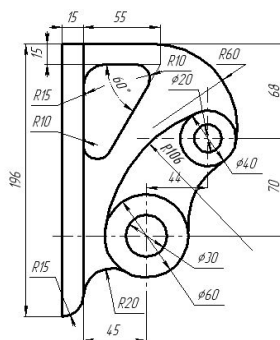
**Вариант 3**  
*Станина*



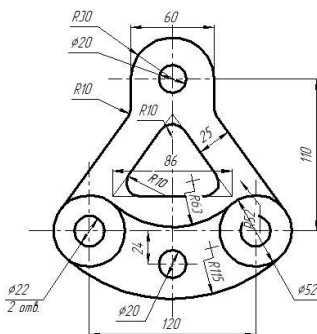
**Вариант 4**  
*Подвеска*



**Вариант 5**  
*Кронштейн*



**Вариант 6**  
*Подвеска*

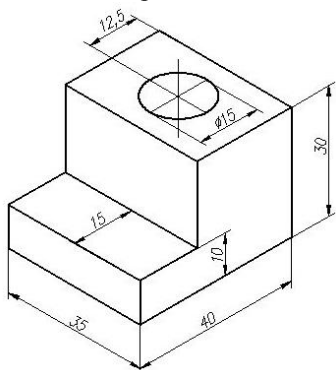




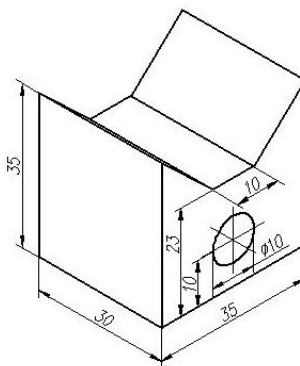


*Задание № 4*

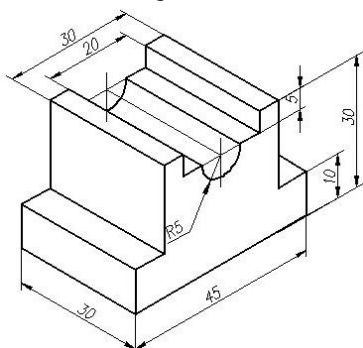
Вариант 1



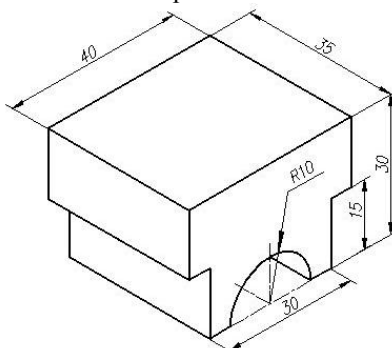
Вариант 4



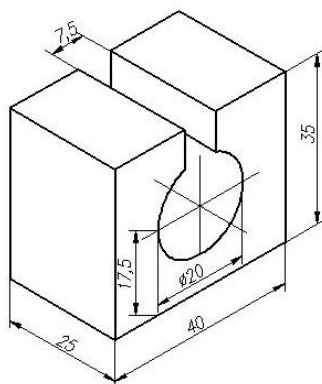
Вариант 2



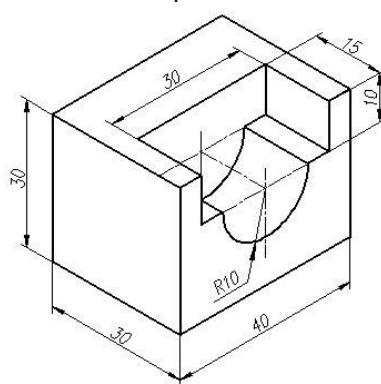
Вариант 5



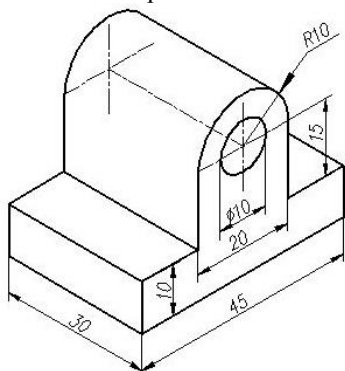
Вариант 3



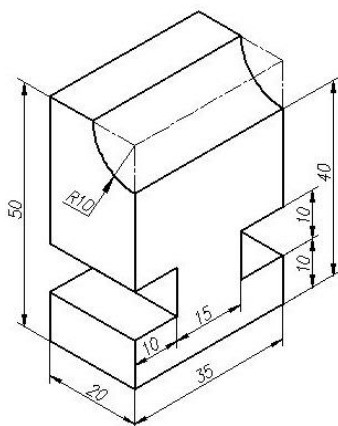
Вариант 6



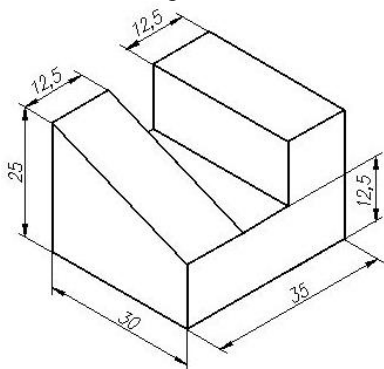
Вариант 7



