

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ
ОРДЕНОВ ОКТЯБРЬСКОЙ РЕВОЛЮЦИИ
И ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

Д. В. Шаршунов

ИНФОРМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ И СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

КУРС ЛЕКЦИЙ

*Рекомендовано учебно-методическим объединением
в сфере высшего образования Республики Беларусь
по образованию в области сельского хозяйства
в качестве учебно-методического пособия
для студентов учреждений образования, обеспечивающих
получение общего высшего образования по специальности
6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры*

Горки
Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия
2026

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-0.18.2
Ш25

*Рекомендовано методической комиссией
землеустроительного факультета 25.06.2024 (протокол № 10)
и Научно-методическим советом
Белорусской государственной сельскохозяйственной академии
26.06.2024 (протокол № 10)*

Автор:

кандидат физико-математических наук, доцент *Д. В. Шаршунов*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент *М. М. Кожевников*;
заместитель начальника управления
по сельскому хозяйству и продовольствию

Горецкого районного исполнительного комитета *А. А. Курляндчик*

Шаршунов, Д. В.

Ш25 Информатика и компьютерная графика. Основы компьютерной графики и систем автоматизированного проектирования. Курс лекций : учебно-методическое пособие / Д. В. Шаршунов. – Горки : Белорус. гос. с.-х. акад., 2025. – 95 с.
ISBN 978-985-882-789-2.

Приведен полный конспект лекций по дисциплине «Информатика и компьютерная графика», посвященных теоретическим основам компьютерной графики, САПР. Рассмотрены основы работы в САПР AutoCAD.

Для студентов учреждений образования, обеспечивающих получение высшего образования по специальности 6-05-0532-03 Землеустройство и кадастры.

УДК 681.3.06
ББК 32.973.26-0.18.2

ISBN 978-985-882-789-2

© Белорусская государственная
сельскохозяйственная академия, 2026

Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНУЮ ГРАФИКУ

1.1. Понятие о компьютерной графике

Компьютерная графика – это раздел компьютерных наук, предметом изучения которого является создание, хранение и обработка моделей и их изображений с помощью компьютера.

В компьютерной графике рассматриваются следующие задачи:

- представление изображения;
- подготовка изображения к визуализации;
- создание изображения;
- осуществление действий с изображением.

Области применения компьютерной графики:

- научная графика – наглядное представление результатов расчетов и вычислительных экспериментов;
- деловая графика – наглядное представление результатов работы учреждения или фирмы;
- инженерная графика – связана с материальным производством и включает построение чертежей, схем, профилей и т. д.;
- художественная графика – создание произвольных изображений;
- дизайнерская графика – создание изображений, используемых в полиграфии, дизайне, рекламе.

По способу создания изображения компьютерную графику можно разделить на *пользовательскую* (изображение создается в формате WYSIWYG – что вы видите, то и получите на выводе) и *программную* (изображение формируется с помощью программных средств). В свою очередь, пользовательская графика делится на *растровую* и *векторную*. Программы для работы с пользовательской графикой делятся на просмотрщики изображений и графические редакторы.

1.2. Растровая графика. Цвет

Растровая графика связана с устройствами ввода-вывода типа камеры, монитора или принтера. Так, характеристикой камеры является разрешение, измеряемое в виде произведения количества точек по ширине на количество точек по высоте. Эти точки называются пикселями, а их совокупность (матрица) – растром. Чтобы задать изображение, необходимо для каждого пикселя растра задать его цвет.

По своей сути растровая графика является двумерной, объемность изображения создается за счет использования эффекта перспективы или моделирования неравномерной освещенности.

Растровое изображение характеризуется размерами изображения, способом задания цвета и его глубиной (цветовая модель), разрешением. Размеры изображения задаются, как правило, в пикселях или линейных единицах. Разрешение характеризует плотность пикселей и позволяет переходить от размеров в пикселях к размерам в линейных единицах.

Для характеристики цвета используются следующие атрибуты:

1. Цветовой тон. Цветовой тон позволяет отличать один цвет от другого – например, зеленый от красного, желтого и др.

2. Яркость. Определяется энергией, интенсивностью светового излучения. Выражает количество воспринимаемого света.

3. Насыщенность или чистота тона. Выражается долей присутствия белого цвета. В идеально чистом цвете примесь белого отсутствует.

Цветовая модель – это математическая модель представления цветов в виде последовательности трех чисел, называемых цветовыми компонентами или цветовыми координатами.

Существует три типа цветовых моделей.

1. Аппаратно-зависимые – цветовые модели данной группы описывают цвет применительно к конкретному, цветовоспроизводящему устройству (например, монитору) – RGB, RGBA, CMYK.

2. Аппаратно-независимые модели – эта группа цветовых моделей для того, чтобы дать однозначную информацию о цвете – XYZ, Lab.

3. Психологические – модели, которые основываются на особенностях восприятия цвета человеком – HSB, HSV, HSL.

Максимальное количество цветов, используемое в изображении, определяется как $N = 2^b$, где N – количество цветов, b – глубина цвета в битах. Существуют типы изображений с различной глубиной цвета, например: полноцветные, черно-белые, в оттенках серого, изображения с индексированным цветом. Некоторые типы изображений имеют одинаковую глубину цвета, но различаются по цветовой модели.

Пиксель на экране монитора строится как сочетание трех маленьких лучей основных цветов. Поэтому для работы с экраном используют модели аддитивных цветов. Аддитивные цвета – цвета, основанные на сложении цветов (излучаемые цвета). Наиболее известные модели аддитивных цветов – модели RGB и RGBA. Цвет рассматривается как сумма трех компонентов – красного, зеленого и голубого (модель RGB),

к которой добавляется степень прозрачности (модель RGBA). Интенсивности компонентов задаются как целые числа в диапазоне от 0 (минимальная интенсивность) до 255 (максимальная интенсивность), степень прозрачности изменяется от 0 (непрозрачное изображение) до 1 (полностью прозрачное изображение). Результирующий цвет определяется соотношением интенсивностей компонентов, если они равны, то получим черный цвет. Неоднозначность задания черного цвета есть главная проблема аддитивных моделей.

При печати получается изображение, которое не излучает свет, а наоборот, отражает какие-то лучи, т. е. преобразуют белый свет, «вычитая» из него определенные цвета. Эти цвета называются **субтрактивными** (вычитательными). Они получаются после вычитания из белого основных цветов. При вычитании красного получается **голубой** (С – cyan), при вычитании зеленого – **пурпурный цвет** (М – magenta), а при вычитании синего – **желтый цвет** (Y – yellow). Проблема черного цвета решается введением дополнительной компоненты – черного цвета (K – black). Это также дает определенную экономическую выгоду, поскольку черный пигмент гораздо дешевле остальных. Рассмотренная модель называется моделью CMYK.

Если объединить модели **RGB** и **CMYK**, получится цветовой круг, в котором каждый цвет расположен напротив дополняющего его («комплементарного») цвета и при этом между цветами, из которых он получен. Чтобы усилить какой-то цвет, достаточно ослабить цвет, находящийся напротив (дополняющий его цвет). Например, чтобы усилить желтый, нужно ослабить синий. Положение цвета в цветовом круге характеризуется **цветовым тоном** или **оттенком** (H – hue), от 0 до 360°. Второй параметр – **насыщенность** (S – saturation) – определяет чистоту цвета от 0 % (серый цвет) до 100 % (насыщенный цвет). С уменьшением насыщенности цвет становится блеклым, размытым (это равносильно добавлению в цвет белой краски). Третий параметр – **яркость** (V – brightness) – определяет освещенность или количество света. Уменьшение яркости цвета означает его зачернение (т. е. добавление в цвет черной краски). При нулевой яркости (0 %) мы не можем видеть никаких цветов, поэтому любой цвет воспринимается как черный. Абсолютную яркость (100 %) имеет только белый цвет. В общем случае любой цвет можно представить как цветовой тон, смешанный с белой и черной (т. е. с серой) краской в разных пропорциях. Такая модель получила название **HSB**.

Цветовая модель L^*a^*b была создана Международной комиссией по освещению (CIE) как универсальная и не зависящая от конкретного устройства (монитора, принтера). В ней любой цвет определяется **светлотой L (от 0 до 100)** и двумя цветовыми параметрами **a и b** , каждый из которых меняется в интервале от -128 до 126 . Эта модель используется как промежуточная ступень при преобразовании цвета из одной модели в другую.

Операции растровой графики ориентированы на работу с пикселями. Ниже перечислены основные алгоритмы данных операций.

Базовыми алгоритмами создания растровых изображений являются следующие.

Алгоритмы вывода прямой линии. Они вычисляют положение пикселей, которые должны быть закрашены цветом линии. Линия формируется из последовательностей связанных пикселей, расположенных рядом по горизонтали, вертикали или диагонали.

Алгоритм вывода окружности – аналогичен предыдущему. При ближайшем рассмотрении контур окружности имеет ступенчатый вид.

Алгоритм построения кривой Безье – позволяет по заданным точкам построить кривую, которая повторяет характер расположения точек, но не проходит через них.

Алгоритм построения литер. Контур литер формируется на матрице точек 8×10 (минимум 5×7). Для каждого стиля текста создаются и хранятся свои маски литер.

Алгоритм вывода простейших фигур. Фигура – плоский геометрический объект, состоящий из линий контура и точек заполнения, которые помещаются внутри контура.

Графический вывод фигур делится на две задачи: вывод контура и вывод точек заполнения. Вывод контура проводится на основе алгоритмов вывода линий. В зависимости от сложности контура это могут быть отрезки прямых, кривых или произвольная последовательность соседних пикселей.

Алгоритмы закрашивания. Сначала определяются координаты произвольного пикселя, находящегося внутри очерченного контура фигуры. Цвет пикселя изменяется на цвет заполнения. Затем проводится анализ цветов всех соседних пикселей. Если цвет некоторого соседнего пикселя не равен цвету границы контура или цвету заполнения, то цвет этого пикселя изменяется на цвет заполнения. И т. д., пока внутри контура все пиксели не перекрасятся в цвет заполнения.

Алгоритм закрашивания может быть более сложный, т. е. может использовать *стиль заполнения*. Для обозначения стилей заполнения используют такие понятия как «кисть» и «текстура».

Кисть формирует изображение, которое можно многократно использовать при изображении двумерных объектов. Программы растровой графики позволяют не только создавать кисти для рисования определенного изображения, но и сохранить кисти в библиотеках программы.

Текстура – это закрашивание, которое имитирует внешний вид, материал поверхности. Наиболее часто при использовании текстур используется наложение специально изготовленных растровых изображений.

К основным инструментам растровой графики относятся такие средства обработки изображений, как:

- инструменты выделения (помогают ограничить контуром область);
- слои (помогают разделить фрагменты изображения);
- каналы и маски (позволяют регулировать прозрачность точек изображения);
- инструменты для цветовой и тоновой коррекции (позволяют улучшить восприятие картины);
- инструменты ретуширования (позволяют исправить дефекты картины);
- фильтры (спецэффекты, позволяют модифицировать картину).

Инструменты растровой графики широко используются для корректировки и улучшения имеющихся изображений.

Устранение ступенчатого эффекта. В растровых системах при невысокой разрешающей способности на контурных линиях существует проблема ступенчатого эффекта (aliasing): пиксели линий образуют как бы ступени лестницы. Чтобы растровое изображение линии выглядело более ровным, можно цвет угловых пикселей заменить определенным оттенком цвета, промежуточным между цветом объекта и цветом фона.

Устранение резких переходов цвета. Для получения более реалистичного перехода цветов используют метод разрежения (dithering). Этот метод позволяет увеличить число оттенков цветов на основе снижения разрешения растрового изображения. Алгоритм связан с изменением цвета пикселей на границе областей разных цветов. Пограничные пиксели окрашиваются цветом нового оттенка, усредняющего цвета областей.

Ретуширование. Ретушь (retouch) – коррекция изображения с целью устранения мелких дефектов, исправления тонального и цветового балансов. Инструменты ретуширования изображений предназначены для восстановления поврежденных изображений, например, для ретуши фотографий. Иногда ретуширование используется для украшения изображения, придания ему большей убедительности. Алгоритм включает выполнение двух операций:

- устранение деталей, мешающих созданию нужного эффекта;
- добавление деталей, чтобы подчеркнуть (усилить) нужный эффект.

Бинаризация. Бинаризация – приведение размытого растрового изображения к черно-белому изображению.

Белой точкой (White point) называется то место изображения, где оно выглядит очень светлым, но при этом в нем еще можно различить какие-то детали изображения. Белую точку в изображении можно задать искусственно более темной. В этом случае все элементы изображения, более светлые, чем указанные данным инструментом, будут полностью белыми, без видимых деталей.

Черной точкой (Black point) называется то место изображения, где оно выглядит очень темным, но при этом в нем еще можно различить какие-то детали изображения. Черную точку в изображении можно задать искусственно более светлой. В этом случае все элементы изображения, более темные, чем указанные данным инструментом, будут полностью черными, без видимых деталей.

Алгоритм позволяет очищать изображение от случайного «шума», восстанавливать «засвеченные» области; метод бинаризации может помочь в оцифровке и восстановлении чертежей, которые долгие годы хранились в архивах.

Анализ изображений. В ходе данной операции ищется ответ на вопрос – есть ли на изображении объекты заданного типа.

1.3. Векторная графика

Второе название векторной графики – объектная графика, связано это с тем, что изображение описывается так называемыми объектами, которые построены из основных элементов, называемых примитивами, т. е. простых геометрических фигур, таких как линии, кривые, круги, многоугольники. Каждый из примитивов описывается параметрами, например, в случае сегмента – координатами его концов, а в случае круга – координатами центра и размером радиуса. Такие объекты также имеют определенные атрибуты, такие как толщина и цвет линии, цвет заливки фигуры или неравномерная заливка, например градиент-

ная заливка или заливка узором, или степень прозрачности. Атрибуты в основном зависят от используемого стандарта описания векторной графики.

Основные инструменты векторных редакторов:

- *кривые Безье* – позволяют создавать прямые, ломаные и гладкие кривые, проходящие через узловые точки, с определенными касательными в этих точках;

- *заливка* – позволяет закрашивать ограниченные области определенным цветом или градиентом;

- *текст* – создается с помощью соответствующего инструмента, а потом часто преобразуется в кривые, чтобы обеспечить независимость изображения от шрифтов, имеющихся (или отсутствующих) на компьютере, используемом для просмотра;

- *набор геометрических примитивов* – позволяет использовать готовые изображения часто встречающихся фигур;

- *карандаш* – позволяет создавать линии «от руки». При создании таких линий возникает большое количество узловых точек, от которых в дальнейшем можно избавиться с помощью «упрощения кривой».

Вся идея кривых Безье заключается в обобщении следующего принципа: имея список точек на плоскости, мы хотим описать кривую, которая проходит от первой до последней точки и «направляется» между остальными точками. Легко заметить, что графические редакторы типа Microsoft Paint рисуют именно кривые Безье. Также кривыми Безье являются сплайны, используемые в черчении. В самом деле, изначально сплайн строился на чертеже следующим образом. В направляющие точки втыкались чертежные булавки, между которыми помещалась гибкая линейка так, чтобы число точек по разные стороны ее было бы одинаковым. Далее карандашом обводилась линейка.

Рассмотрим строгое определение и некоторые полезные свойства данных кривых. Обозначим через P_0, P_1, \dots, P_n набор точек, по которым строится кривая, t – параметр в диапазоне от 0 до 1. Тогда по определению кривых Безье получаем:

$$B_{0, \dots, n}(t) = (1-t)B_{0, \dots, (n-1)} + tB_{1, \dots, n}$$

или

$$B_{0, \dots, n}(t) = \binom{n}{k} (t-1)^{n-k} t^k P_k,$$

где

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}.$$

Из определения следует, что

- 1) кривая Безье 0-го порядка – начальная точка;
- 2) кривая Безье 1-го порядка – прямая из точки P_0 в P_1 , ее уравнение имеет

$$B(t) = (1 - t)P_0 + tP_1;$$

3) кривая Безье 2-го порядка – дуга окружности, касающаяся сторон угла $P_0P_1P_2$ в точках P_0 и P_1 ;

4) в параметрической форме кубическая кривая Безье ($n = 3$) описывается следующим образом:

- четыре опорные точки P_0 , P_1 , P_2 , и P_3 , заданные в 2- или 3-мерном пространстве, определяют форму кривой;

- линия берет начало из точки P_0 , направляясь к P_1 , и заканчивается в точке P_3 , подходя к ней со стороны P_2 . То есть, кривая не проходит через точки P_1 и P_2 , они используются для указания ее направления. Длина отрезка между P_0 и P_1 определяет, как скоро кривая повернет к P_3 .

Свойства кривой Безье:

- непрерывность заполнения сегмента между начальной и конечной точками;

- кривая всегда располагается внутри фигуры, образованной линиями, соединяющими контрольные точки;

- при наличии только двух контрольных точек сегмент представляет собой прямую линию;

- прямая линия образуется при коллинеарном (на одной прямой) размещении управляющих точек;

- кривая Безье симметрична, т. е. обмен местами между начальной и конечной точками (изменение направления траектории) не влияет на форму кривой;

- масштабирование и изменение пропорций кривой Безье не нарушает ее стабильности;

- изменение координат хотя бы одной из точек ведет к изменению формы всей кривой Безье;

- любой частичный отрезок кривой Безье также является кривой Безье;

- степень (порядок) кривой всегда на одну ступень меньше числа контрольных точек;

- окружность не может быть описана параметрическим уравнением кривой Безье;

- невозможно создать параллельные кривые Безье, за исключением тривиальных случаев (прямые линии и совпадающие кривые), хотя существуют алгоритмы, строящие приближенную параллельную кривую Безье с приемлемой для практики точностью.

Свойства кривой Безье позволяют легко управлять ей при помощи преобразований опорных точек.

Преобразования векторной графики. При увеличении растрового изображения вы, рано или поздно, увидите отдельные пиксели, так как они не имеют гибкости к увеличению размера и не интерполируются при увеличении масштаба, а при увеличении количества пикселей на единицу площади для сохранения качества изображения происходит увеличение веса файла во много раз. При увеличении же векторного изображения вы всегда можете увидеть четкие формы составляющих его геометрических фигур. Дело в том, что принцип построения векторной графики кардинально отличается от растрового, у векторов описываются только основные точки объектов, а все остальные интерполируются или достраиваются по определяющим данный объект математическим формулам и законам.

В отличие от растровой графики, векторная является полностью масштабируемой графикой, что означает, что векторные изображения можно неограниченно увеличивать и изменять их пропорции без ущерба для качества. Это оправдано математическим описанием элементов (примитивов), поэтому изображение может отображаться в максимально доступном разрешении для данного экрана или распечатки. Качество самого изображения зависит только от точности описания изображения с помощью примитивов: черные волосы нарисованного персонажа можно описать как замкнутую кривую, заполненную черным цветом, хотя также можно описать каждый волос кривой относительно небольшой толщины и черного цвета.

В случае растровой графики поворот изображения может исказить его, вызывая потерю качества (особенно, если это не поворот на кратный прямой угол). Типичные редакторы векторной графики позволяют помимо изменения параметров и атрибутов примитивов также преобразовывать объекты, например, вращать, перемещать, зеркально отображать, растягивать, наклонять или изменять порядок объектов на оси глубины. Таким образом, это еще один шаг в описании идеологического, а не буквального образа.

Векторные изображения можно легко преобразовать в их растровые аналоги с помощью процесса растеризации, что дает только целевое разрешение растрового изображения. Следует отметить, что на

самом деле эта операция всегда выполняется перед отображением векторной графики на мониторе или принтере. Однако существуют устройства, такие как плоттеры, для которых векторное описание является естественным режимом работы.

Операция обратного преобразования, так называемая векторизация или трассировка, сложны и часто не дают ожидаемых результатов. Основная проблема здесь – это поиск ребер, которые часто нелегко найти программам векторизации. При решении этой задачи обычно используются приемы из области искусственного интеллекта, наиболее часто исследуются изменения таких параметров, как контраст, цвет или насыщенность.

Лекция 2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Существует несколько подходов к определению систем, предназначенных для инженерной графики. Основными являются следующие:

- использование ГОСТ 23501.101-87;
- подход, распространенный в англоязычной литературе.

2.1. Подход на основе ГОСТа

САПР – организационно-техническая система, входящая в структуру проектной организации и осуществляющая проектирование при помощи комплекса средств автоматизированного проектирования (КСАП).

Взаимодействие подразделений проектной организации с комплексом средств автоматизации проектирования регламентируется организационным обеспечением.

Основная функция САПР состоит в выполнении автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

Составными структурными частями САПР, жестко связанными с организационной структурой проектной организации, являются подсистемы, в которых при помощи специализированных комплексов средств решается функционально законченная последовательность задач САПР.

По назначению подсистемы разделяют на проектирующие и обслуживающие.

Проектирующие подсистемы имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач.

Примеры проектирующих подсистем:

- подсистема эскизного проектирования;
- подсистема проектирования корпусных деталей;
- подсистема проектирования технологических процессов механической обработки.

Обслуживающие подсистемы имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, а также оформление, передачу и выдачу полученных в них результатов. Примеры обслуживающих подсистем:

- автоматизированный банк данных;
- подсистема документирования;
- подсистема графического ввода/вывода.

Системное единство САПР обеспечивается наличием комплекса взаимосвязанных моделей, определяющих объект проектирования в целом, а также комплексом системных интерфейсов, обеспечивающих указанную взаимосвязь.

Системное единство внутри проектирующих подсистем обеспечивается наличием единой информационной модели той части объекта, проектное решение по которой должно быть получено в данной подсистеме.

Формирование и использование моделей объекта проектирования в прикладных задачах осуществляется КСАП системы или подсистемы.

Структурными частями КСАП в процессе его функционирования являются программно-методические (ПМК) и программно-технические (ПТК) комплексы, а также компоненты организационного обеспечения.

