

**М. А. Новикова
Д. А. Ковалёв**

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Практикум

**Санкт-Петербург
2023**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики**

**М. А. Новикова
Д. А. Ковалёв**

КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Практикум

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД

Санкт-Петербург
2023

УДК 62-5:681.3
ББК 32.973
Н 731

Рецензент

кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой прикладной математики
и информатики Высшей школы технологии и энергетики Санкт-Петербургского
государственного университета промышленных технологий и дизайна
И. В. Ремизова

Новикова, М.А.

Н 731 Компьютерная графика систем автоматизации: Практикум /
М. А. Новикова, Д. А. Ковалёв. — СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2023. —
99 с.

Практикум соответствует программам и учебным планам дисциплины «Компьютерная графика систем автоматизации» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств». В практикуме подробно описывается работа с программой AutoCad, приводятся упражнения для выполнения практических работ по дисциплине.

Практикум предназначен для подготовки бакалавров очной и заочной форм обучения. Отдельные разделы практикума могут быть полезны магистрам, аспирантам и специалистам, работающим в области автоматизации.

УДК 62-5:681.3
ББК 32.973

© ВШТЭ СПбГУПТД, 2023
© Новикова М. А., Ковалёв Д. А., 2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. НАЧАЛО РАБОТЫ В AUTOCAD	6
1.1. Первый запуск и создание файла	6
1.2. Интерфейс программы.....	10
1.2.1. Меню приложения	11
1.2.2. Лента инструментов.....	12
1.2.3. Графическое пространство	12
1.2.4. Командная строка.....	13
1.2.5. Строка состояния	15
1.3. Основные настройки рабочей среды.....	16
1.3.1. Настройка внешнего вида графического пространства	16
Контрольные вопросы	20
2. СЛОИ. ПОСТРОЕНИЕ ПРИМИТИВОВ	21
2.1. Типы линий	21
2.2. Условно-графические обозначения линий на схемах рабочей документации автоматизации технологических процессов	22
2.3. Слои	24
2.3.1. Создание.....	24
2.3.2. Действия над слоями	26
2.4. Примитивы.....	31
2.4.1. Точка.....	31
2.4.2. Прямая.....	33
2.4.3. Луч	34
2.4.4. Отрезок.....	35
2.4.5. Окружность.....	35
2.4.6. Дуга.....	37
2.4.7. Эллипс	38
2.4.8. Прямоугольник.....	38
2.4.9. Полигон.....	39
2.4.10. Полилиния	40
2.4.11. Мультилиния	40
2.4.12. Кольцо	45
2.4.13. Облако	45
2.4.14. Сплайн.....	46
2.4.15. Фигура	47
2.5. Редактирование примитивов.....	47
2.5.1. Перенести.....	48
2.5.2. Копировать.....	48
2.5.3. Растянуть.....	49
2.5.4. Повернуть.....	50
2.5.5. Отразить зеркально	50
2.5.6. Масштаб	51
2.5.7. Обрезать/удлинить.....	51

2.5.8. Сопряжение/фаска/соединение кривых	52
2.5.9. Массив	53
2.6. Методы точечного черчения	55
2.6.1. Мировая система координат	55
2.6.2. Пользовательская система координат	55
2.6.3. Полярная система координат	55
2.6.4. Способы ввода координат точек	56
2.6.5. Абсолютные и относительные координаты точек	56
2.6.6. Указание точек создаваемых примитивов с помощью объектной привязки	56
2.7. Блоки	57
2.7.1. Создание статического блока	57
2.7.2. Атрибуты блока	59
2.7.3. Создание динамического блока	62
Контрольные вопросы	66
3. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ШРИФТЫ	67
3.1. Системы координат	67
3.2. Шрифт	67
3.2.1. Текст	67
3.2.2. Расстановка размеров	68
Контрольные вопросы	72
4. ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И ФОРМАТ ЛИСТА	73
4.1. Параметризация	73
4.2. Формат листа	76
4.2.1. Рамка и основная надпись	77
4.2.2. Основная надпись	78
4.2.3. Пространство листа и пространство модели	79
4.3. Вывод чертежа на печать	83
Контрольные вопросы	85
5. СОЗДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ БИБЛИОТЕК	86
5.1. Пользовательские библиотеки средств регулирования и элементов трубопроводных систем	89
5.2. Пользовательские библиотеки изображений СИ и электрических схем ..	90
Контрольные вопросы	90
6. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ	91
Практическая работа № 1	91
Практическая работа № 2. Часть 1	91
Практическая работа № 2. Часть 2	92
Практическая работа № 2. Часть 3	95
Практическая работа № 2. Часть 4	95
Практическая работа № 3	95
Практическая работа № 4. Часть 1	96
Практическая работа № 4. Часть 2	96
Практическая работа № 5	97
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	98

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерной графикой называется применение вычислительной техники с целью создания графических изображений, их отображения с помощью различных устройств и манипулирования ими.