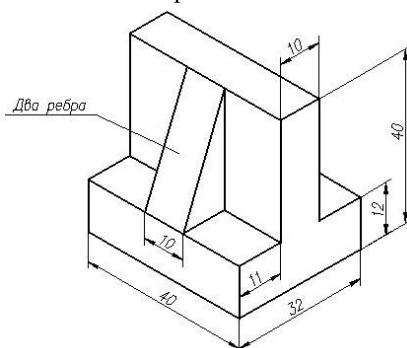
Вариант 8



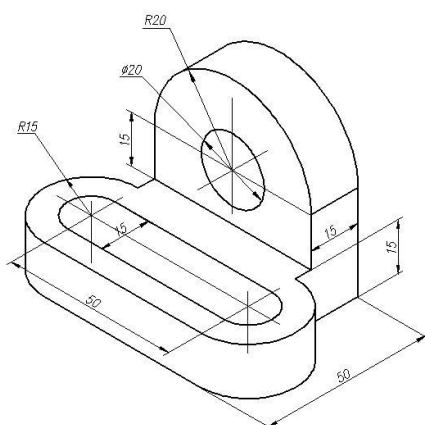
Вариант 9



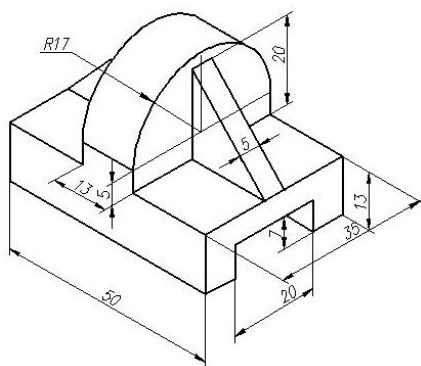
Вариант 10



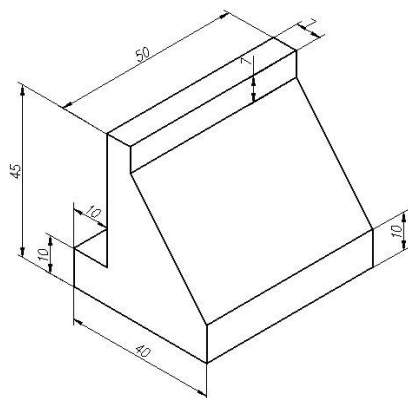
Вариант 11



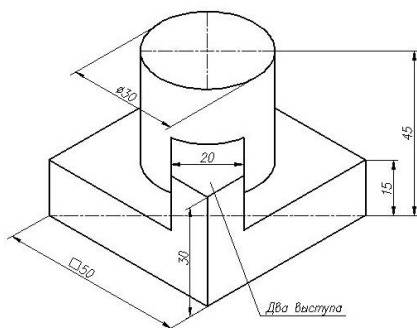
Вариант 12



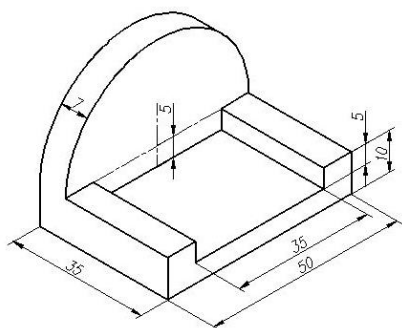
Вариант 13



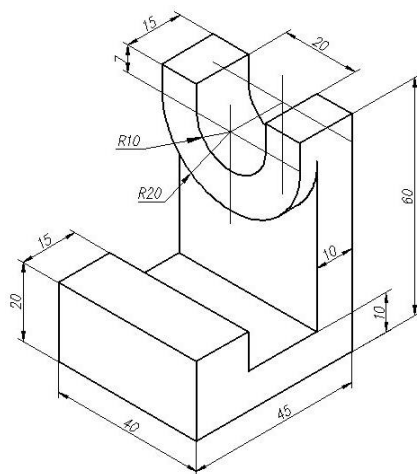
Вариант 15



Вариант 14

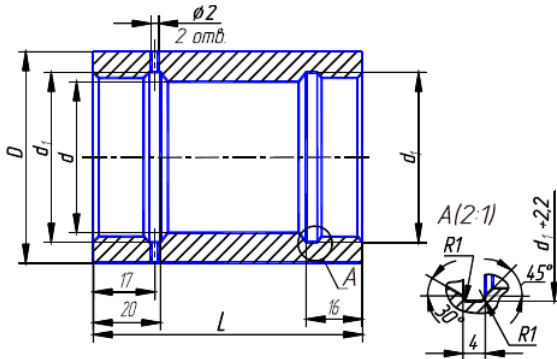


Вариант 16



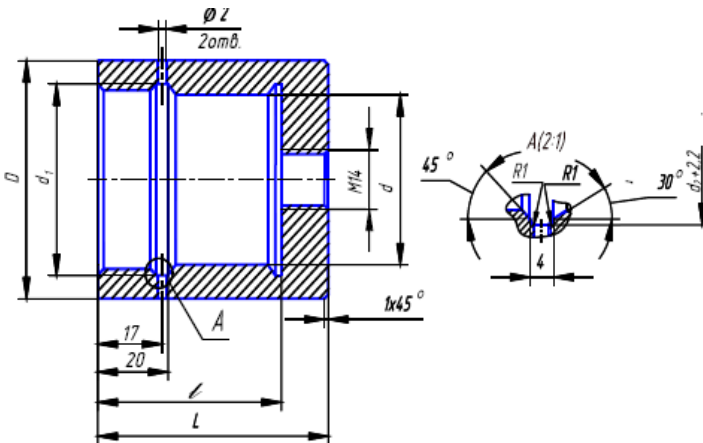
## Задание № 5

### Варианты 1–4



Вариант 1	$D = 56$	$L = 72$	$d = 40$	$d_i = M45 \times 1,5$
Вариант 2	$D = 67$	$L = 85$	$d = 50$	$d_i = M56 \times 1,5$
Вариант 3	$D = 80$	$L = 85$	$d = 63$	$d_i = M68 \times 1,5$