Комплексы средств могут объединять свои вычислительные и информационные ресурсы, образуя локальные вычислительные сети подсистем или систем в целом.

Структурными частями комплексов средств являются компоненты следующих видов обеспечения: программного, информационного, методического, математического, лингвистического и технического.

2.1.1. Требования к компонентам программного обеспечения

Компоненты программного обеспечения, объединенные в ПМК, должны иметь иерархическую организацию, в которой на верхнем уровне размещается монитор управления компонентами нижних уровней программных модулей.

Программный модуль должен регламентировать функционально законченное преобразование информации; быть написанным на одном из стандартных языков программирования; удовлетворять соглашениям о представлении данных, принятым в данной САПР; быть оформленным в соответствии с требованиями ЕСДП.

Монитор предназначен для управления функционированием набора программных модулей ПМК, включая контроль последовательности и правильности исполнения; реализации общения пользователя с ПМК и программных модулей с соответствующими базами данных (БД); сбора статистической информации.

2.1.2. Требования к компонентам информационного обеспечения

Основной формой реализации компонентов информационного обеспечения являются БД в распределенной или централизованной форме, организация данных в которых обеспечивает их оптимальное использование в конкретных применениях.

Совокупность БД САПР должна удовлетворять принципу информационного единства, т. е. использовать термины, символы, классификаторы, условные обозначения, способы представления данных, принятые в САПР объектов конкретных видов.

Независимо от логической организации данных БД должны обеспечивать:

- информационную совместимость проектирующих и обслуживающих подсистем САПР;
- независимость данных на логическом и физическом уровнях, в том числе инвариантность к программному обеспечению;
- возможность одновременного использования данных из различных БД и различными пользователями;
- возможность интеграции неоднородных БД для совместного их использования различными подсистемами САПР;
- возможность наращивания БД;
- контролируемую избыточность данных.

Создание, поддержка и использование БД, а также взаимосвязь между информацией в БД и обрабатываемыми ее программными модулями осуществляется системой управления базами данных (СУБД), являющейся, как общесистемный ПМК, частью одной из обслуживающих подсистем.

2.1.3. Требования к компонентам методического обеспечения

К компонентам методического обеспечения относят:

- утвержденную документацию инструктивно-методического характера, устанавливающую технологию автоматизированного проектирования;

- правила эксплуатации КСАП, ПТК и ПМК;

- нормативы, стандарты и другие руководящие документы, регламентирующие процесс и объект проектирования.

Компоненты методического обеспечения должны размещаться на машинных носителях информации, позволяющих осуществлять как долговременное хранение документов, так и их оперативный вывод в форматах, установленных соответствующими стандартами.

2.1.4. Требования к компонентам математического обеспечения

К компонентам математического обеспечения относят методы математического моделирования объектов и процессов проектирования, математические модели объектов и процессов проектирования, алгоритмы решения задач в процессе проектирования.

Взаимосвязи между компонентами математического обеспечения должны обеспечивать формализацию процесса проектирования и его целостность.

2.1.5. Требования к компонентам лингвистического обеспечения

К компонентам лингвистического обеспечения относят языки проектирования (ЯП), информационно-поисковые языки (ИПЯ) и вспомогательные языки, используемые в обслуживающих подсистемах и для связи с ними проектирующих подсистем.

Компоненты лингвистического обеспечения должны быть согласованными с компонентами обеспечения других видов, быть относительно инвариантными к конкретному содержанию баз данных, представлять в компактной форме средства для описания всех объектов и процессов заданного для систем класса с необходимой степенью детализации и без существенных ограничений на объект описания, быть рассчитанными в основном на диалоговый режим их использования.

Языки проектирования должны базироваться на терминах, принятых в конкретной системе, обеспечивать описание, управление и контроль процесса проектирования, быть ориентированными на пользователей с различным уровнем профессиональной подготовки (в том числе не

имеющих специальной подготовки в области программирования), обеспечивать однозначное представление информации, стандартное описание однотипных элементов и высокую надежность идентификации описания.

Языки проектирования должны представлять собой набор директив, используя которые пользователь осуществляет процесс формирования модели объекта проектирования и ее анализ, обеспечивать возможность эффективного контроля заданий пользователя, иметь средства выдачи пользователю справок, инструкций и сообщений об ошибках, предусматривать возможность использования механизма выбора альтернативных директив из определенного набора (функциональная клавиатура и др.).

Информационно-поисковые языки должны включать словари, правила индексирования входной информации и правила формирования поисковых предписаний.

Словари ИПЯ должны содержать термины (в том числе стандартизованные) соответствующей области техники и другие лексические единицы, необходимые для индексирования и поиска проектной информации с высокой точностью и полнотой.

2.1.6. Требования к компонентам технического обеспечения

К компонентам технического обеспечения относят устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи данных, измерительные и другие устройства и их сочетания, обеспечивающие функционирование ПТК и КСАП, в том числе диалоговый, многопользовательский и многозадачный режим работы, а также построение иерархических и сетевых структур технического обеспечения.

В качестве предпочтительной для САПР следует использовать двухуровневую структуру технического обеспечения, включающую центральный вычислительный комплекс и автоматизированные рабочие места (терминальные станции).

Компоненты технического обеспечения должны представлять возможность:

- кодирования и ввода информации с ее визуальным контролем и редактированием;
- передачи информации по различным каналам связи;
- хранения, контроля и восстановления информации;
- загрузки, хранения и исполнения программного обеспечения;
- оперативного предоставления запрашиваемой информации на устройства вывода.

2.1.7. Требования к компонентам организационного обеспечения

Компоненты организационного обеспечения должны устанавливать:

- организационную структуру системы и подсистем, включая взаимосвязи ее элементов;
- задачи и функции службы САПР и связанных с нею подразделений проектной организации;
- права и ответственность должностных лиц по обеспечению создания и функционирования САПР;
- порядок подготовки и переподготовки пользователей САПР.

Очевидно, что классификация по ГОСТу делает акцент на проектирование.

2.2. Классификация систем автоматизированного проектирования в англоязычной литературе

По отраслям применения выделяют:

- CAD (англ. mechanical computer-aided design) – автоматизированное проектирование механических устройств. Это машиностроительные САПР, которые применяются в автомобилестроении, судостроении, авиакосмической промышленности, производстве товаров народного потребления, включают в себя разработку деталей и сборок (механизмов) с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования;

- EDA (англ. electronic design automation) или ECAD (англ. electronic computer-aided design) – САПР электронных устройств, радиоэлектронных средств, интегральных схем, печатных плат и т. п.;

- АЕС CAD (англ. architecture, engineering and construction computer-aided design) или CAAD (англ. computer-aided architectural design) – САПР в области архитектуры и строительства. Используются для проектирования зданий, промышленных объектов, дорог, мостов и пр.

По целевому назначению выделяют:

- CAD (англ. computer-aided design/drafting) – средства САПР, предназначенные для автоматизации двумерного и (или) трехмерного геометрического проектирования, создания конструкторской и (или) технологической документации и САПР общего назначения, решающие одну из следующих задач:

1) CADD (англ. computer-aided design and drafting) – проектирование и создание чертежей;

2) CAGD (англ. computer-aided geometric design) – геометрическое моделирование;

- CAE (англ. computer-aided engineering) – средства автоматизации инженерных расчетов, анализа и симуляции физических процессов, которые осуществляют динамическое моделирование, проверку и оптимизацию изделий:

1) CAA (англ. computer-aided analysis) – подкласс средств CAE, используемых для компьютерного анализа;

2) CAM (англ. computer-aided manufacturing) – средства технологической подготовки производства изделий, которые обеспечивают автоматизацию программирования и управления оборудования с ЧПУ или ГАПС (гибкие автоматизированные производственные системы);

- CAPP (англ. computer-aided process planning) – средства автоматизации планирования технологических процессов, применяемые на стыке систем CAD и CAM.

Лекция 3. ИНТЕРФЕЙС, НАЧАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА AutoCAD

Система AutoCAD 2020 представляет собой систему автоматического проектирования, которая предназначена для подготовки технической документации и позволяет строить чертежи практически любой сложности, а также выполнять основной набор действий по трехмерному моделированию (с возможным последующим «выгоном» чертежной документации).

Разработчик AutoCAD американская компания Autodesk является лидером на мировом рынке в области разработки систем САПР. Зарегистрированных пользователей этой системы насчитывается свыше 6 млн. Само название системы AutoCAD образовано от сокращенного английского словосочетания Automated Computer Aided Drafting and Design, означающего в переводе «Автоматизированное черчение и проектирование с помощью ЭВМ».

Все версии, начиная с AutoCAD 2004 по 2006, с 2007 по 2009, с 2010 по 2012 и 2013–2017, 2018–2020 используют принципиально одинаковые механизмы работы, и более новая версия в этих четырех диапазонах отличается от предыдущей (в этом же диапазоне версий) только лишь некоторыми дополнительными функциями и улучшениями, не меняющими основные механизмы и инструменты программы, а лишь дополняющими их. Тем не менее внедряемые нововведения делают систему AutoCAD все более удобной и понятной в использовании, а также позволяют автоматизировать все новые и новые моменты в работе проекти-

ровщика, инженера, разработчика. Существенный скачок в качестве работы программы и производительности произошел с переходом от AutoCAD 2006 к AutoCAD 2007 и потом с AutoCAD 2009 на AutoCAD 2010. Существенная модификация (с включением параметризации) произошла при переходе от версии 2009 к 2010.

AutoCAD 2020 предъявляет к компьютеру следующие требования:

1. Процессор: процессор с тактовой частотой 2,5–2,9 ГГц.
2. Необходимый размер оперативной памяти: требуется не менее 8 Гб, рекомендуется 16 Гб.
3. Жесткий диск (винчестер). Для установки программы требуется 3 Гб на жестком диске + 2 Гб временных файлов + 1 Гб дополнительно для 3D-моделирования (всего желательно 6 Гб).
4. Видео. SVGA-монитор с разрешением 1920×1080.
5. Мышь или трекбол (шариковый манипулятор).
6. Клавиатура.
7. Windows 7, Windows 8, Windows 7.1, Windows 10 во всех вариантах.

Необходимо отметить, что даже в официальной русской версии AutoCAD 2020 присутствуют некоторые огрехи, обусловленные переходом. Они не являются критичными, но определенные неудобства все таки причиняют. Например, при выборе опций команды в AutoCAD предусматривается возможность выбора по указанию лишь первой буквы опции в командной строке. Причем буква, которая может для этого использоваться, выводится заглавной в названии опции. Так вот неточность локализации для некоторых команд приводит к тому, что одна буква сопоставляется двум опциям. Выход из данной ситуации простой – указать больше одной буквы для вызова опции.

3.1. Типы файлов

AutoCAD поддерживает большое (порядка 40) количество типов файлов, включающих файлы стандартов, файлы адаптации, файлы чертежей и прочие файлы. Следует отметить, что, поскольку чертежи являются векторными рисунками, то расширение файла не гарантирует правильность обработки данных, требуется знать номер версии пакета, в которой был создан чертеж. Как правило, при несоответствии версии более новый AutoCAD открывает файлы, а более старый выдает ошибку. Файлы стандартов позволяют расширять стили форматирования объектов, файлы адаптации – изменять пользовательский ин-

терфейс или макросы. Чаще всего пользователь имеет дело с файлами чертежей. К ним относятся следующие типы:

- DST – файл набора чертежей или файл подшивки (команда ПОДШИВКА);

- DWF – файл чертежа для Интернета;

- DWFX – файл чертежа для Интернета;

- DWG – файл чертежа или блока;

- DWS – файл стандартов чертежа;

- DWT – файл шаблона чертежа;

- DXB – двоичный файл обмена данными чертежей;

- DXF – файл графического обмена (ASCII или двоичный).

DST файлы облегчают перенос комплектов чертежей с компьютера на компьютер.

DWF и DWFX представляют собой защищенные форматы файлов, разработанные компанией Autodesk. Они позволяют объединять и публиковать большие объемы данных 2D- и 3D-проектирования для совместного использования с другими пользователями. DWF и DWFX представляют собой форматы файлов с высоким сжатием и, следовательно, лучше подходят для передачи через Интернет для проверки, чем файлы DWG. Можно экспортировать один чертеж или опубликовать несколько чертежей и подшивок в одном файле DWF или DWFX. Проверяющим не нужно устанавливать AutoCAD для проверки файлов DWF и DWFX. Вместо этого они смогут установить бесплатное приложение Autodesk Design Review для проверки, нанесения пометок, печати и отслеживания изменений. В программе AutoCAD можно просмотреть пометки, изменить чертежи, изменить статус пометок и повторно опубликовать их в файл DWF или DWFX для дальнейшего рассмотрения.

Файлы DWG используются для хранения отдельных чертежей или определений блоков чертежа.

Файлы стандартов чертежей (DWS) используются в стандартах оформления и утилитах пакетного нормоконтроля.

Файлы шаблонов чертежей (DWT) используются при создании новых чертежей.

Файлы DXF и DXB представляют собой два типа файлов обмена чертежами, используемых для передачи данных между различными приложениями. Файл DXF (формат обмена чертежами) представляет собой либо двоичное, либо ASCII-представление файла чертежа. Он часто используется для обмена данными чертежа между другими программами САПР.

3.2. Интерфейс AutoCAD

Запустить AutoCAD можно любым стандартным способом:

- на главное меню Windows (**Пуск** → **Все программы** → **Autodesk** → **AutoCAD 2020 – Русский** → **AutoCAD 2020** для версии 2020);
- двойным щелчком левой кнопки мыши по соответствующей иконке на Рабочем столе.

При запуске может появиться окно приветствия (обычно при первом запуске) или окно **Начало работы**, рассмотренное ниже (рис. 3.1).

Следует отметить следующую особенность AutoCAD: система запоминает последние настройки и переносит их по умолчанию на новый сеанс. Поэтому важно разобраться, как установить используемые единицы, ограничить область рисования (важно при распечатке чертежа на один лист).

Одним из простейших вариантов предварительной настройки AutoCAD является использование диалогового окна **Начало работы**, в котором необходимо выбрать режим работы. Если такое окно не появилось, то это означает, что система с помощью значения 0 системной переменной *STARTUP* настроена на автоматический вход в новый чертеж со стандартными установками.

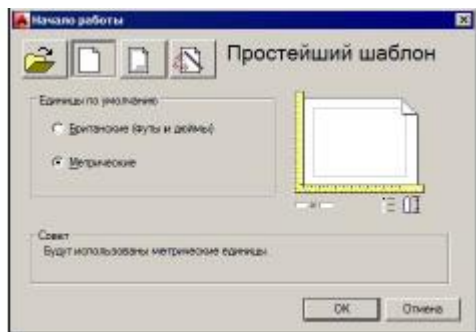


Рис. 3.1. Окно НАЧАЛО РАБОТЫ

Для создания чертежа достаточно нажать кнопку со значком «+» на наборе вкладок или вызвать команду **Файл** → **Создать**. В этом случае, как и для выбора шаблона, появится окно **Выбор шаблона**. Под шаблоном чертежа подразумевается файл, хранящий настройки стилей для текста, размеров, таблиц, мультивыносок, слоев и единиц измерения.

То есть, имея готовый «правильный» шаблон, можно не беспокоиться о настройках. Более того, шаблон может содержать уже готовые рамки страницы и штампы, листы, блоки.

Алгоритм создания шаблона в AutoCAD следующий:

1. Создать и настроить текстовый и размерный стиль в соответствии с ГОСТом.
2. Создать и настроить стиль для таблиц и мультивыносок.
3. Создать основные слои, задать им имя, цвет и другие настройки.
4. Создать и настроить листы в соответствии со стандартными форматами (А3, А4 и т. д.).
5. Разместить на листах рамку и заполненный штамп.
6. При необходимости начертить/загрузить блоки и создать собственную библиотеку.
7. Выполнить дополнительные настройки и построения по своему усмотрению.

Обычно новый чертеж с привычными нам единицами измерения создается при выборе опции **Открыть без шаблона** → **Метрические**.

В основе организации окна AutoCAD по умолчанию лежит ленточный интерфейс. То есть вместо использования разрозненных панелей инструментов и строки меню, характерных для версий до 2007, разработчики AutoCAD предложили использовать так называемую ленту инструментов. При необходимости можно вернуть старый стиль организации окна, включив режим адаптации (рабочее пространство) **Классический AutoCAD**. По умолчанию после установки AutoCAD загружается в начальном рабочем пространстве, т. е. с настройками и интерфейсом, максимально нейтральными и общими. Называется он **Рисование и аннотации**. Для трехмерного проектирования предназначено рабочее пространство **Моделирование**. Переход между рабочими пространствами осуществляется с помощью кнопки на панели состояния, которая называется **Переключение рабочих пространств** и обозначается шестеренкой. При необходимости здесь можно настроить внешний вид AutoCAD по своему усмотрению. Это является значительной помехой при совместном использовании компьютера несколькими пользователями.

В структуре окна AutoCAD можно выделить:

- кнопку меню приложения (похоже на главное меню программ пакета Microsoft Office);
- меню быстрого доступа (здесь есть кнопки создания, сохранения чертежей, отмены действий, возможно наличие меню переключения рабочих пространств, кнопка настройки этого меню и ленты);
- стандартные кнопки управления окном приложения;

- возможно наличие классического меню (включается через кнопку настройки меню быстрого доступа);
- ленту инструментов;
- рабочую область, представленную пространством модели (безразмерное) или листов (с учетом вывода на печать или конверсии);
- окно команд;
- панель информации и панель состояния.

Лента имеет несколько вкладок, переход между которыми осуществляется щелчком мыши по их названиям. Названия вкладок размещаются над самой лентой и заменяют собой строку меню, которая по умолчанию отсутствует. Каждая из вкладок ленты содержит группу или группы инструментов, предназначенных для выполнения определенного класса задач.

Главная – вкладка доступна по умолчанию при запуске AutoCAD 2020 и содержит все основные инструменты по рисованию и редактированию, а также управлению слоями (переходу между слоями), вставке блоков и аннотаций, а также заданию внешнего вида линий построения (тип, цвет, толщина).

Вставка – как следует из названия этой вкладки, она предназначена для работы с блоками. Базовые инструменты блоков (например, инструмент вставки блока) присутствуют и на главной вкладке, но здесь собран весь набор возможностей по работе с блоками и их атрибутами.

Аннотации – если вам понадобится нанести размеры, вставить/отредактировать аннотацию, поставить выноску, начертить таблицу или задать параметры текстовой надписи, то вам на эту вкладку.

Параметризация – содержит инструменты для задания геометрических и размерных зависимостей, а также управления имеющимися зависимостями на чертеже.

Вид – содержит настройки, влияющие на параметры и способы отображения чертежа в окне AutoCAD 2020, а также на внешний вид самого окна AutoCAD 2020.

Управление – содержит инструменты для настройки интерфейса окна AutoCAD, управления чертежами и данными (импорт, экспорт), а также многие другие.

Вывод – на данной вкладке сосредоточены инструменты вывода на печать и экспорта.

Надстройки – это вкладка, на которой сосредоточены инструменты установленных у вас надстроек над AutoCAD (если таковые имеются).

Совместная работа – здесь вы найдете инструменты для совместной работы: использование общих видов, сравнение файлов чертежей.

Рекомендованные приложения – новая вкладка AutoCAD 2020, обеспечивающая доступ к другим приложениям, которые можно интегрировать в AutoCAD 2020. Доступ к приложениям осуществляется через загрузку (возможно, покупку) в AppStore от Autodesk, переход на который осуществляется нажатием одноименной кнопки.

Окно команд позволяет осуществлять действия без использования графического интерфейса. Следует отметить, что практически любые действия, инициированные с ленты или кнопок панели состояния, требуют дальнейшей детализации или выбора варианта возможной реализации. Именно поэтому окно команд является неотъемлемой частью AutoCAD. Еще одно достоинство использования команд. Имя команды (особенно англоязычный вариант) является неизменным в большинстве CAD-систем (поэтому и существует формат DXF), что облегчает перенос чертежей. В тексте названия команд выделены прописными буквами, а экранный вывод – специальным шрифтом. Большая буква в экранном выводе означает, что если нажать соответствующую клавишу на клавиатуре, то будет выбрана данная опция.

3.3. Настройка панелей инструментов

Чтобы отобразить невидимую в данный момент панель, следует щелкнуть правой кнопкой мыши по любой видимой панели и в раскрывшемся списке выбрать название нужной панели. Также отобразить любую панель вы можете, выбрав ее на вкладке **Вид** ленты инструментов в разделе **Окна – Панели инструментов**.

Чтобы удалить кнопку с видимой панели, следует:

1. Вызвать диалоговое окно **Настройка интерфейса пользователя**. Сделать это можно из строки меню **Сервис** → **Адаптация** → **Интерфейс** или введя в командную строку `_cui` и нажав на клавишу «Enter». Либо можно нажать кнопку **Пользовательский интерфейс** на вкладке **Управление** ленты инструментов.

2. Далее в верхнем левом древовидном списке **Адаптация во все файлы** раскрыть перечень панелей. Найти нужную панель и раскрыть список содержащихся на ней команд, щелкнув по значку «+» рядом с ней.

3. В списке команд панели щелкнуть правой кнопкой мыши по той команде, значок которой вы хотите удалить с панели. В появившемся контекстном меню выбрать команду **Удалить**, и кнопка будет удалена.

Чтобы добавить кнопку на панель инструментов, нужно выполнить следующие действия:

1. В любом случае сначала необходимо вызвать диалоговое окно **Настройка интерфейса пользователя**.

2. В верхнем левом древовидном списке **Адаптация во все файлы** раскрыть перечень панелей.

3. В списке команд найти команду, которую вы хотите поместить на какую-либо панель, и мышкой перетащить ее на название панели в верхнем списке. При этом рядом с панелью при перетаскивании на нее команды должен справа появиться синий треугольник.