До появления компьютерной графики все технические чертежи выполнялись только на бумаге. Особенности неудобства это представляло, когда работать приходилось с большими форматами. В современном обществе с развитием компьютерных технологий и широким выбором программных и аппаратных средств, выполнение чертежей и схем стало значительно проще.

С помощью описываемой в практикуме среды AutoCad возможно создавать любые чертежи, в том числе необходимые для работы с системами автоматизации, сохранять их в различных форматах, и подготавливать их к печати.

1. НАЧАЛО РАБОТЫ В AUTOCAD

1.1. Первый запуск и создание файла

Для начала работы в AutoCAD необходимо запустить саму программу (рис. 1). Для этого необходимо дважды кликнуть левой кнопкой мыши (ЛКМ) по иконке на рабочем столе или перейти в меню ПУСК → AutoCAD 20** → AutoCAD 20**(вместо «звездочек» должно быть продолжение версии программы).

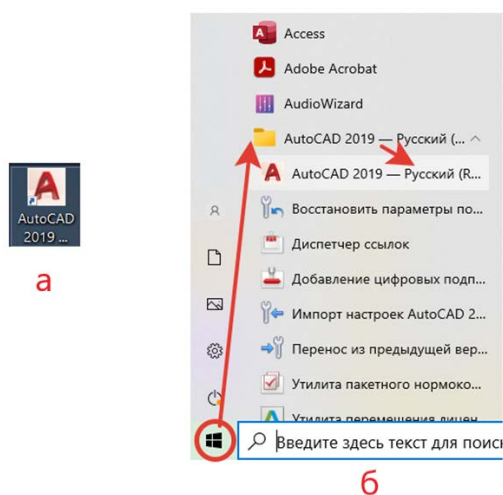


Рис. 1. Запуск программы AutoCAD:
а – через иконку на рабочем столе; б – через меню Пуск

После этого откроется стартовое окно программы (рис. 2).

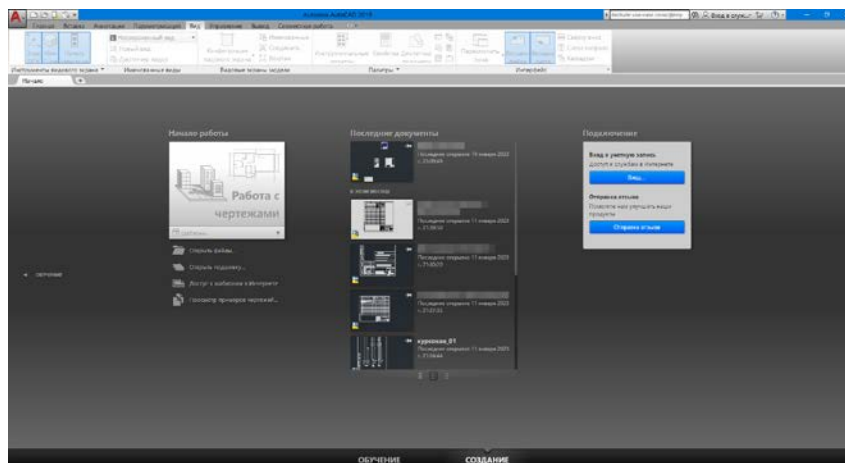


Рис. 2. Стартовое окно программы AutoCAD

Для создания чертежа необходимо (рис. 3):

- a) кликнуть ЛКМ по значку создания нового чертежа;
- b) перейти в Меню приложения → Создать;
- c) Ctrl+N.