Вариант 4	$D = 105$	$L = 87$	$d = 80$	$d_i = M85 \times 1,5$

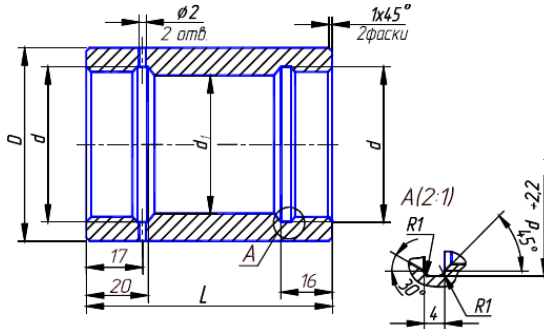
### Варианты 5–8



Вариант 5	$D = 56$	$L = 59$	$l = 47$	$d = 40$	$d_i = M45 \times 1,5$
Вариант 6	$D = 67$	$L = 65$	$l = 55$	$d = 50$	$d_i = M56 \times 1,5$
Вариант 7	$D = 80$	$L = 70$	$l = 59$	$d = 63$	$d_i = M68 \times 1,5$
Вариант 8	$D = 105$	$L = 73$	$l = 60$	$d = 80$	$d_i = M85 \times 1,5$

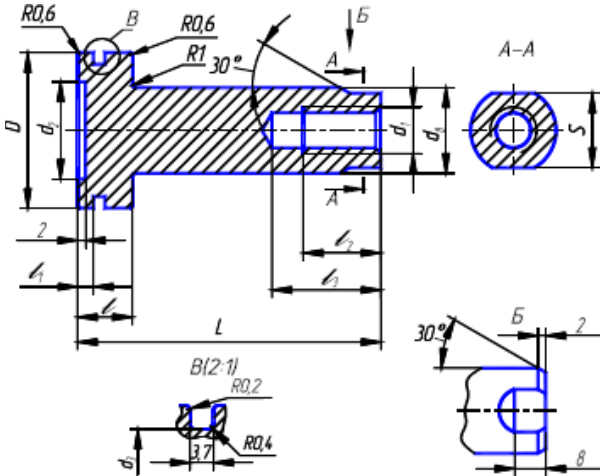


### Варианты 9–12



Вариант 9	$D = 56$	$L = 82$	$d = M45 \times 1,5$	$d_1 = 40$
Вариант 10	$D = 67$	$L = 90$	$d = M56 \times 1,5$	$d_1 = 50$
Вариант 11	$D = 80$	$L = 95$	$d = M68 \times 1,5$	$d_1 = 63$
Вариант 12	$D = 105$	$L = 97$	$d = M85 \times 1,5$	$d_1 = 80$