3.4. Начальные настройки чертежа

После создания нового чертежа рекомендуется поводить мышкой по чертежу и проверить координаты мыши в строке состояния. Если отображаемые числа свидетельствуют о неправильных единицах (например, координаты отображаются в дюймах) или масштабе (малые или большие числа, не соответствующие ожидаемым значениям), то потребуется изменить настройки чертежа. Это можно сделать либо через упомянутое ранее окно **Начало работы** при запуске программы, либо с помощью команд **ЛИМИТЫ** и **ЕДИНИЦЫ** или их эквивалентов из системного меню **Формат**. Для вызова окна **Начало работы** в момент запуска AutoCAD введите команду **STARTUP** в окне команд. В ответ на запрос:

Новое значение Startup <0>:

введите 1 (отобразить окно). Как результат, в дальнейшем при каждом запуске AutoCAD будет автоматически открываться окно **Начало работы**. Чтобы оно появилось именно сейчас, вам придется перезапустить AutoCAD.

Подробные настройки делаются в режиме мастера. Они включают:

- настройку линейных единиц;
- настройку угловых единиц;
- настройку направления нулевого угла;
- настройку направления отсчета угла;
- настройку размеров области рисования, неудачно называемую площадью.

Использовать команды **ЛИМИТЫ** и **ЕДИНИЦЫ** можно на любом этапе черчения, но оптимально – в начале.

Команда **ЛИМИТЫ** выдаст следующий запрос:

Левый нижний угол или [ВКЛ/ОТКЛ] <0.0000, 0.0000>:

Далее от вас потребуются ввести координаты верхнего правого угла экрана. При этом в командной строке появится запрос:

Правый верхний угол <420.0000, 296.0000>:

Формат области построения соответствует в приведенном примере стандартному формату А3 (420×297 мм).

У первого запроса есть две опции:

1. ВКЛ – включение контроля лимитов. Если контроль лимитов включен, то пользователь не может вводить точки, координаты которых выходят за лимиты сетки. Поскольку контроль относится только к указываемым точкам, фрагменты объектов могут оказаться за пределами лимитов сетки.

2. ОТКЛ – отключение режима контроля лимитов. Текущие значения лимитов сохраняются и могут быть использованы при последующем включении режима контроля лимитов.

Команда **ЕДИНИЦЫ** выводит на экран диалоговое окно **Единицы чертежа**, в котором и настраиваются единицы измерения (линейные, угловые, направления).

Если требуется точно соблюдать размеры (включен контроль лимитов), то можно нарисовать ограничивающую рамку.

3.5. Режимы рисования

Предназначены для повышения точности и скорости построений с помощью мыши. Включаются кнопками в нижней части экрана. Режим считается включенным, если включена (нажата) соответствующая ему кнопка. Включение и выключение кнопки режима осуществляется щелчком левой кнопки мыши. Рассмотрим некоторые из кнопок режимов рисования.

Кнопка режима **АНЗВ** позволяет включать или выключать автоматическое наложение подразумеваемых (очевидных) зависимостей на строящиеся объекты (например, при построении прямоугольника все углы прямые).

Кнопка режима **ШАГ** дает возможность включать или выключать шаговую привязку к точкам невидимой сетки с определенным настраиваемым шагом (перемещение курсора по экрану осуществляется не непрерывно, а только по узлам этой сетки) или угловую привязку

(вблизи определенных углов перемещения курсора осуществляются только по сегментам с заданным шагом).

Кнопка режима **СЕТКА** позволяет включать или выключать отображаемую в чертеже сетку с настраиваемым шагом. Эта видимая сетка может не совпадать с невидимой сеткой, используемой в режиме **ШАГ**.

Кнопка режима **ОРТО** включает или выключает режим ортогональности. Если этот режим включен, то AutoCAD начинает корректировать вновь строящиеся прямолинейные сегменты отрезков и полилиний до вертикальных или горизонтальных.

Кнопка режима **ОТС-ПОЛЯР** включает или выключает полярное отслеживание, которое является расширением режима **ОРТО** на углы с некоторым настраиваемым шагом.

Кнопка режима **ПРИВЯЗКА** позволяет включать или выключать постоянное действие заданных функций объектной привязки (перечень одновременно действующих привязок настраивается).

При включении с помощью кнопки режима **ОТС-ОБЪЕКТ** объектного отслеживания система AutoCAD позволяет использовать полярное отслеживание от промежуточной точки, указываемой с применением объектной привязки.

Кнопка **ДИН** включает или выключает режим динамического отображения ввода. Если режим выключен, то вводимые или указываемые значения видны только в командной строке и не отображаются в графическом экране около курсора.

Кнопка режима **ВЕС** включает или выключает отображение весов элементов чертежа. Вес линий – это толщина, с которой объект должен быть выведен на принтер (плоттер). На графическом экране объекты отображаются без весов, если кнопка режима **ВЕС** выключена, и с весами – если включена.

Настройка параметров режимов рисования осуществляется с помощью команды **РЕЖИМРИС**, которая открывает диалоговое окно **Режимы рисования**.

3.6. Веса линий

Вес линий – это свойство, назначаемое для графических объектов, штриховок, выносок и размерных геометрий, которое позволяет получить более толстые затемненные линии.

Текущий вес линий назначается для всех новых объектов до тех пор, пока другой вес не будет выбран текущим. Помимо задания точ-

ного значения для веса линии можно установить параметры *ПоСлою* или *ПоБлоку*.

Если установлен текущий вес линий *ПоСлою*, то все создаваемые объекты используют вес линий, присвоенный текущему слою.

Если установлен текущий вес линий *ПоБлоку*, то объекты, пока они не объединены в блок, создаются с весом линий, установленным по умолчанию. Вставляемым в чертеж блокам присваивается текущий вес линий.

В чертеже веса линий можно включать и отключать. Если используемые веса линий представляются более чем одним пикселем, то время регенерации чертежа возрастает. Для оптимизации производительности можно отключить отображение веса линий в строке состояния. Данная опция не влияет на вывод весов линий при печати.

Для отображения или скрытия весов линий нажмите кнопку **Вес**. Вес линий не отображается в строке состояния по умолчанию. Нажмите кнопку **Адаптация** в строке состояния и выберите пункт **Вес линий**.

Для установки текущего веса линии выполните действия в следующей последовательности:

1. Перейдите на ленту **Главная** → **Свойства** → **Вес линий**.
2. В раскрывающемся списке **Вес линий** выберите **Вес линий**.
3. В диалоговом окне **Параметры весов линий** выберите в списке требуемый вес линий.

Можно использовать команды **ВЕСЛИН** и **УСТПОСЛОЮ**.

Для первой из них отображается следующий запрос:

Отображение текущего значения веса линии

Если значение отличается от *ПоСлою*, *ПоБлоку* или *ПоУмолчанию*, оно отображается в миллиметрах или дюймах.

Значения веса линий могут выбираться из фиксированного ряда значений, среди которых есть специальные значения *ПоСлою*, *ПоБлоку* и *Обычный*. Численные значения весов линий могут выражаться в миллиметрах или дюймах. По умолчанию используются миллиметры. Если введено допустимое значение веса линий, то оно становится текущим значением. Если введено недопустимое значение веса линий, то текущим значением становится ближайшее допустимое значение.

Для настройки вывода на печать объектов с нестандартным весом линий можно воспользоваться стилями печати для управления весом линий, выводимых на печать. Значение веса линии *Обычный* задается системной переменной *LWDEFAULT*. Исходное значение – 0,25 мм

(0,01 дюйма). В пространстве модели нулевое значение веса линии соответствует линии толщиной в 1 пиксель, а при выводе на печать – наименьшей величине, обеспечиваемой используемым печатающим устройством.

? – **Список весов линий.** Вывод списка допустимых значений веса линий в текущих единицах.

Вызов команды УСТПОСЛОЮ позволяет переопределить свойства выбранных объектов на значение *ПоСлою*. Отображаются следующие запросы:

Объекты не выбраны

Выберите объекты

Задание объекта для наследования свойств слоя (*ПоСлою*).

Режимы

Отображение диалогового окна **Настройки УстПоСлою**, где можно выбрать свойства объекта, которым присваивается значение *ПоСлою*.

Объекты выбраны

Изменить Поблоку на ПоСлою?

Задание изменения свойства *Поблоку* на *ПоСлою*.

Включая блоки?

Задание применения изменений к блокам.

3.7. Масштабирование

2D-чертежи AutoCAD обычно создаются в пространстве модели в полном размере, т. е. в масштабе 1:1. Затем чертежи выводятся на печать в так называемом масштабе печати.

Для масштабирования объектов в пространстве модели используется команда МАСШТАБ. Запросы команды:

Выберите объекты. Определение объектов, размер которых требуется изменить.

Базовая точка. Определение базовой точки для масштабирования. Масштабирование выбранных объектов производится относительно базовой точки; это означает, что ее положение не изменяется.

Масштаб. Увеличение размеров выбранных объектов в указанное число раз. Для увеличения объектов следует задать значение, большее 1. Для уменьшения объектов следует задать значение в диапазоне 0–1. Кроме того, увеличивать или уменьшать объекты можно посредством перемещения курсора, удерживая нажатой левую кнопку мыши.

Копировать. Создание копии выбранных объектов для масштабирования.

Опорный отрезок. Масштабирование выбранных объектов относительно существующей и новой длины опорного отрезка.

Можно вывести чертеж на печать из пространства модели. Для этого выберите **Окно** в разделе **Область печати** диалогового окна **Печать**. Затем выберите область, которую требуется вывести на печать, и откройте ее в режиме предварительного просмотра, чтобы убедиться в том, что она отображается нужным образом. Тем не менее печать с листа (т. е. из пространства листа) обычно является предпочтительным вариантом.

Масштаб, как и параметры страницы в режиме модели, определен в текущем шаблоне чертежа. Изменить масштаб и параметры можно следующим образом.

1. Правой кнопкой мыши щелкните по области рисования и выберите **Параметры**.

2. При необходимости щелкните вкладку **Файлы**.

3. В древовидном меню разверните пункт **Настройки шаблона** и внесите изменения, необходимые для доступных объектов.

Лекция 4. ПРОСТЫЕ ПРИМИТИВЫ AutoCAD

4.1. Задание координат

В AutoCAD месторасположение объектов, а нередко и их основные параметры задаются путем указания координат их характерных точек. Характерные точки – это точки, по которым можно однозначно построить объект на чертеже. Например, для отрезка характерными точками являются его начало и конец. Соответственно, при построении отрезка вы указываете координаты его начальной и конечной точек. Кроме того, вы должны первое построение чертежа начинать не щелчком мыши в произвольном месте, а в точке с точно заданными координатами.

Задание координат в AutoCAD 2020 может осуществляться несколькими способами, использование того или иного из них обусловлено лишь удобством.

Всего в AutoCAD предусмотрено пять способов задания координат:

- интерактивный метод;
- метод абсолютных координат;

- метод относительных прямоугольных координат;
- метод относительных полярных координат;
- задание направления и расстояния.

Рассмотрим их применение.

Интерактивный метод. Задание координат осуществляется щелчками мыши в пространстве чертежа в ответ на приглашение командной строки.

Метод абсолютных координат заключается в непосредственном вводе координат в командную строку. Он используется в тех случаях, когда необходимо точно указать координаты расположения объекта. При этом значения координат X и Y вводятся через запятую, а по окончании ввода нажимается клавиша «Enter». Координаты отсчитываются в линейных единицах чертежа.

В основе данного метода лежит стандартная система прямоугольных координат. Для полной ясности в левом нижнем углу графической зоны расположена пиктограмма ИСК, показывающая направление осей X и Y .

Отсчет координат при абсолютном методе производится из точки пересечения этих осей, называемой началом координат $(0,0)$. Точки слева от нее будут иметь отрицательные координаты X , а точки, расположенные ниже, – отрицательные координаты Y . При вводе абсолютных координат используется символ #.

Метод относительных прямоугольных координат отличается от метода абсолютных координат тем, что координаты X и Y задаются относительно последней заданной точки, а не относительно начала координат.

При вводе относительных прямоугольных координат используется специальный символ @.

Полярные координаты подразумевают указание месторасположения какой-либо точки (объекта) путем задания двух параметров:

- расстояния от начала координат;
- угла между нулевым направлением полярной системы отсчета и вектором, направленным от начала координат к искомой точке. Причем в полярной системе отсчета угол может быть как положительным, так и отрицательным. Соответственно, он будет отсчитываться против или по часовой стрелке.

Метод относительных полярных координат используется тогда, когда положение следующей точки нужно задать на определенном

расстоянии в определенном направлении (под определенным углом) относительно предыдущей точки.

При задании относительных полярных координат используются два специальных символа:

- символ @ означает, что координаты берутся относительно последней точки;

- символ < означает, что следующее за ним значение является величиной угла.

Метод задания направления и расстояния является комбинированным методом, в основе которого лежит как метод относительных полярных координат, так и интерактивный метод. При этом значение расстояния (откладываемого от последней точки) вводится в командную строку, а направление (угол) задается вручную мышкой.

По умолчанию в графической зоне никакой координатной сетки не видно. Включить или выключить ее можно четырьмя способами:

1) нажать клавишу «F7»;

2) щелкнуть левой кнопкой мыши по кнопке **СЕТКА (GRID)** в строке состояния:

3) перейти из строки меню **Сервис** → **Режимы рисования** и в появившемся одноименном окне, на вкладке **Шаг и сетка**, установить или убрать флажок **Сетка Вкл (F7)**;

4) ввести в командную строку **Сетка** (или **grid**) и в ответ на запрос:

Шаг сетки (X) или [Вкл/Откл/Шаг привязки/основной/адаптивный/лимиты/следующий/Аспект] <10.00<10>:

указать **Вкл** (или **_on**) – чтобы включить сетку, **Откл** (или **_off**) – чтобы выключить ее. Текущие координаты точки на экране отображаются в строке состояния или окне динамического отображения ввода на чертеже (клавиша «F12»).

4.2. Точка

Для ввода точки используется команда **ТОЧКА (POINT)**, единственным вводом которой является:

Текущие режимы точек: **PDMODE = 0 PDSIZE = 0.0000**

Укажите точку:

Режимы точек определяют форму (PDMODE) и размер (PDSIZE) маркера. Нулевые значения означают, что точка отображается в виде одного пиксела, поэтому ее фактически не видно на чертеже. Изменить это можно следующим образом.

1. На ленте **Главная** в группе **Утилиты** выбрать пункт **Отображение точек**, который вызывает диалоговое окно **Отображение точек**.

2. С помощью мыши отметить ту форму точки, которую вы хотите получить, и задать размер точки (предпочтительный размер составляет 5 %).

3. Закрыть диалоговое окно, система автоматически перерисует ранее введенные точки чертежа.

4.3. Отрезок

Отрезок – это часть прямой, ограниченная двумя точками. Рисуются командой **ОТРЕЗОК (LINE)**, а также инструментом, расположенным на ленте **Главная**. Параметры построения задаются либо с помощью ответов на запросы, либо в рабочей области.

Начальный запрос команды:

Первая точка:

Самый простой способ задания первой точки отрезка – указать ее с помощью мыши на видимой части графического экрана. Также можно воспользоваться одним из способов ввода координат точек с клавиатуры. Следующий запрос:

Следующая точка или [Отменить]:

Для третьей и последующих точек:

Следующая точка или [Замкнуть/Отменить]:

При движении курсора по экрану к предполагаемому положению конечной точки отрезка система AutoCAD, как и при запросе первой точки, динамически показывает запрос, но вместо текущих координат курсора отображает смещение относительно предыдущей точки. Для смещения вводятся расстояние и угол наклона строящегося отрезка относительно горизонтального направления оси X. Нажатие клавиши «Enter» вместо ввода приводит к прекращению рисования отрезка.

Часть запроса (опция, или параметр) на ввод второй точки заключена в квадратные скобки и имеет серый фон. Это означает, что можно или указать на экране следующую точку, или выбрать опцию (вариант следующего шага команды). Если вы выберете опцию **Отменить**,

то AutoCAD отменит предыдущую точку и опять попросит начать с первой точки. Опция **Замкнуть** соединяет текущую точку с первой, формируя замкнутый контур.

Есть еще один вариант завершения команды **ОТРЕЗОК** – вместо нажатия клавиши «Enter». Можно поместить указатель мыши внутрь графического экрана и нажать правую кнопку мыши. При этом на месте, где находится курсор, появится контекстное меню, содержание которого зависит от выполняемой в данный момент команды.

Еще один вариант работы с опциями – использование клавиш <↑> и <↓>. В этом случае мы имеем возможность перемещаться по списку опций.

Следует отметить, что при рисовании замкнутого контура при помощи отрезков или дуг контур будет состоять из отдельных фрагментов. Это легко проверить, выделив любой фрагмент щелчком мыши и переместив его. Контур будет разорван. Полностью замкнутый неразрывный контур формируют только прямоугольник, многоугольник, окружность, эллипс или полилиния.

4.4. Луч и прямая

Луч – это примитив, бесконечный в одну сторону и начинающийся в некоторой точке. Для его построения служит команда **ЛУЧ**. Команда может быть вызвана с помощью пункта **Луч** меню **Рисование** или кнопки из панели **Рисование**.

Первый запрос команды:

Начальная точка:

После задания первой точки AutoCAD циклически запрашивает другие точки и строит лучи, проходящие из первой точки через остальные:

Через точку:

Окончание команды – нажатие клавиши «Enter» или правой кнопки мыши.

Прямые, в отличие от отрезков и лучей, – это линии, бесконечные в обе стороны. Для их построения используется команда **ПРЯМАЯ**, которая может быть вызвана из выпадающего меню **Рисование** пунктом **Прямая**, а также кнопкой из панели **Рисование**.

Первый запрос команды:

Укажите точку или [**Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ**]:

Если в этот момент вы укажете точку, то AutoCAD будет строить пучок прямых, проходящих через нее. Для фиксации положения прямой на плоскости достаточно двух точек, через которые она проходит, поэтому следующий запрос таков:

Через точку:

Можно задать несколько точек на плоскости, через которые пройдет пучок прямых.

Для окончания команды используйте клавишу «Enter» или правую кнопку мыши.

Следующие пять опций, которые вам доступны в начале работы команды, позволяют рисовать специальным образом расположенные прямые: горизонтальные (**Гор**); вертикальные (**Вер**); под определенным углом (**Угол**); образующие биссектрису некоторого угла, для которого нужно указать вершину и стороны (**Биссект**); параллельные другому линейному объекту, т. е. отрезку, лучу или прямой (**Отступ**).

Опция **Гор** выдает запрос:

Через точку:

Необходимо задать точки, через которые пройдут горизонтальные прямые.

Аналогично работает и опция **Вер**.

При использовании опции **Угол** выдается запрос:

Угол прямой (θ) или [Базовая линия]:

В этот момент нужно задать угол наклона, измеряемый относительно горизонтали (положительного направления оси *X*). Если нажать клавишу «Enter», то углом наклона будет нулевой. Угол можно задать числом (в действующих угловых единицах, обычно в градусах) или указав мышью одну точку. Система выдаст запрос:

Вторая точка:

Необходимо задать другие точки, между которыми система AutoCAD построит невидимый отрезок и измерит угол наклона относительно положительного направления оси *X*.

Если использовать опцию **Базовая линия**, то AutoCAD выдаст следующий запрос:

Выберите линейный объект:

Нужно указать опорный линейный объект (отрезок, луч или прямую), относительно которого будет взят запрашиваемый далее угол наклона.

После задания угла появится знакомый запрос **Через точку:**, и вам необходимо будет указать точки (или точку), через которые пройдут прямые с заданным углом наклона.

Опция **Биссект** строит прямую, являющуюся биссектрисой угла, для которого нужно указать точку вершины, точки на первой и на второй сторонах (лучах) угла. Поэтому первый запрос системы таков:

Укажите вершину угла:

Следующий запрос о точке на первой стороне угла:

Точка на первом луче угла:

Затем выдается повторяющийся запрос о точке на второй стороне угла:

Точка на втором луче угла:

Если вы зададите несколько точек (и закончите ввод нажатием клавиши «Enter» или правой кнопки мыши), то будут построены биссектрисы углов, у которых одинаковые вершины и первая сторона угла, а вторые стороны угла будут меняться.

Опция **Отступ** строит прямые линии, параллельные отрезкам, лучам и другим прямым. При этом система выдает такой запрос:

Величина смещения или [Точка] <Точка>:

Здесь необходимо либо ввести число, которое станет расстоянием между параллельными линейными объектами, либо нажать клавишу «Enter», если вы соглашаетесь с предлагаемой системой по умолчанию опцией.

Если вы указали величину смещения, то следующий запрос системы таков:

Выберите линейный объект:

Нужно указать отрезок, луч или прямую. Следующий запрос:

Укажите сторону смещения:

Поскольку к линейному объекту на плоскости могут быть построены две параллельные линии, то необходимо указать любую точку, расположенную по ту же сторону от базового линейного объекта, что и строящаяся параллельная линия.

Если в опции **Отступ** в ответ на запрос **Величина смещения или [точка]:** вы выбираете опцию **Точка**, то AutoCAD запрашивает:

Выберите линейный объект:

А затем просит точку, через которую нужно провести параллельную линию:

Через точку:

Вам нужно указать соответствующую точку. Система построит параллельную линию и затем опять повторит запрос:

Выберите линейный объект:,

в ответ на который можно указать новый объект для параллельности или закончить команду (с помощью клавиши «Enter» или правой кнопки мыши).

4.5. Дуга

Дуга – это примитив, являющийся частью окружности. Для его построения используется команда ДУГА. Команда может быть вызвана из панели **Рисование** ленты и одноименной панели инструментов с помощью соответствующей кнопки.

Самый общий вариант команды позволяет построить любой из 11 вариантов дуг.

Первый запрос:

Начальная точка дуги или [Центр]:

В ответ можно задать начальную точку дуги или выбрать опцию Центр.