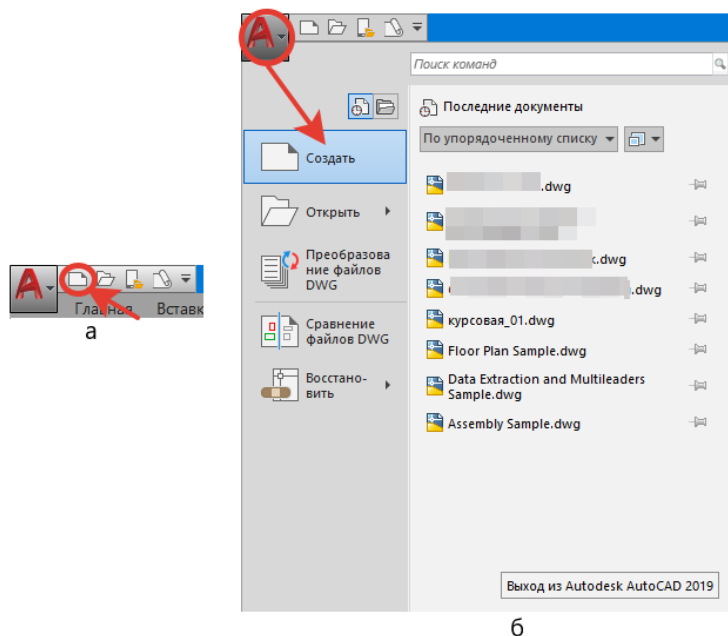


Рис. 3. Создание чертежа

В появившемся окне нужно выбрать подходящий шаблон. Для выполнения работ в данном курсе, а также для чертежей и схем, в которых используются метрические единицы измерения, соответствующие ЕСКД, необходимо использовать шаблон acadiso (рис. 4).

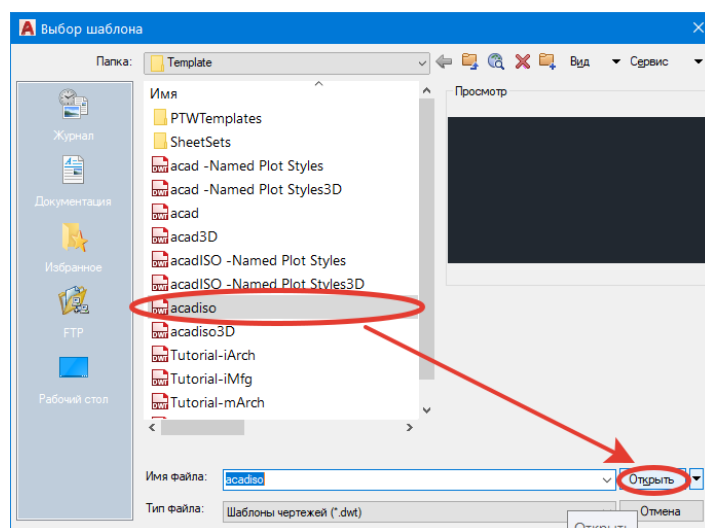


Рис. 4. Выбор необходимого шаблона

После этого откроется рабочий стол AutoCAD.

Для того чтобы каждый раз при создании не выбирать необходимый шаблон, можно произвести следующую настройку (рис. 5):

- 1) Меню приложения → Параметры.
- 2) В окне Параметры перейти во вкладку Файл → кликнуть по значку «+» у Параметры шаблона → «+» Шаблоны по умолчанию БСОЗДАТЬ → Выделить одним кликом ЛКМ «Нет» → Кликнуть кнопку Обзор.
- 3) Выбрать шаблон acadiso → нажать кнопку «Открыть».
- 4) В окне Параметры проверить, что установился новый шаблон → нажать кнопку «Применить» → нажать кнопку ОК.