### Варианты 13–16



Вариант 13	$D = 40$	$L = 80$	$d_B = 22$	$d_1 = M12$	$d_2 = 25$	$d_3 = 35$
Вариант 14	$D = 50$	$L = 90$	$d_B = 25$	$d_1 = M16$	$d_2 = 34$	$d_3 = 45$
Вариант 15	$D = 63$	$L = 94$	$d_B = 32$	$d_1 = M20$	$d_2 = 45$	$d_3 = 58$
Вариант 16	$D = 80$	$L = 97$	$d_B = 36$	$d_1 = M24$	$d_2 = 60$	$d_3 = 75$
Вариант 13	$l = 14$	$h_1 = 4$	$h_2 = 20$	$h_3 = 28$	$S = 19$	—
Вариант 14	$l = 14$	$h_1 = 4$	$h_2 = 25$	$h_3 = 32$	$S = 22$	—
Вариант 15	$l = 18$	$h_1 = 6$	$h_2 = 30$	$h_3 = 40$	$S = 30$	—
Вариант 16	$l = 18$	$h_1 = 6$	$h_2 = 40$	$h_3 = 50$	$S = 32$	—





## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### *Чертежи и бланки для практического занятия № 1*

На практическом занятии № 1 преподавателю следует выдать студентам 10–12 настоящих машиностроительных чертежей (листы курсовых проектов других специальностей, заводские чертежи и т. д.) форматов А1–А0, изображающих сложные агрегаты или машины. Следует скопировать небольшой фрагмент чертежа в пространство вне рамки чертежа (при условии нахождения рамки в пространстве модели) на расстояние, в 1,2–2 раза превышающее ширину чертежа. Следует разработать бланки по ознакомлению с чертежами (по вариантам). Пример бланка приведен ниже.

#### **Бланк** ознакомления с чертежом № \_

Внимательно изучите предложенный Вам чертеж и ответьте на вопросы:

1. Что изображено на данном чертеже? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.
2. Зеленые линии на основном виде обозначают \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.
3. Приблизительно диаметр рулевого колеса машины составляет \_\_\_\_\_ (при условии, что чертеж построен в масштабе 1:10), а глубина грунтозацепа колеса, соответственно \_\_\_\_\_.
4. Габаритные размеры машины (длина и высота), в транспортном положении, составляют \_\_\_\_\_.
5. Что обозначено на чертеже позициями 34, 56 и 110? \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

Вне поля чертежа расположено \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_.

Вопрос № 1 проверяет восприятие всего чертежа в целом, а также умение найти на чертеже и прочесть основную надпись.

Вопрос № 2 рассчитан на понимание общего устройства и назначения конструкции. При составлении вопроса следует учитывать общий уровень технической подготовки студентов и избегать использования сложных терминов.

Для ответа на вопрос № 3 студенту следует освоить измерение объектов на чертеже посредством поля координат в строке состояния.

Вопрос № 4 требует от студента внимательно изучить чертеж и найти на нем соответствующий проставленный размер.

Для ответа на вопрос № 5 следует внимательно изучить вспомогательные виды на чертеже, спецификации, обозначения позиций, технические требования и т. д.

Учебное издание

**КОТЛОБАЙ** Андрей Анатольевич  
**КОТЛОБАЙ** Анатолий Яковлевич

**ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИН**

Учебно-методическое пособие  
по выполнению практических работ  
для студентов специальности  
1-36 11 01 «Подъемно-транспортные, строительные,  
дорожные машины и оборудование»

Редактор *Т. В. Грищенкова*  
Компьютерная верстка *Н. А. Школьниковой*

Подписано в печать 11.12.2012. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Ризография.  
Усл. печ. л. 12,79 + 0,12 вкл. Уч.-изд. л. 10,0 + 0,05 вкл. Тираж 100. Заказ 194.

Издатель и полиграфическое исполнение: Белорусский национальный технический университет. ЛИ № 02330/0494349 от 16.03.2009. Пр. Независимости, 65. 220013, г. Минск.