Если вы просто нажмете клавишу «Enter», тогда в качестве начальной точки будет принята конечная точка последнего объекта чертежа (но только последнего среди отрезков, дуг и открытых полилиний) и AutoCAD будет строить дугу, касательную к этому объекту. После этого запрашивается конечная точка (центр и радиус дуги вычисляются по конечной точке и условию касания к объекту):

Конечная точка дуги:

После указания точки строится дуга, являющаяся продолжением предыдущего объекта.

Если в ответ на запрос:

Начальная точка дуги или [Центр]:

вы вводите начальную точку, то система AutoCAD запрашивает:

Вторая точка дуги или [Центр/Конец]:

Если указать вторую точку, следует запрос:

Конечная точка дуги:

В результате получается дуга, построенная по трем точкам. Вместо второй точки можно было выбрать опцию Центр, на что система AutoCAD запрашивает:

Центр дуги:

После указания точки центра следующий запрос:

Конечная точка дуги или [Угол/Длина хорды]:

Если указать конечную точку дуги, то AutoCAD ее подправляет, вычислив радиус дуги по первой точке и центру.

Есть еще два варианта завершения процесса построения дуги: Угол и Длина хорды.

При выборе опции Угол появляется запрос:

Центральный угол:

Угол может быть введен со знаком с помощью клавиатуры или указан мышью.

Если вместо опции Угол выбрать опцию Длина хорды, то выдается запрос:

Длина хорды:

Длина хорды может быть задана либо числом со знаком, либо точкой (в этом случае в качестве длины будет взято расстояние от начальной точки дуги до новой точки). Знак длины (а длина при вводе числа с клавиатуры может быть и отрицательной) влияет на направление обхода дуги.

4.6. Прямоугольник

Вычерчивание прямоугольников осуществляет команда ПРЯМОУГ.

Начальный запрос команды:

**Первый угол или [Фаска/Уровень/Сопряжение /
Высота/Ширина]:**

Если указать точку, она станет первым углом будущего прямоугольника, для которого AutoCAD запросит точку противоположного угла, площадь, размеры или угол поворота:

Второй угол или [Площадь/Размер/поворот]:

Если указать вторую точку, то обе введенные точки станут точками одной из диагоналей прямоугольника.

Если вместо второй точки выбрать опцию **Площадь**, то система сначала запросит значение площади, а затем будет выведен запрос о том, какой из размеров (длина или ширина) следует ввести (второй будет вычислен по площади).

Если выбрать опцию **Размеры**, то последуют запросы длины и ширины прямоугольника.

После ввода обоих размеров система AutoCAD снова запрашивает вторую точку прямоугольника, указание которой является только заданием ориентации прямоугольника, поскольку первая точка и размеры уже известны. Опция **поВорот** позволяет задать угол поворота строящегося объекта относительно горизонтальной оси.

Опции начального запроса:

Фаска – задание длин фаски в каждом углу прямоугольника.

Сопряжение – задание радиуса сопряжения углов прямоугольника.

Уровень – задание уровня для построения прямоугольника, смещенного по оси *Z* трехмерного пространства (для трехмерных построений).

Высота – задание высоты для построения прямоугольника, выдавленного вдоль оси *Z* трехмерного пространства (для трехмерных построений).

Ширина – задание ширины полилинии, которой на самом деле является строящийся прямоугольник.

Если пользователь при работе с данным чертежом задает какие-то опции, то они запоминаются и выводятся на экран при новом обращении в качестве параметров по умолчанию.

4.7. Многоугольники

Команда МН-УГОЛ рисует правильный многоугольник либо по конечным точкам одной стороны, либо по точке центра и радиусу вписанной или описанной окружности.

Первый запрос команды МН-УГОЛ:

Число сторон <4>:

Здесь вам нужно задать число сторон многоугольника (в скобках в качестве подсказки число сторон в предыдущем вызове команды МН-УГОЛ; в первый раз предлагается 4.

Следующий запрос:

Укажите центр многоугольника или [Сторона]:

Если вы выбираете опцию **Сторона**, то система AutoCAD запрашивает две конечные точки стороны многоугольника и по ним строит многоугольник. Если вы вместо опции указываете точку, то система запрашивает, каким образом будет задан размер многоугольника:

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

При ответе **В** многоугольник вписывается в некоторую окружность, при ответе **О** – описывается вокруг окружности. Следующий запрос о величине радиуса окружности, в которую вписывается или около которой описывается многоугольник:

Радиус окружности:

4.8. Круг и кольцо

Для рисования окружности исполняется команда **КРУГ**, для рисования кольца – **КОЛЬЦО**.

Запросы рисования окружности:

Центр круга или [ЗТ/2Т/ККР (кас кас радиус)]:

Если вы в ответ на этот запрос указываете точку, то она становится центром будущей окружности и выдается следующий запрос:

Радиус круга или [Диаметр]:

Радиус можно задать и точкой (AutoCAD измерит расстояние от центра окружности до новой точки и возьмет его в качестве радиуса). Если выбрать опцию **Диаметр**, то выдается запрос на ввод диаметра:

Диаметр круга:

Диаметр можно задать числом или указанием точки (AutoCAD в этом случае измеряет расстояние от ранее указанного центра до новой точки и берет это расстояние в качестве величины диаметра).

Если в самом начале команды **КРУГ** вместо центра окружности выбрать опцию **ЗТ**, то AutoCAD будет строить окружность по трем точкам плоскости. Поочередно выводятся запросы на первую, вторую и третью точки, и после правильного их указания (а они не должны лежать на одной прямой) окружность появляется на экране. Если выбрана опция **2Т**, то тогда запрашиваются всего две точки, но считается, что обе точки являются концами диаметра будущей окружности. Система AutoCAD выдает также запросы:

Первая конечная точка диаметра круга:

и

Вторая конечная точка диаметра круга:

Опция ККР позволяет построить окружность, касающуюся двух других объектов и имеющую заданный радиус. Первый запрос:

Укажите точку на объекте, задающую первую касательную:

В тот момент, когда вы подводите курсор к выбранному объекту, система AutoCAD показывает его обнаружение подсказкой **Задержанная касательная**. Это означает, что точная точка касания к объекту будет вычислена позднее. Второй запрос:

Укажите точку на объекте, задающую вторую касательную:

Третий запрос:

Радиус круга:

Радиус можно задать числом или двумя точками, расстояние между которыми и станет его величиной. Если построение с указанными данными невозможно, то система выдает соответствующее сообщение.

Запросы при рисовании кольца проще. Первый запрос:

Внутренний диаметр кольца <0.5000>:

Второй запрос:

Внешний диаметр кольца <1.0000>:

После задания обоих диаметров размеры кольца уже могут быть вычислены, и AutoCAD в цикле задает вопрос о точке центра для группы колец одного размера:

Центр кольца или <выход>:

4.9. Эллипс и его дуга

Для рисования эллипсов и эллиптических дуг используется команда **ЭЛЛИПС**.

Первый запрос:

Конечная точка оси эллипса или [Дуга/Центр]:

Для рисования эллипса указываем одну из конечных точек эллипса или выбираем опцию **Центр**, для эллиптических дуг выбираем опцию **Дуга**.

Для рисования эллипса по осям далее указываем вторую конечную точку оси. Затем потребуется ответить на запрос:

Длина другой оси или [Поворот]:

Система AutoCAD по первым точкам вычисляет центр эллипса. Если указать третью точку, то система вычислит расстояние от центра до этой точки, возьмет его в качестве длины второй полуоси и построит по этим данным эллипс. Если в последнем случае вместо длины второй оси выбрать опцию **Поворот**, то эллипс будет построен как проекция окружности, повернутой в пространстве относительно главной оси на указанный вами угол. Отношение длин полуосей вычисляется как величина косинуса введенного угла.

Если в ответ на запрос первой точки выбрать опцию **Центр**, то запрашиваются:

Центр эллипса

Конечная точка оси:

Длина другой оси или [Поворот]

Для построения эллиптической дуги нужно в ответ на запрос первой точки выбрать опцию **Дуга**. Далее следуют запросы:

Конечная точка оси эллиптической дуги или [Центр]:

Вторая конечная точка оси:

Длина другой оси или [Поворот]:

Начальный угол или [Параметр]:

Конечный угол или [Параметр/Внутренний угол]

Можно задать конечный угол или ввести внутренний угол дуги. Выбрав опцию **Параметр**, вы задаете углы с помощью значения параметра в параметрическом векторном уравнении эллипса.

Лекция 5. СЛОЖНЫЕ ПРИМИТИВЫ AutoCAD

5.1. Полилиния

В системе AutoCAD предусмотрено построение таких объектов, как полилинии. Эти линии, по сравнению с отрезками, создаваемыми командой **Line** (**Отрезок**), более универсальны. Они имеют ряд особенностей.

1. Можно непосредственно задавать толщину полилинии, в то время как для отрезка нельзя. Причем толщина полилинии может изменяться по ее длине.

2. Полилинии могут включать в себя несколько сегментов. При этом все сегменты создаются одной командой и воспринимаются систе-

мой AutoCAD как единый объект. Например, в качестве полилинии можно построить произвольный многоугольник, и он будет восприниматься как единый объект. Если же такой многоугольник построить с помощью команды Line (Отрезок), то каждая его сторона будет отдельным объектом.

3. Полилинии могут включать в себя дуги.

Для построения полилиний в AutoCAD предназначена команда ПЛИНИЯ. Вызвать ее можно тремя стандартными способами:

- щелчком мыши по кнопке на панели инструментов **Рисование** или на вкладке **Главная** ленты инструментов;
- из строки меню **Рисование** → **Полилиния**;
- вводом в командную строку: `_pline` (или ПЛИНИЯ).

После вызова команды ПЛИНИЯ от вас потребуются задать начальную точку построения. При этом в командной строке появится запрос:

Начальная точка:

Указав первую точку, вы получите следующий запрос:

Текущая ширина полилинии равна 0.0000

Следующая точка или [Дуга/Полуширина/длина/Отменить/
Ширина]:

В ответ на него вы можете либо указать следующую точку построения – и тогда будет построен отрезок текущей ширины, либо выбрать одну из опций. Допустим, вы выбрали первый вариант и указали вторую точку построения. Следующий запрос будет таким же, как и предыдущий, только добавится опция **Замкнуть**:

Следующая точка или [Дуга/Замкнуть/Полуширина/длина/
Отменить/Ширина]:

Соответственно, и в дальнейшем можно либо продолжить построение прямолинейных сегментов полилинии, либо выбрать одну из опций. Вот теперь давайте подробно разберем эти опции.

Дуга позволяет перейти в режим построения дуговых сегментов полилинии.

Замкнуть замыкает полилинию, т. е. соединяет ее первую и последнюю точки. На этом выполнение команды ПЛИНИЯ завершается. Данная опция становится доступна после того, как вы построите хотя бы один сегмент полилинии.

Ширина – выбрав эту опцию, вы сможете задать толщину линии для построения последующих сегментов полилинии. При этом вам

будет предложено по очереди ввести два значения – начальную и конечную ширину (что позволяет строить сужающиеся или расширяющиеся сегменты полилинии). Удобно таким образом строить стрелки. Если ширина должна быть постоянной, то оба ее значения укажите одинаковыми.

Полуширина – эта опция аналогична предыдущей и отличается только тем, что задает половинные размеры начальной к конечной ширины полилинии.

длина – благодаря данной опции можно точно задать длину следующего сегмента полилинии, который будет автоматически построен в том же направлении, что и предыдущий (либо по касательной к предыдущей дуге, если предыдущий сегмент – дуга).

Отменить служит для удаления последнего построенного сегмента полилинии.

Способы построения луговых сегментов полилинии сходны со способами построения дуг командой ДУГА. Как было упомянуто ранее, чтобы перейти к построению дугового сегмента полилинии, необходимо для команды ПЛИНИЯ в командной строке выбрать опцию Дуга. После этого в командной строке появится запрос:

**Конечная точка дуга или (Угол/Центр/Замкнуть/
Направление/Полуширина/Линейный/Радиус/Вторая/
Отменить/Ширина):**

В ответ можно либо указать конечную точку дуги и построение дугового сегмента полилинии на этом закончится, либо выбрать одну из опций. Особо стоит отметить лишь опцию **Линейный**, она возвращает в режим линейных построений сегментов полилинии. Все остальные опции предназначены для выбора способа построения дуги или задания ее параметров:

Угол – задает внутренний угол дугового сегмента.

Центр – задает центр дугового сегмента.

Замкнуть – строит дуговой сегмент, замыкающий полилинию.

Направление – по умолчанию дуга строится таким образом, чтобы предыдущий сегмент был ее касательной. Данная опция позволяет задать иную касательную.

Радиус – задает радиус дугового сегмента.

Вторая – позволяет задать вторую точку данного сегмента для построения его по трем точкам.

Опции **Полуширина**, **Ширина**, **Отменить** идентичны одноименным опциям для линейного сегмента.

5.2. Сплаины

В строгой формулировке сплайн – это кривая NURBS (англ. Non-Uniform Rational Bezier Spline), неоднородный рациональный сплайн Безье, или просто сплайн Безье. При этом неоднородность заключается в нерегулярном расположении опорных точек линии.

Для построения сплайнов в системе AutoCAD используется команда СПЛАЙН, которую можно вызвать одним из следующих способов:

- из строки меню **Рисование** → **Сплайн**;
- щелчком мыши по кнопке на панели инструментов **Рисование** или на вкладке **Главная** ленты инструментов;
- вводом в командную строку: `_spline` (или СПЛАЙН).

Сразу после вызова команды СПЛАЙН в командной строке появится запрос:

Первая точка или [Объект]):

После задания первой точки от вас потребуется ввести вторую точку сплайна:

Следующая точка или [Касание в начале/Допуск]:

Наиболее часто построение сплайнов осуществляется с помощью мыши, так как при движениях указателя мыши вы сразу будете видеть, к каким изменениям это приведет. Указав вторую точку, вы увидите следующий запрос:

Следующая точка или [Касание в конце/Допуск/
Отменить/Замкнуть]:

Вы можете либо продолжить построение сплайна, т. е. указывать другие точки, либо выбрать одну из опций, например:

Замкнуть – последняя точка сплайна будет соединена с его первой точкой. При этом от вас потребуется указать направление касательной в начальной точке сплайна **Укажите направление**:. Сделать это можно с помощью мыши. Если же просто еще раз нажать «Enter», то в этом случае направление касательной будет принято таким, каким оно установлено по умолчанию.

Допуск позволяет указать допустимое отклонение сплайна от заданных точек. По умолчанию допуск равен нулю. Увеличение допуска используется для построения более гладких сплайнов. После указания допуска вы вернетесь в режим дальнейшего построения сплайна.

Если в указанном выше запросе выбрать опцию **Касание в конце**, то построение сплайна завершится и будет активизирована опция **Ка-**

сание в конце. При этом, перемещая с помощью мыши направление касательной, можно наблюдать, к каким изменениям в фирме сплайна это приводит. Кстати, в начале построения сплайна вы также можете указать касательную в начальной точке, выбрав опцию **Касание в начале**. Если вы согласны с выбранным направлением, то нажмите на клавишу «Enter».

5.3. Мультилиния

Мультилиния (многоэлементная линия) представляет собой набор параллельных линий, создающихся одновременно с помощью одной команды.

Количество линий, составляющих мультилинию, может варьироваться от 2 до 15.

Построение мультилиний в AutoCAD осуществляется с помощью команды **МЛИНИЯ**, вызвать которую можно одним из следующих способов:

- из строки меню **Рисование** → **Мультилиния**;
- вводом в командную строку: `mline` (или **МЛИНИЯ**).

После вызова команды **МЛИНИЯ** в командной строке появляется следующий запрос:

Текущие настройки: Расположение = Верх, Масштаб -
20,00, Стиль = Стандарт
Начальная точка или [Расположение/Масштаб/Стиль]:

Далее можно либо сразу приступить к построению мультилинии с параметрами, установленными по умолчанию (верхняя строка запроса), либо можно изменить эти параметры, выбрав одну из следующих опций.

Расположение – выбрав данную опцию, вы сможете указать, как должна строиться мультилиния.

Центр – мультилиния строится путем указания начальной и конечной точек оси мультилинии (условной невидимой линии, проходящей через ее центр).

Верх и Низ – мультилиния строится путем указания начальных и конечных точек крайней верхней или крайней нижней линии мультилинии.

Масштаб – опция, позволяющая изменить общую ширину полилинии относительно стандартного размера. Стандартный размер устанавливается для каждого стиля индивидуально в настройках стиля.

Стиль – позволяет задать другой стиль для мультилинии.

По умолчанию для мультилинии используется стиль STANDART, состоящий из двух параллельных линий, отстоящих друг от друга на расстоянии, равном 0,5 единиц от оси. После активизации опции **Стиль** в командной строке появится запрос:

Имя стиля мультилинии или [?]:

В ответ на него вы должны будете указать имя требуемого стиля (из числа созданных в данном чертеже или подключенных к нему).

Создание нового стиля мультилиний осуществляется с помощью команды МЛСТИЛЬ, которую можно вызвать:

- из строки меню **Формат** → **Стили Мультилинии**;
- вводом в командную строку: `mlstyle`.

После вызова этой команды AutoCAD выводит на экран диалоговое окно **Стиль Мультилиний**, в котором и производятся все необходимые действия по созданию стиля.

Вверху окна приводится название текущего стиля, установленного в системе в данный момент. Создание нового стиля производится на основе текущего, путем изменения его параметров. Чтобы создать новый стиль, следует нажать кнопку **Создать** и в появившемся маленьком диалоговом окне указать имя нового стиля. Имя стиля должно состоять из одного слова, в именах стилей рекомендуется использовать только латинские буквы и цифры для совместимости.

Далее в окне задания имени нажмите кнопку **Продолжить**, и перед вами появится окно задания параметров нового стиля. В этом окне, в поле **Элементы**, приведен перечень всех элементов (линий-элементов), входящих в мультилинию. Чтобы изменить свойства какой-либо линии-элемента, ее необходимо сначала выбрать в этом списке.

Для добавления еще одной линии-элемента используется кнопка **Добавить**, а для удаления – кнопка **Удалить**. Как уже говорилось, стиль мультилинии может содержать до 16 различных элементов.

В поле **Смещение** указывается расстояние линии-элемента от оси мультилинии. Нулевое значение означает, что линия-элемент будет строиться прямо по оси. В используемом по умолчанию стиле STANDART составляющие элементы-линии строятся с отступом 0,5 по разные стороны от оси (значения 0,5 и -0,5).

В раскрывающемся списке **Цвет** можно выбрать один из стандартных цветов для выделенного элемента. Если же ни один из стандартных вариантов цвета вам не подходит – в конце списка выберите **Вы-**

бор цвета, и на экране появится одноименное диалоговое окно, в котором вы сможете указать нужный цветовой оттенок.

Для задания типа линии нажмите на кнопку **Тип линии**. При этом откроется диалоговое окно **Выбор типа линий**. Изначально на выбор предлагается только три типа линии (практически ничем не отличающиеся). Однако вы можете добавить другие типы, нажав на кнопку **Загрузить**.

В левой половине окна задания параметров мультилинии **Стиль Мультилиний** находятся настройки, относящиеся к мультилинии целиком.

Закончив создавать новый стиль, необходимо сохранить его в файле. Иначе он будет доступен только в данном чертеже. Чтобы сохранить созданный стиль, следует в окне **Стиль Мультилиний** нажать кнопку **Сохранить**. По умолчанию стили мультилиний хранятся в файле acad.mln. Однако вы можете создать и использовать другой файл. Единственное условие – он должен иметь расширение .mln.

Загрузить нужный стиль, если у вас уже имеется несколько, можно, нажав кнопку **Загрузить** в окне **Стиль Мультилиний**. По умолчанию вам предлагаются стили, хранящиеся в файле acad.mln. Однако вы можете выбрать и другой файл, нажав на кнопку **Файл**.

5.4. Контуры и области

В AutoCAD существует возможность создания полилиний на основе уже имеющихся на чертеже объектов. При этом полилиния создается на основе некоторой замкнутой области, образованной одним или несколькими объектами.

Для создания контура-полилинии следует вызвать команду КОНТУР. Сделать это можно либо через командную строку, либо из строки меню **Рисование** → **Контур**, либо щелчком мыши по кнопке на вкладке **Главная** ленты инструментов (группа **Рисование**). В результате на экране появится диалоговое окно **Создание контура**.

В этом окне вам нужно нажать на кнопку **Указание точек**. После этого диалоговое окно **Создание контура** исчезнет и вам будет предложено щелкнуть мышкой внутри замкнутой области, из границ которой следует создать контур-полилинию.

После того, как вы это сделаете, нажмите на клавишу «Enter», и полилиния будет создана, причем поверх существующих объектов.

Вместо контура таким же образом вы можете создать объект под названием ОБЛАСТЬ. Область представляет собой двухмерный плоский объект, ограниченный контуром (замкнутой линией). Если контур – это просто линия, то область это уже фигура, которую можно, например, закрасить.

Область отличается от контура рядом дополнительных параметров: центром масс, моментом инерции и т. п. Благодаря этому области можно складывать вычитать и таким образом создавать объекты сложной формы. Чаще всего использование областей имеет практический смысл при создании трехмерных объектов на основе двухмерных.

Чтобы вместо контура создать область, следует в диалоговом окне **Создание контура**, в списке **Тип объекта**, вместо **Полилиния** выбрать **Область**.

5.5. Текст

AutoCAD формирует замкнутую, самодостаточную среду проектирования. Поэтому в пакете предусмотрена возможность работы с текстом.

Различают однострочный и многострочный текст. Наиболее часто применяется многострочный текст, для работы с которым имеется встроенный в AutoCAD текстовый редактор, позволяющий форматировать не только целые фразы полностью, но также отдельные слова и буквы. В нем существует даже возможность проверки орфографии.