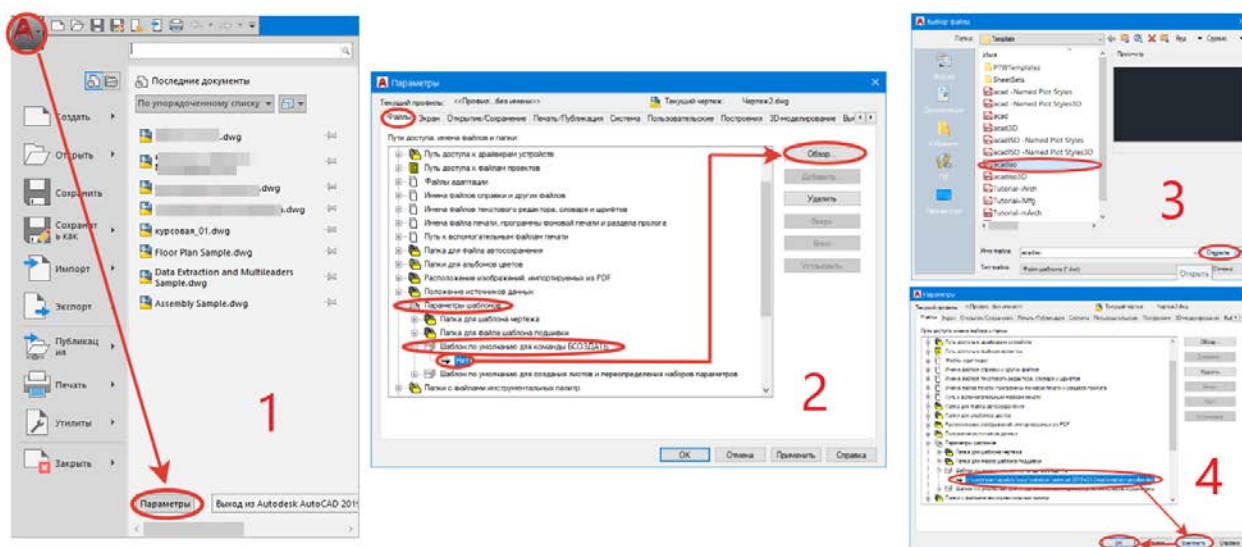


Рис. 5. Настройка для автоматического выбора шаблона при создании нового чертежа

Для проверки можно нажать на кнопку создания нового чертежа.

Если необходимо создать чертеж с другими шаблонами, то следует использовать комбинацию Ctrl+N.

Для сохранения проекта необходимо (рис. 6):

- а) кликнуть по значку Сохранить или Сохранить как;
- б) меню приложения → Сохранить как → Чертеж;
- с) в командной строке (см. п. 1.2.4) ввести БСОХРАНИТЬ.

После этого откроется окно Сохранение чертежа (рис. 7).

В нем выбирается директория сохранения созданного чертежа, в поле Имя файла вводится осмысленное название. В поле Тип файла можно выбрать формат сохранения чертежа. Например, можно сохранить чертеж для более ранней версии AutoCAD. Это может быть актуально, если данный чертеж нужно будет открывать на компьютере, на котором стоит более ранняя версия программы.

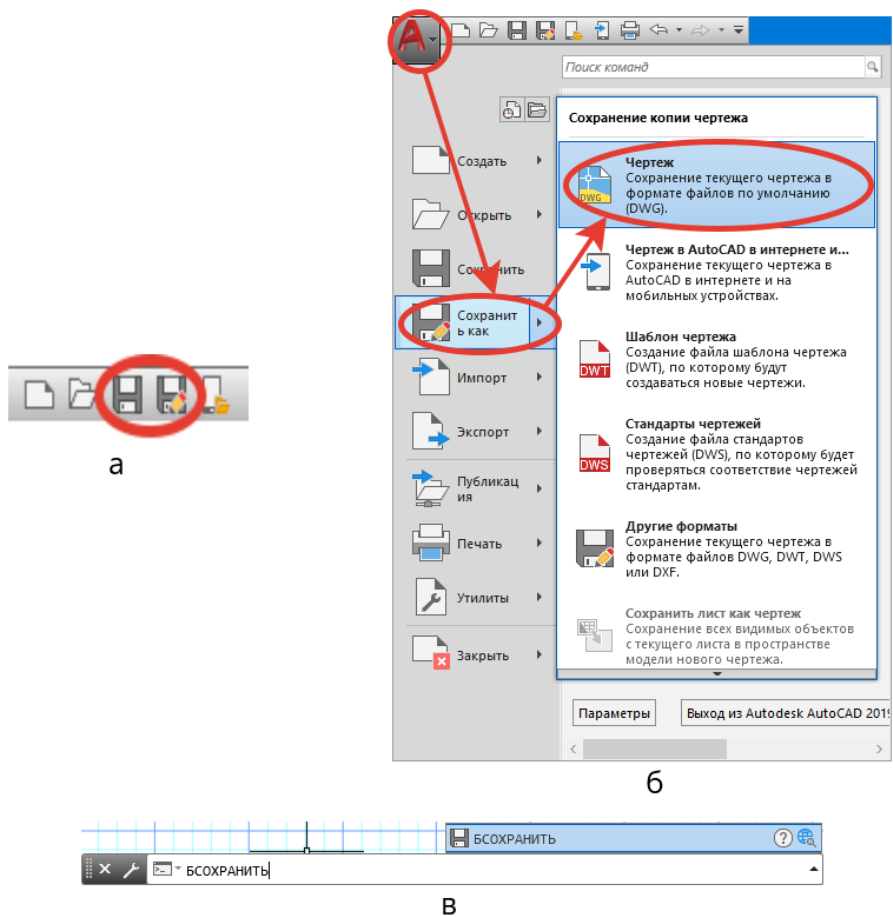


Рис. 6. Способы сохранения проекта:
 а – с помощью значков Сохранить и Сохранить как; б – с помощью меню;
 в – путем введения команды в командную строку

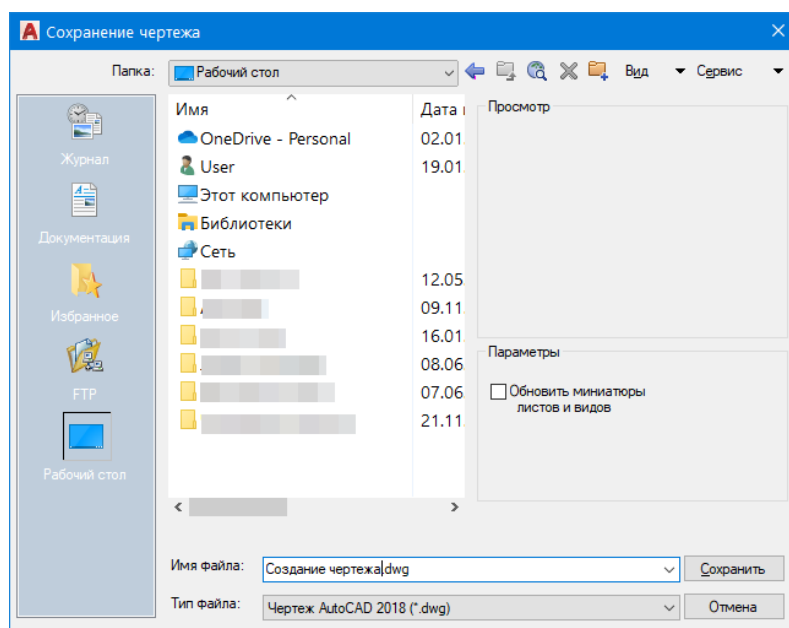


Рис. 7. Окно Сохранение чертежа

1.2. Интерфейс программы

Рабочее пространство AutoCAD содержит следующие элементы (рис. 8):

1. Меню приложения.
2. Панель быстрого доступа (по умолчанию содержит кнопки для создания, открытия на компьютере, создания и открытия через интернет, печати; кнопки Отменить и Повторить).
3. Строку заголовка (отображает версию программы и название чертежа).
4. Строку поиска справки (в ней можно ввести название команды, после чего откроется интернет-справка).
5. Лента инструментов (содержит несколько вкладок в которых тематически расположены различные команды и инструменты).
6. Графическое пространство (пространство для построения чертежей, схем и т. п.; на нем в левом нижнем углу располагается начало координат).
7. Командная строка (для ввода команд вручную).
8. Вкладки Модель и Листы (на вкладке Модель разрабатывается чертеж, на вкладках Листы происходит подготовка к печати разработанного чертежа).
9. Строка состояния (включает и выключает режимы черчения).

Далее представлена более подробная информация о наиболее важных элементах интерфейса программы.