Для создания многострочного текста на чертеже и системе AutoCAD используется команда МТЕКСТ. Вызвать ее можно одним из следующих способов:

- из строки меню **Рисование** → **Текст** → **Многострочный**;
- щелчком мышкой по кнопке на вкладке **Главная** ленты инструментов (группа **Аннотация**) или на панели инструментов **Рисование**;
- вводом в командную строку: `_mtext`.

При создании многострочного текста нам будет необходимо задать прямоугольную область, в которой должен располагаться текст. Для этого потребуется сначала указать месторасположение первого угла области, а затем – второму угла (по диагонали). С этой целью сразу после вызова команды **MText** (**МТекст**) в командной строке появится следующий запрос:

Текущий текстовый стиль: "Стандарт" высота текста: 2.5
Аннотативный: Нет
Первый угол:

Верхняя строка напоминает вам о текущем текстовом стиле и высоте текста. Во второй строке содержится сам запрос, в ответ на который вы должны указать первый угол области, в которую будет вписан многострочный текст. Вслед за первым углом от вас потребуется указать второй угол, противоположный первому.

После того как вы зададите размеры области, отводимой на чертеже под многострочный текст, появится окно встроенного текстового редактора. Именно в нем и производится набор текста. На ленте инструментов появится специальная вкладка **Текстовый редактор**, с помощью которой можно будет задать или изменить настройки внешнего вида текста.

По окончании работы с многострочным текстом следует нажать на кнопку **Закреть текстовый редактор**, расположенную по правому краю вкладки **Текстовый редактор** ленты инструментом. Только после этого многострочный текст будет размещен на чертеже.

Работа в редакторе многострочного текста аналогична любому текстовому редактору, например, Microsoft Word, поэтому подробно не рассматривается. Следует отметить следующие моменты:

- все размеры текста, включая размеры символов, вычисляются в единицах чертежа, а не в пунктах;
- имеется возможность использовать стили текста;
- текст можно импортировать из текстовых файлов форматов txt или rtf.

Для создания текстового стиля, удовлетворяющего требованиям ЕСКД, следует использовать шрифты simplex.shx и romans.shx. Они поставляются и устанавливаются вместе с AutoCAD, а самое главное – удовлетворяют требованиям ГОСТ 2.203-81. Еще одним их преимуществом является то, что они позволяют воспроизводить специальные символы (значок диаметра и т. д.).

Согласно ГОСТ 2.304-68, на чертежах допускается использование размеров шрифта 2,5; 3,4; 4,0 и 7,0 (имеется еще несколько шрифтов большего размера, поэтому разумно создать несколько текстовых стилей с одним и тем же шрифтом разного размера). Привычным является наклон шрифта под углом в 75°; для него в поле при создании текстового стиля **Oblique Angle** следует указать значение 14. Тогда же можно задать и коэффициент сжатия в поле **Width factor**.

5.6. Таблицы

В AutoCAD имеется удобная возможность создания таблиц на чертеже. Приступить к созданию таблицы можно одним из следующих способов:

- щелкнув мышкой по кнопке на панели инструментов **Рисование** или на вкладке **Главная** ленты инструментов (группа **Аннотация**);
- выбрав в строке меню **Рисование** → **Таблица**;
- введя в командную строку `_table` (или **ТАБЛИЦА**).

В результате каждого из вышеперечисленных действий на экране появится диалоговое окно **Вставка таблицы**. В нем в раскрывающемся списке **Стиль таблиц** можно выбрать стиль рисования таблицы. Как будет выглядеть таблица в выбранном в данный момент стиле, можно увидеть непосредственно под списком.

С помощью переключателей **Запрос точки вставки** и **Запрос зажимаемой области** указывается, как именно должно будет задаваться положение таблицы на чертеже. Если вы выберете первый переключатель, то вы должны будете указать на чертеже положение левого верхнего угла будущей таблицы. При выборе второго переключателя нам нужно будет указать две точки диагонали, определяющей габариты таблицы.

В области **Параметры столбцов и строк** задается количество строк (поле **Строк данных**) и столбцов (поле **Столбцов**), из которых должна состоять таблица. Причем вы можете тут же задать высоту строк в поле **Высота строки** и ширину столбцов в поле **Ширина столбца**.

После того как вы зададите параметры таблицы, нажмите ОК в окне **Вставка таблицы**. Далее вам нужно будет указать место вставки таблицы на чертеже. Сделать это вы должны будете тем способом, который вы выбрали ранее: либо по левому верхнему углу, либо по диагонали.

Как только зададите место вставки таблицы в чертеж, вы сразу приступите ко вводу данных в таблицу. При этом на чертеже появится объект таблицы, а на ленте инструментов станет видна вкладка **Текстовый редактор**. Чтобы завершить создание таблицы просто щелкните мышкой за ее пределами.

К таблицам, как и к тексту, применим стиль.

Лекция 6. ДЕЙСТВИЯ С ОБЪЕКТАМИ ЧЕРТЕЖА

Для быстрого и эффективного построения чертежей в системе AutoCAD применяются специальные режимы. Режимы являются дополнительным средством черчения, способствующим упрощению и ускорению процесса создания чертежей. Рассмотрим способы ускорения черчения и манипуляций с объектами чертежа.

6.1. Привязки

Привязка – второй ключевой термин для правильного чтения чертежей. Различают привязки к сетке и объектную привязку.

Основные рабочие режимы:

SNAP – при включенном режиме значение координат при перемещении курсора изменяется дискретно с определенным, установленным шагом.

GRID – при включенном режиме в зоне лимитов чертежа отображаются линии сетки, шаг которых можно настроить и который не обязательно совпадает с шагом режима SNAP.

ORTHO – при включенном режиме все сегменты чертежа строятся прямолинейно, направленные строго вертикально или горизонтально.

POLAR – режим расширенного режима ORTHO, позволяющий настроить значение угла.

OSNAP – режим включает и отключает выбранные функции объектной привязки.

OTRACK – режим включает функцию объектного отслеживания.

LWT – режим Lineweight отображает вес элементов чертежа, т. е. ширину линий, с которыми чертеж выводится на устройство печати.

6.1.1. Привязки к сетке

При необходимости выполнения вертикальных или горизонтальных построений вам поможет специальный режим ОРТО (ORTHO). После того как вы его включите, все построения мышью будут осуществляться строго вертикально или горизонтально. Включается данный режим в строке состояния.

В режиме шаговой привязки курсор при построении мышью будет перемещаться только между узлами прямоугольной координатной сетки, т. е. будет как бы «прилипать» к ним. Простейший способ установить режим **Шаговая привязка** – щелкнуть мышкой по кнопке **ШАГ**

в строке режимов («утопив» ее). Выключить режим можно повторным щелчком поданной кнопке. Вместо щелчков мышью можно воспользоваться клавишей «F9» на клавиатуре и включение/выключение шагового режима производить нажатиями на нее.

Установить шаг прямоугольной сетки для режима **Шаговая привязка**) – шаг привязки можно следующими способами:

- из строки меню **Сервис** → **Режимы рисования**;
- из контекстного меню, вызываемого щелчком правой кнопки мыши по кнопке **ШАГ** в строке состояния, командой **Настройка**.

В обоих случаях появится диалоговое окно **Режимы рисования**, состоящее из четырех вкладок и открытое на вкладке **Шаг и сетка**. Вверху данной вкладки находятся два флажка **Шаг Вкл. (F9)** и **Сетка Вкл. (F7)**. С их помощью как раз и включаются режим шаговой привязки и отображение сетки соответственно.

При построениях объектов под различными углами бывает полезно, чтобы определенные направления, расположенные под определенными углами, фиксировались и чтобы к ним как бы прилипал указатель мыши. Такая возможность в AutoCAD имеется, и называется она режимом отслеживания опорных полярных углов. Чтобы включить этот режим, необходимо включить («утопить») кнопку **ОТС-ПОЛЯР**, чтобы выключить – еще раз нажать на данную кнопку. Для этих же целей можно использовать клавишу «F10» на клавиатуре.

По умолчанию отслеживаются только углы, кратные 90°, т. е. 90°, 180 и 270°. Однако вы можете изменить данные значения и установить отслеживаемые углы по своему усмотрению. Для этого следует вызвать окно **Режимы рисования** и перейти на вкладку **Отслеживание**. Вызвать это окно можно следующим образом:

- из строки меню **Сервис** → **Режимы рисования**;
- из контекстного меню, вызываемого щелчком правой кнопки мыши по кнопке **ОТС-ПОЛЯР** в строке режимов, командой **Настройка**.

В раскрывающемся списке **Шаг углов** можно выбрать значение угла, углы, кратные которому, будут отслеживаться.

6.1.2. Объектная привязка

В системе AutoCAD предусмотрен режим объектной привязки. Режим объектной привязки – это режим, в котором AutoCAD автоматически осуществляет точную привязку задаваемых мышью точек к характерным точкам объектов, имеющимся на чертеже. Активизировать данный режим можно, нажав («утопив») кнопку **ПРИВЯЗКА** в строке

режимов. Выключение режима осуществляется повторным нажатием на эту кнопку.

Список режимов объектной привязки представлен в табл. 6.1.

Таблица 6.1. Режимы объектной привязки

Метод объектной привязки	Графические объекты, к которым применяется метод	Характерные точки объектов
1	2	3
Конточка	Отрезки, дуги и сплайны	Конечные точки объектов
Середина	Отрезки, дуги и сплайны	Средины объектов
Центр	Круги, эллипсы и дуги	Центры кругов, эллипсов и дуг, эллиптических дуг
Геометрический центр	Полилинии, 2D-полилинии, 2D-сплайны	Привязка к геометрической центральной точке объекта
Узел	Специальные объекты типа ТОЧКА	Привязка к центру точки чертежа
Квадрант	Круги, эллипсы и дуги	Точки квадранта (углы 90°, 180 и 270°)
Пересечение	Любые объекты	Привязка к пересечению геометрических объектов
Продолжение	Условная линия, являющаяся продолжением отрезков и дуг	Отображение временной выносной линии или дуги при наведении указателя на конечную точку объектов с целью задания точек на такой линии (дуге)
ТВСтавки	Блоки, атрибуты блока и текст	Привязка к точке вставки объекта, например текста, блока или атрибута
Нормаль	Прямолинейные отрезки, дуги, круги, эллипсы и сплайны	Данный режим позволяет очень удобно строить перпендикуляры к различным объектам. При этом характерные точки указываются на объектах в предполагаемых местах окончания перпендикуляра. Перпендикуляры можно строить и к воображаемым продолжениям объектов, если перпендикуляр из указанной в начале точки не может быть построен к самому объекту
Касательная	Дуги, круги и эллипсы	Позволяет строить касательные к дугам, кругам, эллипсам. Характерная точка появляется в предполагаемой точке касания
Ближайшая	Все объекты	Привязка осуществляется к точке на объекте, в данный момент наиболее близко расположенной к курсору

1	2	3
Кажущееся пересечение	Все объекты	<p>1. Позволяет осуществить пристыковку к воображаемому пересечению объектов. При этом характерная точка высвечивается в изображаемой точке пересечения.</p> <p>2. Кроме того, привязка может осуществляться в точках пересечения проекций трехмерных объектов, тогда как сами трехмерные объекты не пересекаются</p>
Параллельно	Отрезки	<p>Позволяет строить отрезки параллельно выбранным. При этом построение осуществляется следующим образом: после того, как вы укажете первую (начальную) точку отрезка, необходимо выбрать объект, параллельно которому следует его строить. Для этого нужно навести курсор мыши на данный объект и немного подождать, пока маркер привязки не изменит свой вид. Затем перемещайте курсор от начальной точки параллельно выбранному объекту. При этом появится вспомогательная пунктирная линия, проходящая точно параллельно выбранному объекту. Кроме того, рядом с курсором появится подсказка, в которой будут указаны длина отрезка и угол его наклона</p>

Объектную привязку можно включать во время любого запроса указания точек. По умолчанию при перемещении курсора над объектной привязкой на объекте отображаются маркер и подсказка. Эта функция называется АВТОПРИВЯЗКА. Она обеспечивает визуальное отображение текущего режима объектной привязки.

6.1.3. Задание объектной привязки

Чтобы задать объектную привязку в запросе для точки, можно сделать следующее:

- нажать клавишу «SHIFT» и щелкнуть правой кнопкой мыши для вывода контекстного меню объектной привязки;
- щелкнуть правой кнопкой мыши и выбрать объектную привязку в подменю **Отмена объектной привязки**;

- нажать кнопку объектной привязки на панели **Объектная привязка**;

- ввести имя объектной привязки.

Когда объектная привязка задается в запросе точки, то она действует только для указания следующей точки. Объектная привязка работает только при запросах на указание точек.

Если есть необходимость использовать один или несколько режимов объектной привязки более одного раза, то можно установить эти режимы в качестве текущих, чтобы они сохранялись для всех последующих команд. Например, можно задать в качестве объектных привязок конечную, среднюю или центральную точки.

1. В строке состояния нажмите кнопку **Объектная привязка** или на клавишу «F3», чтобы включить или отключить текущие режимы объектной привязки.

2. В строке состояния щелкните стрелку вниз рядом с кнопкой **Объектная привязка** и щелкните объектные привязки, которые требуется сохранить.

Если включено несколько режимов объектной привязки, в выбранном местоположении может существовать более одной объектной привязки. До задания точки нажмите клавишу табуляции для циклического перебора возможных вариантов.

6.2. Специальные приемы управления видом чертежа на экране

Система AutoCAD представляет собой систему векторной компьютерной графики. Это означает, что вся информация об элементах чертежа хранится и обрабатывается в виде численного описания координат с помощью математического аппарата аналитической геометрии. При отображении чертежа на экране монитора система AutoCAD вычисляет, какие пиксели должны быть окрашены. При этом векторные данные, хранящиеся в памяти компьютера, преобразуются в растровый формат изображения на графическом экране.

Например, изображение окружности хранится в памяти компьютера в виде нескольких величин координат центра окружности и ее радиуса. Когда же чертеж окружности выводится на экран, то система AutoCAD по этим данным и известному уравнению окружности «вычерчивает» окружность на экране монитора, т. е. указывает, какие пиксели необходимо окрасить. При изменениях каких-либо параметров окружности система AutoCAD должна повторить процесс пересчета из

координатной формы в растровую. Этот процесс называется регенерацией изображения. В его ходе в командной строке появляется сообщение:

Регенерирую модели

Процесс регенерации довольно длителен (по компьютерным меркам), особенно если чертеж насыщен большим количеством элементов. Чтобы не производить процедуру регенерации при каждом изменении чертежа, в памяти компьютера создается так называемый виртуальный экран. Он представляет собой образ чертежа, выраженный в числовых значениях. При внесении изменений в чертеж не производится пересчет всех его объектов заново, они копируются с виртуального экрана – перерисовываются.

Процесс перерисовывания происходит гораздо быстрее регенерации, благодаря чему достигается наибольшее быстродействие системы. Однако иногда бывает необходимо регенерировать чертеж.

За регенерацию отвечают команды РЕГЕН и ВСЕРЕГЕН, а за перерисовку команда ОСВЕЖИТЬ. Команда ВСЕРЕГЕН отличается от команды РЕГЕН тем, что производит регенерацию во всех видовых экранах.

Команда РЕГЕН регенерирует чертеж, используя следующие операции:

- повторный расчет местоположений и видимости всех объектов на текущем видовом экране;
- повторное индексирование базы данных чертежа для оптимального отображения на экране и выбора объектов;
- сброс общей площади для панорамирования и изменения масштаба изображения в режиме реального времени в текущем видовом экране.

Команда ВСЕРЕГЕН регенерирует весь чертеж для всех объектов на всех видовых экранах со следующим результатом:

- повторный расчет местоположений и видимости всех объектов;
- повторное индексирование базы данных чертежа для оптимального отображения на экране и выбора объектов;
- сброс общей площади, доступной для панорамирования в режиме реального времени и изменения масштаба изображения на всех видовых экранах.

Использование видовых экранов позволяет разделить графическую зону на несколько независимых областей. В каждой из них вы сможете

индивидуально управлять видом чертежа и можете отобразить различные его области в различных масштабах.

При использовании команды СВИД для создания нового видового экрана листа необходимо указать вид, на котором его необходимо отобразить, одним из следующих способов.

1. Выберите противоположные углы прямоугольной области, и границы пространства модели отобразятся автоматически.

2. Задайте параметр **Именованные**, чтобы использовать сохраненный вид пространства модели.

3. Задайте параметр **Новый** для временного доступа к пространству модели, чтобы определить прямоугольную область.

4. Выберите сначала параметр **Объект**, а затем замкнутый объект, такой как круг или замкнутую L-образную полилинию, для преобразования в видовой экран листа.

После создания видового экрана листа можно изменять его размеры, свойства, масштаб, а также при необходимости перемещать его:

- для управления всеми свойствами видового экрана листа используйте палитру свойств;

- для наиболее распространенных изменений выберите видовой экран листа и используйте его ручки.

Чтобы исключить случайное панорамирование и зумирование, у каждого видового экрана листа есть свойство **Показ блокированно-го**, которое можно включить или отключить. К этому свойству можно перейти, используя палитру свойств, контекстное меню, выбранного видового экрана листа, соответствующую кнопку на вкладке **Видовые экраны листа** ленты и кнопку в строке состояния, когда выбраны один или несколько видовых экранов листа.

1. При необходимости щелкните вкладку листа.

2. Выберите в качестве текущего слоя слой, выделенный для видовых экранов листа (рекомендуется).

Видимость границ видовых экранов листа зависит от настроек видимости слоя. Выводится ли этот слой на печать, зависит от настроек в столбце **Печать Диспетчера свойств слоев**.

3. Выберите вкладку **Лист** → панель **Видовые экраны листа** → **Вставить вид**.

4. Выполните одно из следующих действий:

- если именованные виды не сохраняются в пространстве модели, щелкните две точки, чтобы определить прямоугольный вид на основе развернутого пространства модели. Нажмите клавишу «Enter», чтобы принять результаты, или выберите две другие точки;

- если один или несколько именованных видов ранее сохранены в пространстве модели, выберите именованный вид из галереи щелчком мыши;

- если один или несколько именованных видов ранее сохранены в пространстве модели, нажмите кнопку **Новый вид** в нижней части галереи. Затем выберите две точки, чтобы определить прямоугольный вид на основе развернутого пространства модели. Нажмите клавишу «Enter», чтобы принять результаты, или выберите две другие точки.

5. Щелкните правой кнопкой мыши, чтобы открыть список масштабов и выберите один из них.

6. Разместите видовой экран на листе щелчком мыши:

- для изменения размера, формы и границы нового видового экрана листа выберите видовой экран и щелкните ручку размера в одном из углов объекта видового экрана;

- для перемещения видового экрана листа щелкните ручку перемещения в центре этого экрана и выберите новое местоположение. Можно также использовать команду **Перенести**;

- для изменения масштаба отображения щелкните треугольную ручку масштаба рядом с центром видового экрана листа. Можно также выбрать кромку объекта видового экрана и указать масштаб экрана в палитре **Свойства**.

Лекция 7. ОПЕРАЦИИ РЕДАКТИРОВАНИЯ

В AutoCAD имеются два пути выполнения команд редактирования.

1. Сначала вызывается команда редактирования, а затем указываются объекты, к которым они должны быть применены.

2. Сначала выбираются объекты редактирования, а потом уже вызывается команда редактирования.

В первом случае, когда сначала вызывалась команда редактирования, курсор мыши принимает вид небольшого квадратика (квадратного маркера), а на командной строке появляется запрос **Выберите объекты:**. После этого вы можете выбирать объекты с помощью квадратного маркера.

В ответ на запрос о выборе объектов можно одновременно выбрать несколько объектов.

Задание прямоугольной области выбора. Укажите противоположные углы, чтобы задать прямоугольную область. Цвет фона внутри области изменится и станет прозрачным. Направление перемещения

курсора из первой точки в противоположный угол определяет выбираемые объекты.

Выбор рамкой. Переместите курсор слева направо, чтобы выбрать только те объекты, которые полностью заключены в прямоугольную область.

Выбор секущей рамкой. Переместите курсор справа налево, чтобы выбрать объекты, которые находятся внутри рамки или пересекают ее.

Обычно при выборе рамкой выбираемые объекты должны полностью находиться в прямоугольной области. Однако, если объект, построенный с помощью прерывистой линии (пунктира), лишь частично виден в видовом экране, а все видимые векторы типа линии находятся внутри рамки, объект будет выбран целиком.

Задание области выбора произвольной формы. Укажите точки для определения области произвольной формы. Многоугольная рамка используется для выбора объектов, которые полностью находятся внутри области выбора. Секущая рамка многоугольника используется для выбора объектов, которые полностью находятся в области выбора или пересекают ее.

Задание линии выбора. В сложном чертеже следует использовать линию выбора. Линия выбора похожа на полилинию и предназначена для выбора только тех объектов, через которые проходит. На рисунке схемы показана линия, которая выбирает несколько компонентов.

Использование других вариантов выбора. Для просмотра всех вариантов выбора следует ввести ? в ответ на запрос выбора объектов.

Исключение нескольких выбранных объектов из набора. Введите r (Удалить) в ответ на запрос выбора объектов и используйте любой вариант, чтобы удалить объекты из набора. Если при использовании параметра «Удалить» необходимо вернуться к добавлению объектов в набор, введите a (Добавить).

Объекты можно также исключить из текущего набора, удерживая нажатой клавишу «Shift» и повторно выбрав исключаемые объекты по одному или удерживая нажатой клавишу «Shift» и перетаскивая рамку выбора или секущую рамку. Можно неоднократно удалять объекты из набора и добавлять их обратно.

Ручки и их применение. Ручки позволяют осуществлять редактирование объектов только с помощью мыши, без вызова специальных команд, что во многих случаях является наиболее быстрым и удобным. При этом с помощью ручек можно осуществлять следующие операции: растягивать и перемещать объекты, поворачивать их, а также масштабировать и отражать.

Если щелкнуть мышью по самой ручке, то она станет активной, т. е. ее можно будет после этого использовать для трансформации выделенного объекта. Активные ручки по умолчанию имеют красный цвет, и только с их помощью производится редактирование объекта. Остальные ручки, оставшиеся синими, в изменении объекта участия не принимают. Когда указатель мыши находится над одной из ручек, то она приобретает зеленый цвет.

Чтобы сделать сразу несколько ручек активными, необходимо при щелчках по ним мышью удерживать нажатой клавишу «Shift».

После того как вы сделаете хотя бы одну из ручек активной, вы перейдете в режим редактирования. При этом вам сначала будет предложено растянуть выделенный объект (или объекты) и на командной строке появится соответствующий запрос. Таким образом, первая команда, которую вам будет предложено проделать с помощью ручек, будет команда **Растянуть**.

Вы можете согласиться с предложением (приступить к растягиванию объекта) или выбрать другую операцию. При этом перейти к следующей операции можно простым нажатием на клавишу «Enter» или «Пробел». В результате после команды **Растянуть** вам будет предложено выполнить команду **Перенести**.

Следующее нажатие на клавишу «Enter» приведет вас к команде **Повернуть** и далее по кругу будут последовательно перебираться все пять возможных команд: **Растянуть**, **Перенести**, **Повернуть**, **Масштаб** и **Mirror (Зеркало)**. Нужную операцию можно выбрать, не перебирая их подряд, а непосредственно из контекстного меню, вызываемого нажатием правой кнопки мыши. Однако при этом должна быть активной хотя бы одна ручка.

Перемещение объектов. Можно переместить объекты, расположив их на определенном расстоянии и в определенном направлении от исходных объектов.

Используйте координаты, шаговую привязку, объектные привязки и другие инструменты для перемещения объектов с точностью.

Указание расстояния с помощью двух точек. Переместите объект, используя расстояние и направление, указанное базовой точкой, за которой следует вторая точка. В следующем примере производится перемещение блока, представляющего окно. Выберите объект для перемещения (1). Укажите базовую точку для перемещения (2), за которой следует вторая точка (3). Объект перемещается на расстояние и в направлении от точки 2 к точке 3.

Использование операции «Растянуть-Переместить». Для перемещения объектов, расположенных полностью внутри рамки выбора, можно использовать команду РАСТЯНУТЬ. Включите режим ОРТО или полярного отслеживания для перемещения объектов в заданном направлении.

Например, движение двери по направлению к стене. Дверь на чертеже находится полностью в секущей рамке, а линии стены лишь частично размещены в области секущей рамки.

В результате необходимо захватить рамкой весь объект для перемещения.

Перетаскивание, редактирование с помощью ручек или сдвиг объектов. Эти операции позволяют решать следующие задачи:

1) быстрое перемещение выбранных объектов путем перетаскивания, редактирования с помощью ручек или сдвига;

2) перетаскивание объектов в чертеже или из одного открытого чертежа в другой и между приложениями. Перетаскивание с помощью правой кнопки мыши позволяет указать, переносить, копировать и создавать блок из перемещенных объектов. При перетаскивании игнорируются все параметры привязки.

Для сдвига выбранных объектов с ортогональными приращениями нажмите на клавишу «Ctrl» + клавиши со стрелками. Режим привязки влияет на расстояние и направление, в котором объекты сдвигаются.

Сдвиг объектов при отключенном режиме привязки: объекты перемещаются на два пикселя за один раз; перемещение является относительным и ортогональным к экрану, независимо от направления, вида и ориентации ПСК.

Сдвиг объектов при включенном режиме привязки: объекты перемещаются с заданным приращением согласно текущему расстоянию привязки; перемещение ортогонально к осям X и Y текущей ПСК и соотносится с направлением вида.

Поворот объектов. С помощью команды ПОВОРОТ можно поворачивать объекты или даже целые группы объектов на определенный угол вокруг некоторой точки (называемой базовой). При этом отсчет угла ведется относительно горизонтальной линии, направленной вправо, и производится против часовой стрелки. Если необходимо отсчитать угол по часовой стрелке, то его величина задается со знаком «минус».

Команда ПОВОРОТ вызывается следующими способами.

- из строки меню **Редактировать** → **Поворот**;

- щелчком мыши по кнопке на панели инструментов **Редактирование** или на вкладке **Главная** ленты инструментов;

- вводом в командную строку `_rotate` (или **ПОВЕРНУТЬ**).

После вызова команды, если не выбрано ни одного объекта, от вас потребуется произвести выбор. Когда объекты будут выбраны, в командной строке появится запрос:

Базовая точка;

После выбора базовой точки движения мышью приведут к повороту выделенных объектов. Для точного задания угла поворота в ответ на запрос:

Угол поворота или [Копия/Опорный угол] <0>:

Угол поворота можно либо задать с помощью мыши, либо ввести с клавиатуры в командную строку.

Массивы однородных объектов. Массив представляет собой объединение однородных объектов, предназначенных для создания нужного количества копий выбранного объекта и расположения их в форме кругового массива, прямоугольного массива или массива по траектории. После вызова команды **МАССИВ** вам будет предложено выбрать, какой именно массив вы собираетесь строить.

Вызвать команду **МАССИВ** можно одним из следующих способов:

- из строки меню **Редактировать** → **Массив**;

- вводом в командную строку `_array` (или **МАССИВ**).

После вызова команды открывается лента **Массив**, на которой можно установить параметры массива: его тип, количество копий, их положение.

Создание подобных объектов. Команда **СМЕЩЕНИЕ** предназначена для создания подобной копии выбранного объекта. В качестве объекта могут выступать прямолинейные и криволинейные отрезки, а также различные фигуры, созданные командами **ОТРЕЗОК**, **ПОЛИЛИНИЯ**, **КРУГ**, **ДУГА** и др.

Сразу же следует отметить, что команда **СМЕЩЕНИЕ НЕ РАБОТАЕТ С ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ВЫДЕЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**, т. е. выбор объектов следует производить только после вызова этой команды. Если на момент вызова команды **СМЕЩЕНИЕ** какой-либо объект (объекты) все же будет выделен, то выделение с него будет автоматически снято.

Вызвать команду **СМЕЩЕНИЕ** можно одним из следующих способов:

- из строки меню **Редактировать** → **Смещение**;

- щелчком мыши по кнопке на панели инструментов **Редактирование** или на вкладке **Главная** ленты инструментов;

- вводом в командную строку: `_offset` (или **СМЕЩЕНИЕ**).

После вызова команды **СМЕЩЕНИЕ** в командной строке появится следующий запрос:

Текущие настройки: Удалить исходные=Нет Слой=Источник
`OFFSETGAPTYPE=0`

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

Команда **СМЕЩЕНИЕ** строит подобные объекты так, чтобы все линии подобного объекта были смещены относительно линий исходного объекта на определенную величину. Смещение откладывается по нормали, т. е. по перпендикуляру.

Именно это смещение от вас и требуется задать в ответ на вышеприведенный запрос. Причем сделать это можно двумя способами:

- непосредственно указать величину смещения – путем ввода значения в командную строку или путем задания с помощью мыши двух точек, расстояние между которыми и будет принято за смещение;

- указать точку на чертеже, через которую должен проходить подобный создаваемый объект.

Если вы решите воспользоваться вторым способом, то вам необходимо выбрать опцию **Через (Through)**.

Только после того как вы либо укажете величину смещения, либо выберете опцию **Через (Through)**, вы приступите к выбору объектов, подобную копию которых вы хотите получить.

Делается это с помощью мыши, курсор которой будет иметь вид маленького квадратика. При этом в командной строке будет стандартный запрос:

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

Обратите внимание, что выбрать можно только **ОДИН** объект. По завершении выбора в зависимости от того, какой способ построения вы используете – по величине смещения или по опции **Через**, – возможны два дальнейших сценария.

Если вы осуществляете построение по величине смещения, то в командной строке появится запрос:

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

В ответ на этот запрос следует просто щелкнуть мышкой по одну из сторон объекта. Причем если объект замкнутый, то следует щелкнуть либо внутри, либо снаружи объекта в зависимости от того, где вы хотите построить подобный объект

Если же вы используете опцию **Через**, то в командной строке появится запрос:

Укажите точку, через которую проходит объект
или [Выход/Несколько/Отменить]:

В ответ на этот запрос следует просто указать точку, через которую и будет тут же построен подобный объект.

Выбор опции **Несколько** позволит вам перейти в режим множественного построения нескольких подобных объектов.

Опция **Отменить** предназначена для отмены последнего действия внутри команды.

Лекция 8. РАЗМЕРЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ

8.1. Типы размеров

Для разных объектов можно создавать размеры различных типов и настраивать для них ориентацию и выравнивание.

К основным типам размеров относятся линейные, радиальные, угловые, ординатные размеры, а также длина дуги. Используйте команду **РАЗМЕР** для автоматического создания размеров в соответствии с типом объекта, для которого требуется указать размер.

Внешний вид размеров можно настроить путем задания размерных стилей или, в некоторых случаях, путем редактирования отдельных размеров. С помощью размерных стилей можно быстро указывать форматирование размеров и обеспечивать соответствие отраслевым и проектным стандартам.

8.1.1. Линейные размеры

Линейные размеры могут иметь горизонтальное, вертикальное или параллельное направление (рис. 8.1). С помощью команды **РАЗМЕР** можно создавать параллельные, горизонтальные и вертикальные размеры в зависимости от способа перемещения курсора при размещении текста.

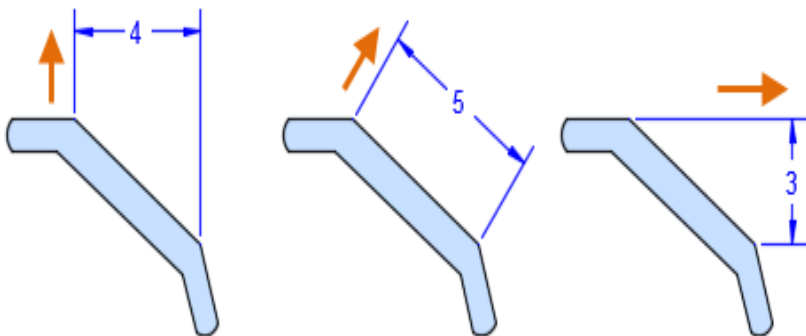


Рис. 8.1. Разные типы размеров

В повернутых размерах размерная линия расположена под углом к исходным точкам выносной линии. В этом примере (рис. 8.2) угол поворота размерной линии равен углу наклона сегмента, на который наносятся размеры.

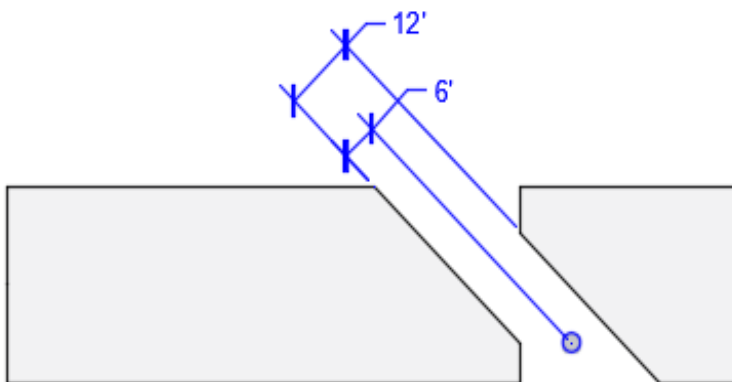


Рис. 8.2. Смещение наклонной линии

Кроме того, можно наносить линейные размеры, выносные линии которых не перпендикулярны размерным линиям. Такие размеры называются наклонными и чаще всего используются в изометрических чертежах. В этом случае размерные линии будут расположены под углом 30 или 60° в зависимости от текущей плоскости изометрии.

8.1.2. Радиальные размеры

Радиальные размеры позволяют измерить величину радиуса или диаметра дуг и окружностей. Дополнительно могут отображаться осевые линии или маркеры центра. На рис. 8.3 показано несколько вариантов радиальных размеров.

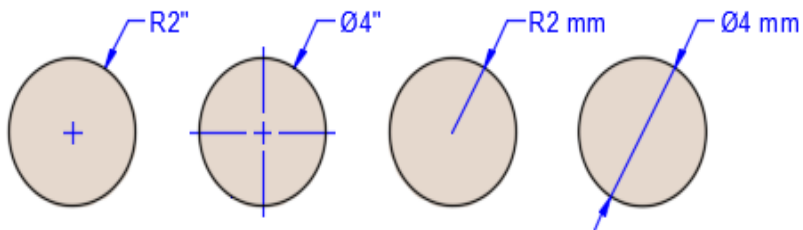


Рис. 8.3. Радиальные размеры

Если часть размера находится в пределах измеряемой дуги или окружности, неассоциативная осевая линия или маркер центра автоматически подавляются.

8.1.3. Угловые размеры

Угловые размеры наносятся для обозначения углов между двумя выбранными геометрическими объектами или тремя точками. На рис. 8.4 слева направо показаны угловые размеры, созданные с помощью вершины и двух точек, дуги и двух отрезков.

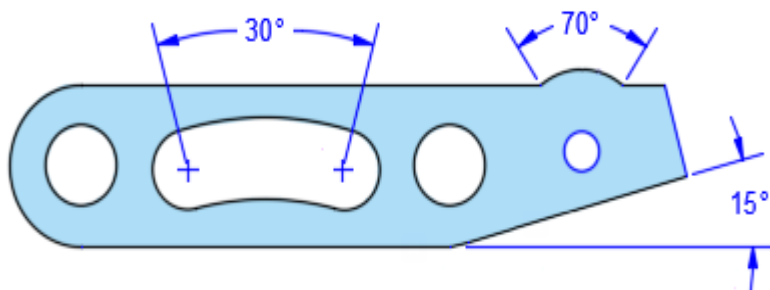


Рис. 8.4. Угловые размеры

8.1.4. Ординатные размеры

Ординатные размеры позволяют измерить расстояния перпендикулярных проекций от точки отсчета, которая называется базой отсчета, например от отверстия в детали. Вычисление значений этих размеров относительно базы отсчета позволяет избежать возможных ошибок в размерах, связанных с накоплением погрешностей.

На рис. 8.5 база отсчета (0,0) соответствует отверстию в левом нижнем углу изображаемой панели.

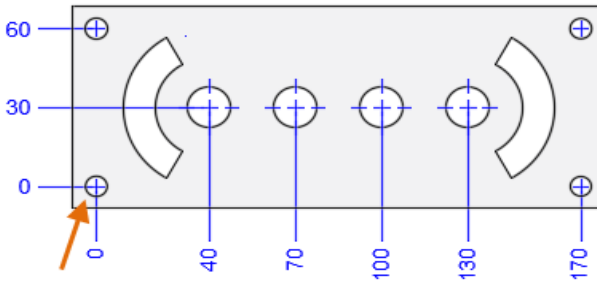


Рис. 8.5. Ординатные размеры

8.1.5. Размеры длины дуги

Размеры длины дуги указывают расстояние вдоль дуги или дугового сегмента полилинии. Типичные применения размеров длины дуги включают измерение расстояния перемещения вокруг шаблона и указание длины кабеля.

Чтобы отличать эти размеры от линейных и угловых, для размеров длины дуги по умолчанию отображается обозначение дуги. Символ дуги, также называемый «шляпка» или «крышка», отображается над или перед размерным текстом (рис. 8.6).

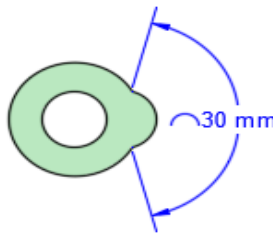


Рис. 8.6. Пример длины дуги

8.1.6. Базовый размер и размерные цепи

У размерных цепей начало каждого размера совпадает с концом предыдущего (рис. 8.7).

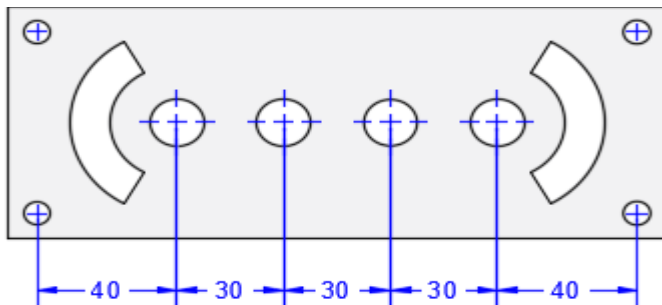


Рис. 8.7. Размерная цепь

Базовые размеры – это несколько размеров со смещенными размерными линиями, измеряемые от одного местоположения (рис. 8.8).

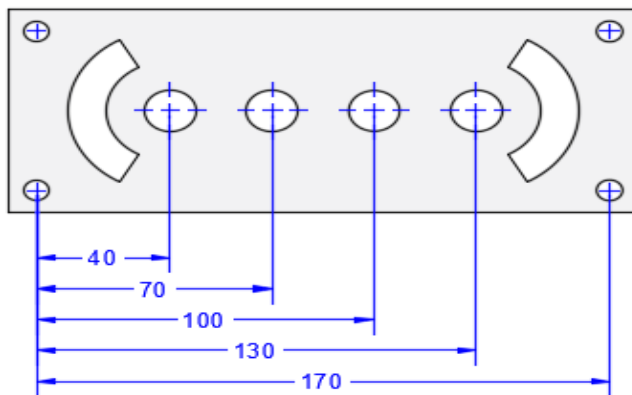


Рис. 8.8. Базовые размеры

Прежде чем создавать размерные цепи и базовые размеры, необходимо создать линейный, угловой или ординатный размер, который будет использоваться в качестве исходного размера для построения последующих размеров.

8.1.7. Переопределение Текущего слоя

По умолчанию все новые объекты создаются на текущем слое. Для новых размерных объектов вы можете указать слой по умолчанию, отличный от текущего, указав слой с системной переменной *DIMLAYER*.

8.1.8. Повернутые виды

В случае с полками выносок, компонентами размеров и текстовыми объектами горизонтальное и вертикальное направления от осей ПСК определяются в момент создания этих элементов. Если вид на чертеже является повернутым, сначала можно посредством параметра «ПСК, Вид» задать вертикальные и горизонтальные направления относительно чертежа, а не относительно повернутого вида.

8.2. Размеры

Так как при нанесении размеров требуется высокая скорость и эффективность работы, в AutoCAD реализована команда РАЗМЕР для ускорения процесса с помощью выводов и параметров в ходе одного сеанса команды. Вместо того чтобы переключаться между несколькими командами нанесения размеров, для получения различных результатов можно использовать одну команду РАЗМЕР и следующие факторы:

- выбранный вариант команды РАЗМЕР;
- тип объекта, на который наведен курсор;
- место наведения курсора на объект;
- место выбора или щелчка мышью;
- направление перемещения курсора.

Все эти факторы могут влиять на окончательный результат.

8.2.1. Создание линейных размеров

Для создания линейных размеров необходимо выполнить определенные действия.

1. Перейдите на вкладку **Главная** → панель **Аннотации** → **Размер**.

2. Наведите курсор мыши на сегмент линии до тех пор, пока не отобразится размер. Выберите сегмент линии, а затем щелкните нужное местоположение размерной линии.

3. Чтобы нанести размеры зазоров, используйте объектные привязки для размещения размерных точек и щелкните требуемое местоположение размерной линии. При задании точек для линейного размера направление, в котором перемещается курсор, определяет тип создаваемого размера (горизонтальный, вертикальный или параллельный).

Для создания непрерывной линии размеров выберите параметр **Продолжение** в ответ на запрос, выберите выносную линию, относительно которой следует продолжить, и другие размерные точки. Последовательность создания базового размера аналогична, за исключением того, что следует выбрать параметр **Базовый** и выбранная выносная линия должна находиться слева от точки продолжения.

5. Далее дважды нажмите на клавишу «Enter», чтобы завершить последовательность размерных цепочек.

8.2.2. Нанесение размеров в пространстве листа

Существует несколько способов размещения и масштабирования размеров. Одним из таких способов является создание размеров в пространстве листа. При использовании этого способа можно по-прежнему использовать команду РАЗМЕР. Выполните следующие действия:

1. После нанесения размеров в пространстве модели создайте лист или перейдите на вкладку **Лист**.

2. Выберите нужный видовой экран листа, нажмите ручку изменения масштаба и выберите масштаб из списка.

3. Затем дважды щелкните внутри видового экрана листа, чтобы перейти в пространство модели. При необходимости выполните панорамирование вида.

В командной строке введите СМЕНАПРОСТР. Команда **Смена пространства** также доступна на развернутой панели **Изменить** вкладки **Главная**.

4. Выберите все размеры. Если размеров много, можно использовать пересекающиеся рамки или фильтры выбора.

5. Практически мгновенно все выбранные размеры будут перенесены в пространство на текущем листе. Кроме того, в них будет автоматически сохранен правильный масштаб, который определяется масштабом видового экрана.

Как видно из приведенного описания, наиболее эффективным способом создания размеров является применение команды РАЗМЕР в ходе выполнения обычной процедуры, панорамирование и зумирование с помощью колесика мыши, а также нажатие на клавишу «F3», когда требуется отключить текущие режимы объектной привязки для выбора объектов.

8.2.3. Команда РАЗМЕР

Для измерения можно выбрать объекты или точки объектов, после чего щелчком разместить размерную линию. При наведении на объект команда РАЗМЕР автоматически создает предварительную версию подходящего для использования типа размера.

Поддерживаемые типы размеров перечислены ниже:

- вертикальные, горизонтальные и параллельные линейные размеры;
- ординатные размеры;
- угловые размеры;
- размеры радиуса и радиуса с изломом;
- диаметральные размеры;
- размеры длины дуги.

Некоторые параметры команды РАЗМЕР задают режим работы, который поддерживается до тех пор, пока не будет изменен, включая параметры ниже:

- базовые линейные и угловые размеры;
- цепочки линейных и угловых размеров;
- размеры радиуса, диаметра, радиуса с изломом или длины дуги.