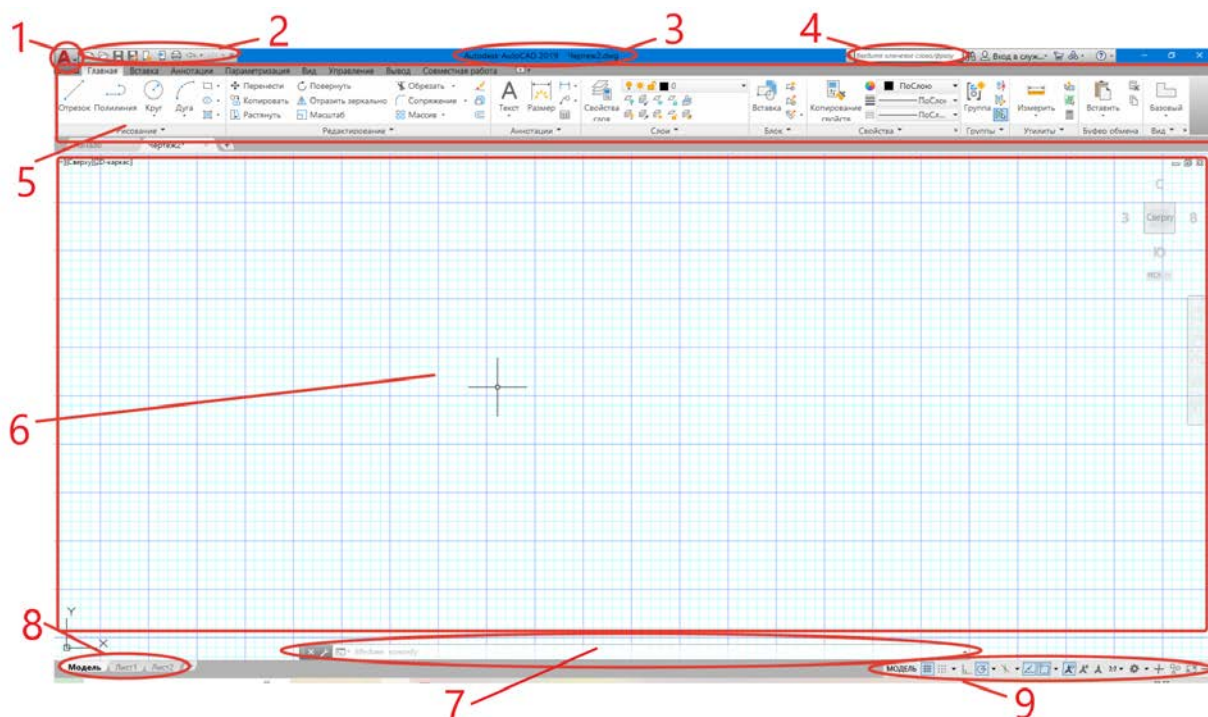


Рис. 8. Рабочее пространство AutoCAD

1.2.1. Меню приложения

С помощью Меню приложения (рис. 9) можно:

- 1) открывать имеющиеся чертежи (в правой части окна располагаются последние сохраненные чертежи в формате .dwg);
- 2) сохранять новые документы;
- 3) импортировать в открытый документ чертежи форматов .pdf и .dgn и других форматов (данная функция упрощает процесс переноса разработанных в других программах чертежей в AutoCAD);
- 4) экспортировать разработанную схему или чертеж;
- 5) публиковать документ (например, отправлять на электронную почту);
- 6) отправлять чертежи на печать;
- 7) предоставляет доступ к утилитам (например, к утилите сравнения двух чертежей формата .dwg – для нахождения схожести).

Кроме того, через Меню приложения можно перейти в окно Параметров.

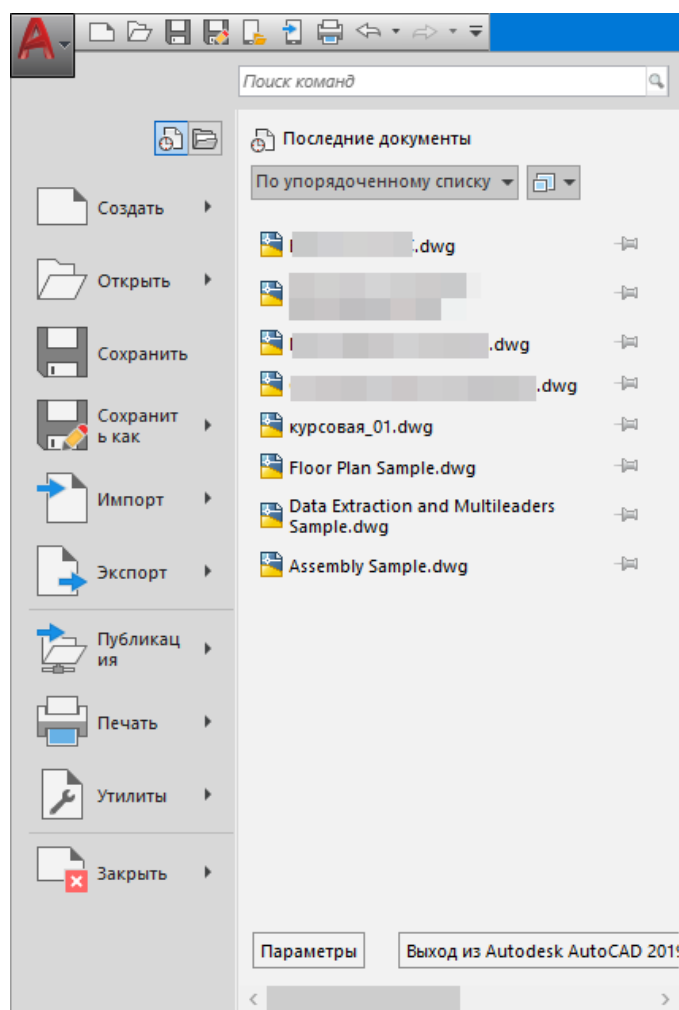


Рис. 9. Меню приложения

1.2.2. Лента инструментов

Основные инструменты, наиболее часто используемые при создании схемы, располагаются на ленте вкладки Главная. С помощью нажатия на «стрелочку» раздела ленты инструментов можно открыть остальные инструменты данного раздела. При желании их можно оставить в развернутом состоянии, нажав на значок Закрепить (рис. 10).

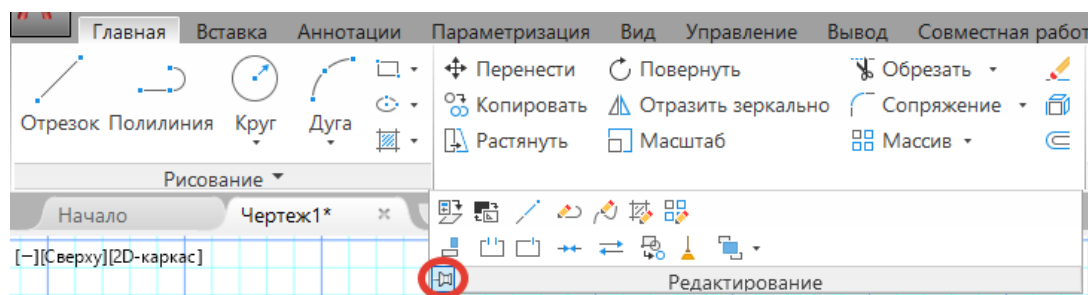


Рис. 10. Значок закрепления

1.2.3. Графическое пространство

На графическом пространстве в большинстве версий AutoCAD по умолчанию располагаются видовой куб (рис. 11) и панель навигации (рис. 12).



Рис. 11. Видовой куб

Видовой куб – это инструмент навигации, который отображается при работе в двумерном (2D) пространстве модели или при действующем трехмерном (3D) визуальном стиле. С помощью инструмента Видовой куб можно переключаться между стандартными и изометрическими видами [1]. Для разработки схем, используемых в автоматизации, данный инструмент не используется.



Рис. 12. Панель навигации

Панель навигации – элемент интерфейса, предоставляющий доступ к инструментам навигации. На панели навигации имеются следующие инструменты:

1. Штурвалы: коллекция штурвалов, позволяющих быстро переключаться между разными специализированными инструментами навигации.
2. Панорамирование: перемещение вида по плоскости экрана.
3. Инструменты увеличения и уменьшения масштаба: набор инструментов, позволяющий изменить масштаб текущего вида модели.
4. Инструменты поворота: набор инструментов, позволяющий повернуть текущий вид модели.
5. Аниматор движения [2]: данный инструмент позволяет добавить анимацию перемещения и переходов к сохраненному виду.

Также на графическом пространстве расположен значок начала координат (рис. 13). От него начинается отсчет координаты, строящегося элемента.

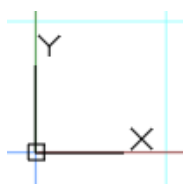


Рис. 13. Начало координат

1.2.4. Командная строка

При вводе команды в строку появляются автоматические подсказки (рис. 14), на которые необходимо ориентироваться. Отсутствие появившихся подсказок означает, что вводимой команды не существует.

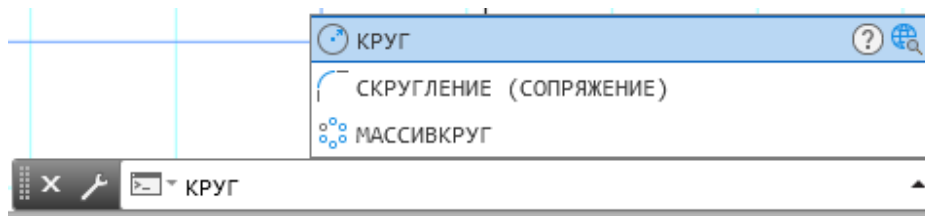


Рис. 14. Автоматические подсказки

После ввода основного слова команды необходимо нажать Enter. В результате появится описание того, что дополнительно необходимо ввести, для успешного выполнения команды. Например, для построения окружности нужно дополнительно ввести (или задать на графическом пространстве) координаты центра (рис. 15), после чего снова нажать Enter.



Рис. 15. Требуемые системой данные, для выполнения команды

В командной строке снова появится необходимое действие для построения фигуры – в данном случае значение в мм радиуса или диаметра окружности (рис. 16). Затем вновь нажать Enter.