Некоторые параметры команды РАЗМЕР предлагают способы редактирования размеров, включая указанные ниже:

- выравнивание размерных линий выбранных размеров со справочным или базовым размером;
- смещение размерных линий выбранных размеров;
- указание другого слоя для новых размеров.

Отображаются запросы, приведенные далее.

Выберите объекты. Выбор по умолчанию типа размера, который подходит для выбранных объектов, а также отображение запросов, соответствующих этому типу размера (табл. 8.1).

Таблица 8.1. Размеры объектов по умолчанию

Тип объекта	По умолчанию
Дуга	Размеры радиусов
Круг	Диаметральные размеры
Линия	Линейные размеры
Полилиния	Линейные размеры или размеры радиуса зависят от выбранного сегмента

Начало первой выносной линии. Создание линейного размера по двум выбранным точкам.

Угловой. Создание углового размера, показывающего угол между тремя точками или угол между двумя линиями (так же, как и команда РЗМУГЛОВОЙ).

Вершина. Задание точки, используемой в качестве вершины углового размера.

Укажите первую сторону угла. Выбор одной из линий, определяющей угол.

Укажите вторую сторону угла. Выбор второй линии, определяющей угол.

Местоположение углового размера. Определение квадранта и местоположения для размерной линии дуги.

Мтекст. Редактирование размерного текста в контекстной вкладке текстового редактора.

Текст. Редактирование размерного текста в окне команд.

Угол текста. Определение угла поворота размерного текста.

Отменить. Возвращается к предыдущему запросу.

8.2.4. Базовый размер

Данная команда служит для нанесения линейных, угловых или ординатных размеров от первой выносной линии предыдущего или выбранного размера (так же, как и команда РЗМБАЗОВЫЙ). По умолчанию последний созданный размер используется в качестве базового.

Список опций:

Начало первой выносной линии. Задание первой выносной линии базового размера в качестве начала выносной линии размера, откладываемого от базовой линии.

Начало второй выносной линии. Задание следующей кромки или угла для нанесения размера.

Положение элемента. Конечная точка базового (ординатного) размера используется в качестве конечной точки размера, откладываемого от базовой линии.

Выбор. Программа предлагает выбрать линейный, угловой или ординатный размер в качестве исходного.

Смещение. Определение расстояния смещения от созданных базовых размеров.

Отменить. Отмена последнего созданного базового размера.

Далее. Нанесение линейных, угловых или ординатных размеров от второй выносной линии выбранного размера (так же, как и команда РЗМЦЕПЬ).

Начало первой выносной линии. Задание первой выносной линии базового размера в качестве начала выносной линии размера, откладываемого от размерной цепи.

Начало второй выносной линии. Задание следующей кромки или угла для нанесения размера.

Положение элемента. Конечная точка базового (ординатного) размера используется в качестве конечной точки размерной цепи.

Выбор. Программа предлагает выбрать линейный, угловой или ординатный размер в качестве размерной цепи.

Отменить. Отмена последнего созданного базового размера.

8.2.5. Ординатный размер

Данная команда служит для создания ординатного размера (так же, как и команда РЗМОРДИНАТА).

Список опций:

Положение элемента. Программа предлагает выбрать точку на элементе, например, конечную точку, пересечение или центр объекта.

Конечная точка выноски. Для определения ординатного размера X или Y используется разность координат между положением элемента и конечной точкой выноски. Если разность координат Y больше, представляется размер по оси X . В противном случае наносится размер по оси Y .

Хзначен. Измеряет расстояние по оси X и определяет ориентацию линии выноски и размерного текста.

Узначен. Измеряет расстояние по оси Y и определяет ориентацию линии выноски и размерного текста.

Мтекст. Отображение контекстной вкладки текстового редактора, с помощью которого можно редактировать размерный текст.

Текст. Предоставление возможности отредактировать размерный текст в командной строке. Полученный размер отображается в угловых скобках.

Угол. Определение угла поворота размерного текста.

Отменить. Возвращается к предыдущему запросу.

8.2.6. Выровненный размер

Данная команда служит для выравнивания нескольких параллельных, концентрических или размеры с одной и той же базой отсчета для выбранного базового размера.

Список опций:

Базовый размер. Задание размера, который будет использоваться в качестве основы для выравнивания размеров.

Размеры для выравнивания. Выбор размеров для выравнивания по указанному базовому размеру.

Распределить. Задание метода распространения группы выбранных изолированных линейных или ординатных размеров.

Равенство. Равномерное распределение всех выбранных размеров. Для этого метода требуется минимум три размерные линии.

Смещение. Распределение всех выбранных размеров на указанном расстоянии смещения.

Слой. Задание новых размеров для указанного слоя с переопределением текущего слоя. Введите **Использовать текущий** или «.» для использования текущего слоя. (системная переменная *DIMLAYER*).

Отменить. Отмена последней операции при нанесении размера.

При нанесении размера таким образом, чтобы он перекрывал существующий размер, отображаются нижеприведенные параметры.

Перенести. Приведение имеющегося и нового размера к типу размеров от общей базы.

Разорвать. Разбиение имеющегося размера на две части и упорядочение этих размеров в размерной цепи.

Заменить. Удаление имеющегося размера и замена его новым.

Нет. Вставка нового размера поверх существующего.

8.2.7. Команда БРАЗМЕР

Данная команда служит для быстрого нанесения набора размеров на основе выбранных объектов. Она особенно полезна при создании базовых размеров или размерных цепей, а также при проставлении размеров для нескольких кругов и дуг.

Отображаются нижеприведенные запросы.

Выберите объекты для нанесения размеров. Выберите объекты для нанесения размеров или размеры для редактирования.

Положение размерной линии. Задание положения размерной линии.

Цепь. Создание набора размерных цепочек, в котором отрезки линейных размеров расположены один за другим вдоль одной и той же линии.

Ступенчатый. Создание набора ступенчатых размеров, в котором отрезки линейных размеров смещены относительно друг друга с постоянным шагом.

Базовый. Создание набора базовых размеров, в котором линейные размеры имеют общую выносную линию.

Ординатный. Создание набора ординатных размеров, в котором объекты аннотированы при помощи одной выносной линии со значением X или Y . Изменяется относительно точки базы отсчета.

Радиус. Создание набора радиальных размеров, в котором отображены значения радиусов выбранных дуг и окружностей.

Диаметр. Создание набора размеров диаметров, в котором отображены значения диаметров выбранных дуг и окружностей.

Точка базы отсчета. Задание новой точки базы отсчета для базовых и ординатных размеров.

Изменить. Удаление выбранных местоположений точек из учета перед созданием размеров.

Режимы. Установка приоритета привязки объектов для указания точек начала выносных линий в виде пересечений или конечных точек.

8.3. Параметрический чертёж и зависимости

Параметрический чертёж – это технология, применяемая в проектах с зависимостями, которые представляют собой связи и ограничения, применённые к 2D-геометрии.

Существует два основных типа зависимостей.

1. Геометрические зависимости управляют размещением объектов по отношению друг к другу.

2. Размерные зависимости управляют расстоянием, длиной, углом и радиусом объектов.

На рис. 8.9 показаны геометрические и размерные зависимости, использующие принятый по умолчанию формат и режим видимости.

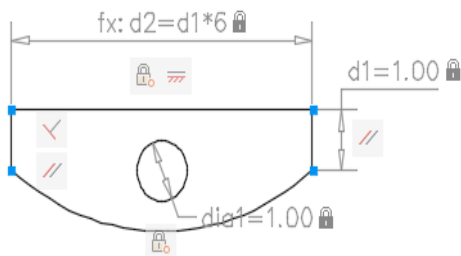


Рис. 8.9. Пример параметрического чертежа

При наведении курсора на объект с наложенными зависимостями отображается значок курсора (рис. 8.10).

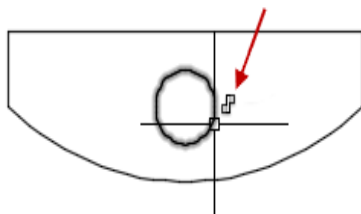


Рис. 8.10. Реакция системы на выбор объекта с параметрами

На стадии проектирования зависимости дают возможность ужесточить требования во время экспериментирования с различными проектными решениями или при внесении изменений. Вносимые в объекты изменения могут привести к автоматической подстройке других объектов и ограничить возможности изменения расстояний или угловых величин.

Зависимости дают возможность:

- поддерживать соответствие проекта спецификациям и требованиям путем наложения зависимостей на геометрию чертежа;
- налагать на объекты сразу несколько геометрических зависимостей;
- включать в размерные зависимости формулы и уравнения;
- быстро вносить в проект изменения путем изменения значения переменной.

8.3.1. Проектирование с использованием зависимостей

При работе с зависимостями чертеж может быть в одном из трех состояний.

Без зависимости. Ни на какую геометрию не наложены никакие зависимости.

С неполным набором зависимостей. На геометрию чертежа наложено некоторое количество зависимостей.

С полным набором зависимостей. На геометрию чертежа наложены все соответствующие геометрические и размерные зависимости. Для закрепления расположения геометрии набор объектов с полным набором зависимостей также нуждается по меньшей мере в одной зависимости фиксации.

Таким образом, в целом существует два способа проектирования с использованием зависимостей.

1. Можно работать с чертежом с неполным набором зависимостей путем постепенного его изменения, используя для этого команды редактирования в сочетании с ручками и добавляя зависимости или изменяя имеющиеся.

2. А можно создать чертеж и сразу сделать его полностью зависимым, а затем управлять проектом исключительно путем снятия и повторного наложения геометрических зависимостей, а также изменения значений размерных зависимостей.

Выбор метода зависит от имеющегося опыта проектирования и от требований конкретной отрасли.

Программа предотвращает наложение любых зависимостей, которые могут привести к состоянию избыточной зависимости.

Использование зависимостей при работе с блоками и внешними ссылками. Наложение зависимостей возможно:

- между объектом чертежа и объектом, находящимся во вхождении блока;
- объектом одного вхождения блока и объектом, находящимся в другом вхождении блока (в отличие от объектов одного и того же вхождения блока);
- точкой вставки внешней ссылки и каким-либо объектом или блоком, но не между объектами, находящимися во внешних ссылках.

При наложении зависимости на вхождение блока содержащиеся в этом блоке объекты автоматически становятся доступны для выбора. Нет необходимости нажимать на клавишу «Ctrl» для выбора подбъек-

тов. Добавление зависимостей к вхождению блока может привести к его переносу или повороту.

Наложение зависимостей на динамические блоки блокирует отображение соответствующих динамических ручек. Хотя остается возможность изменять значения в динамическом блоке с помощью палитры свойств, включить отображение динамических ручек можно только после снятия зависимостей, наложенных на этот динамический блок.

Зависимости можно использовать в определениях блоков, что приводит к формированию динамических блоков. Размером и формой динамических блоков можно управлять непосредственно из чертежа.

Удаление или снятие зависимостей. При необходимости внесения изменений в чертеж есть два способа отмены действия зависимостей.

1. Удаляйте зависимости по одной, впоследствии налагая новые зависимости. Наведя курсор на значок геометрической зависимости, можно нажать клавишу «Delete» или удалить зависимость с помощью контекстного меню.

2. Можно выполнить временное снятие зависимостей на выбранных объектах для внесения изменений. Если выбрана ручка или если во время выполнения команды редактирования задаются параметры, нажимайте клавишу «Shift» для перехода между режимами снятия и сохранения зависимостей.

Снятые зависимости во время редактирования не сохраняются. Если это возможно, то восстановление зависимостей происходит автоматически после завершения процесса редактирования. Зависимости, не являющиеся более допустимыми, удаляются.

Удаление всех геометрических и размерных зависимостей с выбранных объектов выполняется с помощью команды УДАЛОГР.

Геометрические зависимости. Геометрические зависимости задаются между 2D-объектами или между точками на объектах. При дальнейшем редактировании геометрии с наложенными зависимостями эти зависимости сохраняются.

Таким образом, использование геометрических зависимостей обеспечивает возможность включения в чертеж требований, предъявляемых к проекту.

Например, на рис. 8.11 показаны следующие наложенные на геометрию зависимости.

1. На каждую конечную точку наложена зависимость совпадения с конечной точкой каждого смежного объекта – эти зависимости отображаются в виде маленьких синих квадратиков.

2. На вертикальные отрезки наложена зависимость, определяющая параллельность и равенство длины каждого из них по отношению ко всем остальным вертикальным отрезкам.

3. На правый вертикальный отрезок слева наложена зависимость перпендикулярности по отношению к горизонтальному отрезку.

4. Горизонтальный отрезок должен оставаться горизонтальным.

5. На круг и горизонтальный отрезок наложена зависимость, определяющая их фиксированное местоположение. На наличие этих фиксированных зависимостей указывают значки блокировки.

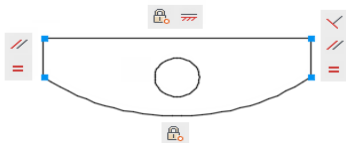


Рис. 8.11. Обозначения зависимостей

Геометрия выше проекта не имеет полной зависимости. С помощью ручек можно изменить радиус дуги, диаметр круга, длину горизонтального отрезка и длину вертикальных отрезков. Чтобы задать эти расстояния, необходимо наложить размерные зависимости.

Размерные зависимости. Размерные зависимости управляют размером и пропорциями объектов проекта. Они могут определять следующее:

- расстояния между объектами или между точками на объектах;
- углы между объектами или между точками на объектах;
- размеры дуг и окружностей.

Например, на рис. 8.12 показаны линейная, угловая зависимости, зависимости параллельности и диаметра.

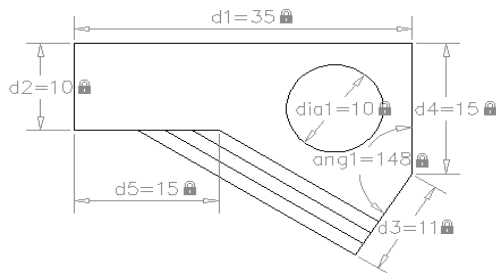


Рис. 8.12. Изображение размерных зависимостей

При изменении значения размерной зависимости выполняется расчет *всех* зависимостей, наложенных на данный объект, и автоматическое обновление объектов, на которые влияет это изменение.

Кроме того, зависимости могут быть наложены непосредственно на сегменты полилинии, как будто эти сегменты являются отдельными объектами.

Сравнение размерных зависимостей и размерных объектов. Размерные зависимости отличаются от размерных объектов следующим образом:

- размерные зависимости используются на этапе разработки чертежа, а размеры обычно создаются на этапе документирования;

- размерные зависимости определяют размер объектов или угол между ними, а размеры определяются объектами;

- по умолчанию размерные зависимости не являются объектами. Для их отображения используется только один размерный стиль, их размер не изменяется при зумировании и они не выводятся на устройство.

Если необходимо вывести чертеж с размерными зависимостями или использовать для них другие размерные стили, можно изменить форму размерной зависимости с динамической на аннотативную.

Опорные переменные и уравнения. Диспетчер параметров позволяет определить дополнительные пользовательские переменные, на которые могут ссылаться размерные зависимости и другие пользовательские переменные. Назначаемые пользователем выражения могут содержать разнообразные предварительно заданные функции и константы.

Параметрические формулы и уравнения. Формулы и уравнения могут быть представлены как в виде выражений, включенных в параметры размерных зависимостей, так и путем задания пользовательских переменных. Например, на рис. 8.13 представлена конструкция с зависимостью, определяющей расположение окружности относительно центра прямоугольника, при том, что площадь круга равна площади прямоугольника.

Параметры размерных зависимостей *Длина* и *Ширина* выражены постоянными величинами. Зависимости $d1$ и $d2$ являются простыми выражениями, которые ссылаются на параметры *Длина* и *Ширина*. Для параметра размерной зависимости *Радиус* задано выражение, содержащее функцию квадратного корня, круглые скобки для определения очередности операций, пользовательскую переменную *Площадь*, оператор деления и постоянную величину Π . Доступ к этим параметрам можно получить в диспетчере параметров.

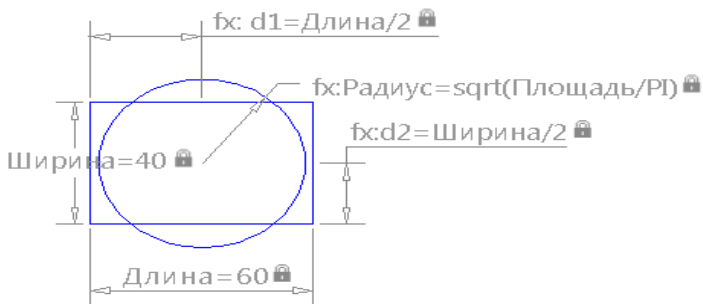


Рис. 8.13. Использование зависимостей

Можно видеть, что часть уравнения, определяющая площадь круга, включена в параметр размерной зависимости *Радиус*, а другая часть была определена как пользовательская переменная. Другой способ: все выражение, $\sqrt{\text{“Длина”} * \text{“Ширина”} / \pi}$, могло быть назначено параметру размерной зависимости *Радиус*, определенной в пользовательской переменной, или другой комбинации.

Защита выражений в динамических зависимостях. Если динамическая размерная зависимость содержит ссылки на один или несколько параметров, к имени этой зависимости добавляется префикс *fx:*. Этот префикс отображается только на чертеже. Он позволяет избежать случайной перезаписи параметров или формул, если задан формат имени размера **Значение** или **Имя**, в котором параметры и формулы не отображаются.

Объединение параметров в группы. Распределение размерных и пользовательских параметров по группам и управление их отображением в списке доступно в окне **Диспетчер параметров**.

Если на чертеже определено много размерных и пользовательских параметров, в некоторых случаях удобно с помощью окна **Диспетчер параметров** создать несколько групп параметров и путем перетаскивания курсором мыши сгруппировать эти параметры в одну или несколько групп. Это позволяет упорядочивать и ограничивать отображение параметров в окне **Диспетчер параметров** в результате одновременного просмотра только одной группы параметров. Таким образом, группы параметров служат фильтром просмотра списка параметров.

При разворачивании дерева фильтров в окне **Диспетчер параметров** отображаются все группы фильтров, созданных в текущем пространстве – пространстве модели или листа. В дереве фильтров отображаются два стандартных фильтра, редактирование которых не предусмотрено.

1. **Все.** Список всех параметров в текущем пространстве.

2. **Все используемые в выражениях.** Список всех параметров, используемых в выражениях или определяемых выражением.

Если задан режим **Инвертировать фильтр**, вместо отображения параметров, принадлежащих группе, отображаются все параметры, **не** содержащиеся в группе.

Поиск параметров. В окне **Диспетчер параметров** можно ввести в поле редактирования символы и подстановочные знаки, например «*», для поиска параметров по имени. Фильтрация списка параметров выполняется по мере ввода символов.

Лекция 9. РАБОТА С БЛОКАМИ ЧЕРТЕЖА

Блок в AutoCAD – набор элементов, имеющий уникальное имя и воспринимающийся как единое целое.

Объединение объектов в блоки облегчает повторное использование их как внутри одного чертежа, так и в других чертежах.

Блоки делятся на статические и динамические.

Простейшим вариантом является статический блок. Рассмотрим процесс его создания.

1. Вычертить элементы статического блока. Для этого следует перейти на вкладку **Вставка** → панель **Определение блока** → **Создать блок** или в командной строке прописать псевдоним команды БЛОК и нажать на клавишу «Enter». Откроется диалоговое окно **Определение блока**.

2. Указать имя блока (желательно латинскими буквами и цифрами). В любом случае, имя должно быть уникальным и отображать суть создаваемого элемента чертежа.

3. Задать базовую точку. В качестве базовой точки блока рекомендуется указывать какую-либо его характерную точку на самом объекте. Во-первых, вам будет удобнее потом вставлять блок, а во-вторых, именно в базовой точке появляется «ручка» при выделении блока к которой будут срабатывать объектные привязки.

4. Выбрать объекты, которые должны войти в блок. Ниже есть группа переключателей, которые определяют, что делать с выделенным набором объектов после объединения их в блок.

А. Оставить после создания блока – объекты будут сохранены на чертеже в том виде, в котором они были до создания блока.

Б. Преобразовать в блок – после создания блока исходный набор объектов будет заменен на созданный блок. Эта установка используется по умолчанию и подходит для большинства случаев. Следует воспользоваться именно ей.

В. Удалить – после создания блока исходные объекты будут удалены.

В поле **Имя** введите имя блока. Это имя может содержать максимум 255 символов, включая пробелы.

Далее щелкните мышкой по кнопке **Выбрать**. После этого окно **Определение блока** временно исчезнет и вы должны будете мышкой выбрать объекты, которые хотите включить в создаваемый блок. Закончив свой выбор, нажмите «Enter», и вы вернетесь к настройкам блока.

Следующее, что вы должны указать, это базовая точка вставки блока. Базовая точка – это точка на текущем построении, которая при вставке блока будет помещена в точку вставки. То есть блок будет вставляться таким образом, чтобы его базовая точка совместилась с указанной точкой вставки.

По умолчанию базовой точкой является точка 0.0 (или 0.0.0 для трехмерного чертежа). В окне **Определение блока** координаты нужной вам точки вы можете ввести либо в соответствующие поля *X*, *Y*, *Z* (в случае необходимости), либо нажать на кнопку **Указать** и указать точку прямо на чертеже.

В качестве базовой точки блока рекомендуется указывать какую-либо его характерную точку. Во-первых, вам будет удобнее потом вставлять блок, а во-вторых, именно в базовой точке появляется «ручка» при выделении блока. Так что от удобства расположения базовой точки будет зависеть удобство редактирования блока с помощью «ручек» при выделении блока. Так что от удобства расположения базовой точки будет зависеть удобство редактирования блока с помощью «ручек».

Группа переключателей, расположенная под кнопкой **Выбрать объекты**, определяет, что делать с выделенным набором объектов после объединения их в блок.

1. **Оставить** – после создания блока объекты будут сохранены на чертеже в том виде, в котором они были до создания блока.

2. **Преобразовать в блок** после создания блока исходный набор объектов будет заменен на созданный блок, эта установка используется по умолчанию; она подходит для большинства случаев.

3. **Удалить** – после создания блока исходные объекты будут удалены.

В раскрывающемся списке **Единицы блока** указываются единицы измерения, в соответствии с которыми блок масштабируется при вставке в различные чертежи. Обычно используется значение **Миллиметры**. В поле **Описание** вы можете ввести некоторый поясняющий текст, который впоследствии поможет вам в определении того, что это за блок и для чего вы его создали. Однако делать это необязательно.

После того как блок создан, все входящие в него объекты не воспринимаются по отдельности. Это значит, что если вы захотите выделить какой-либо из объектов, входящих в блок, то выделен будет весь блок. Таким образом, все входящие в блок объекты воспринимаются как единое целое.

Вставить блок в какое-либо место чертежа можно одним из следующих действий:

- в строке меню выбрать **Вставить** → **Блок**;
- щелкнуть мышью по кнопке на вкладке **Главная** ленты инструментов (группа **Блок**) или на панели инструментов **Рисование**;
- ввести в командную строку `_insert` (или **ВСТАВИТЬ**).

После этого на экране появится диалоговое окно **Вставка блока**, в котором вы сможете выбрать блок для вставки. Выбор осуществляется по имени блока и поля **Имя**. В данном поле доступны имена всех блоков, определенных на данном чертеже или вставленных в него ранее. Если вы хотите вставить внешний блок, сохраненный в виде файла, или даже целый другой чертеж, то вам следует нажать на кнопку **Обзор** и выбрать его.

В окне **Вставка блока** можно также задать масштаб, в котором должен быть вставлен блок. Для этого служат три поля (X , Y , Z), объединенных в группу **Масштаб**. По умолчанию все они содержат значение 1, что соответствует нормальному изначальному масштабу блока.

Далее вы можете изменить масштаб блока в любом из направлений – в горизонтальном (X), вертикальном (Y) и т. д. Кроме того, в поле **Угол** вы можете задать угол, на который должен быть повернут блок при вставке.

Закончив выбор блока, нажмите кнопку «ОК» и укажите точку на чертеже, в которую должен быть вставлен блок. На этом описание вставки можно считать законченным. Однако есть пара моментов, о которых стоит еще сказать.

По умолчанию точку вставки блока вы будете задавать щелчком мыши на чертеже. Об этом говорит флажок **Указать на экране** в области **Точка вставки** диалогового окна **Вставка блока**. Блок будет вставлен таким образом, чтобы его базовая точка совместилась с указанной вами точкой.

Однако вы можете задать точку вставки и непосредственно координатами. Для этого вам нужно выключить вышеуказанный флажок и ввести координаты в расположенные ниже поля X , Y , Z .

И еще об одной важной настройке окна **Вставка блока** следует упомянуть – это флажок **Расчленить**. Если его установить, то после вставки блок будет автоматически разбит на составляющие его объекты.

Разбить блок на составляющие объекты можно и потом, после вставки. Для этого следует использовать команду **Расчленить**, которой соответствует пиктограмма на вкладке **Главная** или на панели инструментов **Редактировать**. После этого вам только останется щелчком мыши указать блок, и он будет разбит на составляющие.

Чтобы блок можно было использовать впоследствии на других чертежах, желательнее сохранить его в виде файла. В AutoCAD это можно сделать, введя в командную строку команду `_wblock` (или ПБЛОК) и нажав на клавишу «Enter».

В результате на экране появится окно **Запись блока на диск**.

Вверху окна **Запись блока на диск** вы должны указать источник для записи в файл. Это может быть:

1. **Блок** в этом случае вы можете выбрать один из имеющихся на чертеже блоков для его сохранения в файл. Имя блока можно выбрать в расположенном рядом списке.

2. **Весь чертеж** – под определенным именем будет сохранен весь чертеж. Эта операция идентична операции **Файл** → **Сохранить как**.

3. **Объекты** – эта опция позволит выбрать на чертеже объекты, задать для них базовую точку и сохранить их в файл в виде блока. В общем все то же самое, что и при создании нового блока, только он сохранен будет в виде файла.

Имя файла и папка, в которой будет произведено сохранение, задаются в поле **Имя файла и путь**.

Задайте нужные настройки, нажмите на кнопку «ОК», и блок (либо целый чертеж) будет сохранен в указанном файле.

Библиотека блоков может быть создана в двух видах:

- в виде набора файлов, каждый из которых является сохраненным блоком;

- в виде одного файла, в котором собраны все блоки.

Во втором случае создание библиотеки блоков заключается в создании чертежа, на котором присутствует целый ряд блоков определенной направленности. Например, создается чертеж, на котором размещены изображения различных предметов интерьера или условные обозначения на электрических схемах. При этом все эти изображения оформляются в виде блоков.

Далее такой чертеж сохраняется на диске обычным образом, в виде обычного файла чертежа. Доступ к этим блокам осуществляется через Центр управления AutoCAD.

Что такое атрибуты и зачем они нужны? В AutoCAD блокам могут быть поставлены в соответствие определенные атрибуты. Дело в том, что довольно часто в качестве бликов выступают совершенно

определенные фрагменты, детали и т. д., которые обладают определенными смысловыми характеристиками.

В качестве атрибута блока обычно указываются некоторые надписи, которые могут менять свое значение при помещении блока на чертеж. Например, вы можете создать набор блоков с определенными характеристиками (например, фирма-изготовитель для детали, имя чертежника, учетный номер и т. п.). При этом остальные характеристики будут храниться в виде атрибутов, а при вставке блоков будут запрашиваться значения для них, и они будут автоматически указываться рядом со вставленным блоком.

При создании атрибута блока сначала создается атрибут как отдельный текстовый объект. Затем атрибут включается в блок, как и все остальные объекты, входящие в его состав. С одним блоком можно связывать несколько атрибутов. Важно только, чтобы все атрибуты имели разные имена.

Помимо видимых атрибутов, у блоков могут быть и невидимые атрибуты. Например, вы не хотите выводить на чертеж название фирмы-изготовителя деталей. Но вы можете потом извлечь из чертежа и использовать в других приложениях, например, для составления отчета информацию о количестве и видах деталей, изготовленных тем или иным производителем.

Создание описания атрибута. Приступить к созданию атрибута можно одним из следующих способов:

- на вкладке **Главная** ленты щелкнуть по кнопке (группа **Блок**) или в строке меню выбрать **Рисование** → **Блок** → **Задание атрибутов**;
- ввести в командную строку `_attdef` (или АТОПР).

После этого на экране появится диалоговое окно **Определение атрибута**. В этом окне, собственно, и осуществляются настройки атрибута.

В группу **Режим** объединены переключатели, с помощью которых можно задать необязательные режимы отображения атрибута.

В группу **Атрибут** объединены основные параметры атрибута. В поле **Имя** указывается имя атрибута. Это поле в отличие от остальных является обязательным для задания. Каждый атрибут должен иметь свое имя.

В поле **Подсказка** вы можете ввести текст подсказки, который будет появляться в командной строке или диалоговом окне при вставке блока. Длина подсказки, как и имени, не должна превышать 256 символов.

В поле **По умолчанию** указывается значение атрибута, которое будет использоваться по умолчанию.

В группу **Параметры текста** объединены настройки, отвечающие за отображение текста атрибута. Вы можете задать в них выравнивание текста, текстовый стиль, высоту текста и угол его поворота.

В полях *X*, *Y*, *Z* задается расположение точки вставки атрибута. Вы можете либо указать ее координаты, либо нажать на кнопку **Указать** (Pick Point) и указать ее непосредственно щелчком мыши.

Создание блока с атрибутом. Присвоение атрибута блоку. Создание блока с атрибутом может идти двумя путями, в зависимости от того, есть уже у вас созданный блок или его еще нет. Если блока еще нет, то вы просто вызываете команду создания блока **Рисование** → **Блок** → **Создать** (или щелкаете мышкой по кнопке на вкладке Главная или на панели **Рисование** (Draw)) и создаете блок, как это было показано ранее. При этом в качестве одного из объектов, которые должны быть в него включены, указываете созданный атрибут.

Если же уже имеется блок, которому должен быть присвоен атрибут, то в этом случае также вызываете команду создания блока, но в окне **Определение блока** в поле **Имя** выбираете имя нужного блока и пересобираете его заново. При этом просто на чертеже выбираете сам блок, а также атрибут (или атрибуты), который вы хотите к нему присоединить.

При сохранении заново собранного блока у вас будет запрос, действительно ли вы хотите перезаписать существующий блок. Ответьте утвердительно.

Блок с атрибутом вставляется абсолютно так же, как и простой блок. При вставке любого блока AutoCAD автоматически определяет, имеется ли у него атрибут. Если таковой имеется, то запрашивает для него значение. При этом выводится поясняющий текст, указанный в свойствах атрибута.

Чтобы отредактировать атрибуты определенного блока на чертеже, следует в командную строку ввести `_eattedit` (или АТРЕДАКТ) и нажать на клавишу «Enter».

Лекция 10. АЛЬТЕРНАТИВЫ AutoCAD

У программы Autodesk AutoCAD имеется ряд аналогов. Рассмотрим российские.

Концепция BIM. Совершенствование методов проектирования делает возможной разработку более сложных зданий и сооружений, при этом уменьшая сроки и количество задействованного в работе персо-

нала. Внедрение САПР, прежде всего, позволило быстро вносить изменения в графическую часть и автоматически производить вычисления в расчетной части. Более того, компьютер способен обработать без ошибок гораздо больше информации по сравнению с человеком. Сложные проекты, подразумевавшие тысячи бумажных чертежей, из-за своего огромного объема уже не могли управляться одним архитектором и требовали разбивки по частям, что увеличивало риск ошибок и затягивало сроки реализации.

Вместе с этим дальнейший прогресс компьютерных систем сделал возможным реализацию концепции, давно зреющую в умах архитекторов, но в силу неразвитых технологий не реализованную ранее. Идея заключалась в том, что для проектирования недостаточно одной лишь геометрии объекта. Необходимо, чтобы в модели также содержалась и в нужный момент легко извлекалась информация о его свойствах. Другими словами, нужен не двухмерный чертеж и даже не 3D-модель, не макет, а полноценная цифровая копия, содержащая данные обо всех материалах, оборудовании и взаимосвязях между ними. Это и есть принцип технологии BIM.

Аббревиатура BIM означает Building Information Model – информационная модель здания. В ней данные об объекте строительства представляют собой не бесконечные таблицы и перечни, а структурированную виртуальную модель с параметрами, скоординированными между собой и имеющими конкретную геометрическую привязку.

В такую модель легко вносить изменения и обновления и быстро извлекать из нее требуемую информацию об объекте. Таким образом, если спроектированная в САПР конструкция будет иметь только визуальную составляющую, то программа BIM-проектирования может предоставить 3D-модель, но, в отличие от 3D-модели из AutoCAD, насыщенную информацией о материалах изготовления, их физических свойствах и т. д.

Применение информационного моделирования зданий не только облегчает и ускоряет процесс проектирования. Цифровая модель может использоваться для управления на протяжении всего жизненного цикла здания, в том числе:

- для создания архитектурной идеи и первичной визуализации проекта для показа заказчику;
- проведения анализа и расчетов, принятия на их основании проектных решений;
- создания проектной документации и автоматического составления смет;
- заказа строительных материалов;

- управления возведением здания, его реконструкцией и ремонтом;
- управления эксплуатацией здания;
- управления сносом и утилизацией.

Такие широкие возможности делают информационное моделирование принципиально новым инструментом, который полезен и архитекторам с проектировщиками и строителями, но также и собственникам зданий, управляющим компаниям, сервисным службам.

Например, при возникновении проблем в системе отопления (допустим, утечка на каком-то участке трубы) управляющая компания может вместо проведения традиционной инспекции здания предварительно обратиться к цифровой модели и составить список «узких мест», подлежащих проверке в первую очередь.

Еще одно применение информационных моделей – проведение виртуальных исследований и экспериментов, таких как моделирование поведения конструкций при различных ЧС (например, урагане).

Nanosoft NanoCAD. Данная программа в основном ориентирована на отечественное проектирование, что очень удобно при составлении чертежей и сопроводительной документации. Здесь упор в основном сделан на 2D-проекты, но есть и возможность построения трехмерных проекций. Интерфейс почти такой же, как и в AutoCAD, поэтому освоить его можно довольно быстро. Поддерживается формат DWG для работы со всеми версиями САПР. Сохраняет и открывает файлы сразу в DWG формате. Также в программе представлено большое количество дополнительных модулей, которые можно приобрести вместе с базовой платформой – сразу или купить позже.

Модуль «СПДС» для nanoCAD Платформа – специальная вкладка с инструментарием для интеллектуального оформления и редактирования чертежей согласно СПДС. Присутствует более 20 норм оформления документации.

Модуль «Механика» для nanoCAD Платформа. Помогает инженерам и конструкторам создавать изделия различной сложности и оформлять конструкторскую документацию по нормам ЕСКД.

Модуль «Топоплан» для nanoCAD Платформа – удобный и практичный инструмент инженера-изыскателя для создания цифровой модели местности и подготовки чертежа к выпуску топографических планов. Область применения – объекты промышленного и гражданского строительства.

Модуль «3D» для nanoCAD Платформа – многофункциональный модуль, объединяющий два фундаментальных подхода: параметрическое и прямое объемное моделирование. Модуль позволяет создавать

3D-модели в nanoCAD и открывать чертежи DWG, содержащие 3D-графику.

Модуль «Растр» для nanoCAD Платформа – современный инструмент инженера, предназначенный для коррекции растровых изображений и последующего распознавания PDF- или JPG-подложки с переводом ее в векторный формат.

Модуль «Организация» для nanoCAD Платформа – организованная система управления, передачи и контроля настроек САПР согласно стандартам предприятия (СТП) на разработку, ведение и оформление электронной проектной документации. Подходит для больших организаций, где нужно быстро распространить общие настройки САД системы на все рабочие места.

Продукт nanoCAD GeonICS помогает комплексно решать следующие задачи:

- создание, редактирование и анализ цифровых моделей рельефа;
- выполнение расчетов, связанных с объемами земляных масс;
- оформление инженерно-геологических разрезов и колонок;
- создание топографических планов;
- проектирование внешних внутриплощадочных инженерных коммуникаций подземного и наземного типа;
- формирование выходных данных информационной модели поверхности и инженерных коммуникаций (BIM);
- подготовка и создание генеральных планов предприятий, сооружений и жилищно-гражданских объектов;
- проектирование линейно-протяженных объектов с подготовкой плана, профиля и поперечных сечений;
- формирование проектной документации.

Аксон Компас 3D. Компас – это комплексная система автоматизированного проектирования (САПР). Она направлена не только на создание объемных цифровых вариантов изделий, но и на разработку чертежей, проектирование различных систем (в том числе кабельных) и создание соответствующей документации. В целом, функционал программы довольно широк, за счет чего она пользуется определенной популярностью, особенно среди начинающих инженеров.

Функции. К функциям приложения относятся:

- твердотельное и параметрическое 3D-моделирование;
- наличие стандартных библиотек моделей. В приложении присутствует встроенный каталог готовых моделей. В основном это распространенные технические детали;
- построение чертежей и составление технической документации;

- возможность проектирования изделий из листового материала;
- учет допусков;
- огромное количество инструментов.

Особенности программы. Как и любое приложение, эта программа имеет свои особенности. И наш обзор Компас 3D призван охватить как можно больше из них. Далее мы перечислим то, чем эта программа интересна и чем отличается от других.

1. Собственное ядро. Программа построена на собственном, уникальном ядре, максимально поддерживающем функции приложения.

2. Русскоязычный интерфейс. Приложение полностью на русском языке и имеет довольно простой и понятный интерфейс, разобраться в котором не составит труда.

3. Интеграция с другими программами. Все, созданное в Компасе, есть возможность перенести в другие САПР и без проблем работать с исходными данными.

4. Поддержка различных файловых форматов. У вас не возникнет проблем с экспортом или импортом созданных изделий: программа поддерживает наиболее популярные форматы файлов.

5. Возможность проектирования трубопроводов, кабелей и кабельных систем. Благодаря САПР большую часть работы можно выполнить автоматически, без значительных усилий. Эта возможность значительно упрощает проектирование на различных предприятиях.

6. Встроенный модуль для создания электрических цепей.

Преимущества и недостатки приложения, с которыми пользователи сталкиваются в процессе работы.

Положительные стороны:

- простота в освоении;
- обширная библиотека стандартизированных изделий;
- русскоязычная поддержка и множество дополнительной информации на русском языке;
- доступная цена;
- масштабное и продуманное проектирование в 2D;
- возможность учета свойств большого количества материалов.

Недостатки:

- случаются проблемы при импорте 3D-моделей из других программ;
- проектировать в 3D сложнее, чем в 2D;
- плохо реализована возможность визуализации;
- не слишком хорошо оформлена система поверхностного моделирования.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кравченя, Э. М. Основы информатики, компьютерной графики и педагогические программные средства: учеб. пособие / Э. М. Кравченя. – Минск: ТетраСистемс, 2004. – 320 с.
2. Жарков, Н. В. AutoCAD 2016 / И. В. Жарков, М. В. Финков, Р. Г. Прокди. – СПб.: Наука и Техника, 2016. – 624 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Лекция 1. ВВЕДЕНИЕ В КОМПЬЮТЕРНУЮ ГРАФИКУ	3
1.1. Понятие о компьютерной графике	3
1.2. Растровая графика. Цвет.....	3
1.3. Векторная графика.....	8
Лекция 2. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	12
2.1. Подход на основе ГОСТа	12
2.1.1. Требования к компонентам программного обеспечения	13
2.1.2. Требования к компонентам информационного обеспечения.....	14
2.1.3. Требования к компонентам методического обеспечения	15
2.1.4. Требования к компонентам математического обеспечения.....	15
2.1.5. Требования к компонентам лингвистического обеспечения	15
2.1.6. Требования к компонентам технического обеспечения.....	16
2.1.7. Требования к компонентам организационного обеспечения.....	17
2.2. Классификация систем автоматизированного проектирования в англоязычной литературе.....	17
Лекция 3. ИНТЕРФЕЙС, НАЧАЛЬНАЯ НАСТРОЙКА AutoCAD.....	18
3.1. Типы файлов.....	19
3.2. Интерфейс AutoCAD	21
3.3. Настройка панелей инструментов	24
3.4. Начальные настройки чертежа.....	25
3.5. Режимы рисования.....	26
3.6. Веса линий.....	27
3.7. Масштабирование.....	29
Лекция 4. ПРОСТЫЕ ПРИМИТИВЫ AutoCAD	30
4.1. Задание координат	30
4.2. Точка	32
4.3. Отрезок	33
4.4. Луч и прямая	34
4.5. Дуга.....	37
4.6. Прямоугольник.....	38
4.7. Многоугольники	39
4.8. Круг и кольцо	40
4.9. Эллипс и его дуга.....	41
Лекция 5. СЛОЖНЫЕ ПРИМИТИВЫ AutoCAD.....	42
5.1. Полилиния.....	42
5.2. Сплайны.....	45
5.3. Мультилиния.....	46
5.4. Контуры и области.....	48
5.5. Текст	49
5.6. Таблицы	51
Лекция 6. ДЕЙСТВИЯ С ОБЪЕКТАМИ ЧЕРТЕЖА	52
6.1. Привязки.....	52
6.1.1. Привязки к сетке	52
6.1.2. Объектная привязка	53
6.1.3. Задание объектной привязки	55
6.2. Специальные приемы управления видом чертежа на экране	56
Лекция 7. ОПЕРАЦИИ РЕДАКТИРОВАНИЯ	59

Лекция 8. РАЗМЕРЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ	65
8.1. Типы размеров.....	65
8.1.1. Линейные размеры.....	65
8.1.2. Радиальные размеры.....	67
8.1.3. Угловые размеры.....	67
8.1.4. Ординатные размеры.....	68
8.1.5. Размеры длины дуги.....	68
8.1.6. Базовый размер и размерные цепи.....	69
8.1.7. Переопределение Текущего слоя.....	70
8.1.8. Повернутые виды.....	70
8.2. Размеры.....	70
8.2.1. Создание линейных размеров.....	70
8.2.2. Нанесение размеров в пространстве листа.....	71
8.2.3. Команда РАЗМЕР.....	72
8.2.4. Базовый размер.....	73
8.2.5. Ординатный размер.....	74
8.2.6. Выровненный размер.....	75
8.2.7. Команда БРАЗМЕР.....	75
8.3. Параметрический чертеж и зависимости.....	76
8.3.1. Проектирование с использованием зависимостей.....	78
Лекция 9. РАБОТА С БЛОКАМИ ЧЕРТЕЖА.....	83
Лекция 10. АЛЬТЕРНАТИВЫ AutoCAD.....	88
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	93

Учебное издание

Шаршунов Дмитрий Вячеславович

ИНФОРМАТИКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

**ОСНОВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКИ
И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

КУРС ЛЕКЦИЙ

Учебно-методическое пособие

Редактор *О. Н. Минакова*

Технический редактор *Н. Л. Якубовская*

Подписано в печать 20.02.2026. Формат 60×84 ¹/₁₆. Бумага офсетная.

Ризография. Гарнитура «Гаймс». Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 4,43.

Тираж 40 экз. Заказ .

Белорусская государственная сельскохозяйственная академия.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/52 от 09.10.2013.

Ул. Мичурина, 13, 213407, г. Горки.

Отпечатано в Белорусской государственной сельскохозяйственной академии.

Ул. Мичурина, 5, 213407, г. Горки.