Рис. 16. Требуемое значение для выполнения команды

В результате окружность будет построена. Аналогичным способом выполняются и остальные команды AutoCAD с использованием командной строки.

С помощью командной строки можно также просматривать предыдущие выполненные команды (рис. 17). В данном списке будут отображаться все выполненные операции, независимо от того, вводились ли они через командную строку или выполнялись с помощью использования инструментов из ленты.

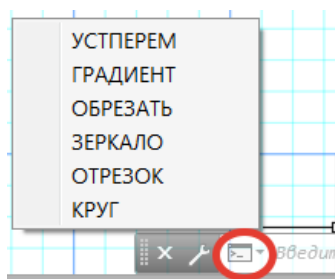


Рис. 17. Список ранее выполненных команд

1.2.5. Строка состояния

Строка состояния обеспечивает быстрый доступ к наиболее часто используемым режимам и инструментам рисования [3]. Строка состояния выглядит по умолчанию так, как показано на рис. 18.



Рис. 18. Строка состояния

Выделенные голубым цветом значки обозначают, что данные функции включены.

В таблице 1 приведены функции, отображаемые на строке состояния. При использовании клавиатуры некоторые функциональные клавиши заменяют элементы управления в строке состояния.

Таблица 1 – Функции на строке состояния

Значок	Функция	Описание	Ключ
	Отображение сетки	Включение и отключение отображения сетки.	F7
	Шаговая привязка	Ограничение перемещения курсора определенными интервалами сетки.	F9
	Орто	Блокирование перемещения курсора по горизонтали или по вертикали.	F8
	Полярное отслеживание	Задание направления перемещения курсора к определенным углам.	F10
	Объектное отслеживание	Отслеживание курсора по горизонтали и по вертикали из местоположений объектной привязки.	F11
	Объектная привязка	Включение и отключение объектной привязки.	F3

Значок	Функция	Описание	Ключ
	Изометрическое проектирование	Выбор плоскости изометрии.	—
	Отображение аннотативных объектов	—	—
	Добавление масштаба к аннотативным объектам при изменении масштаба аннотаций	—	—
	Масштаб аннотаций текущего вида	—	—

1.3. Основные настройки рабочей среды

К основным настройкам рабочей среды можно отнести:

- настройку внешнего вида графического пространства;
- настройку единиц чертежа.

1.3.1. Настройка внешнего вида графического пространства

Настройки параметров экрана

В версиях AutoCAD 2015 и последующих по умолчанию отключены полосы прокрутки, что является существенным неудобством при работе с большими чертежами. Для того чтобы включить их, необходимо:

- 1) в ленте инструментов перейти во вкладку Вид;
- 2) в разделе инструментов Инструмент нажать на значок стрелочки;
- 3) в открывшемся окне Параметры во вкладке Экран установить флажок Показывать полосы прокрутки (рис. 19).

В этой же вкладке окна Параметры также можно настроить цветовую схему для ленты инструментов и цвета для рабочего пространства.

Чтобы изменить цветовую схему для ленты инструментов необходимо выбрать из выпадающего списка желаемый вариант (рис. 20). По умолчанию установлена тема Темная.

Чтобы изменить цвет графического пространства необходимо:

- 1) в окне Параметры вкладке Экран нажать кнопку Цвета;

- 2) в открывшемся окне Цветовая гамма окна чертежа выбрать Контекст: Пространство 2D-модели, Элемент интерфейса: Однородный фон и выбрать из выпадающего списка желаемый цвет (на рис. 21 это белый);

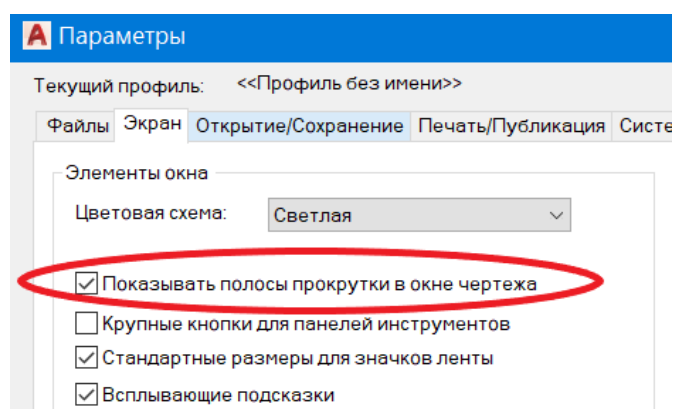


Рис. 19. Установка флажка Показывать полосы прокрутки

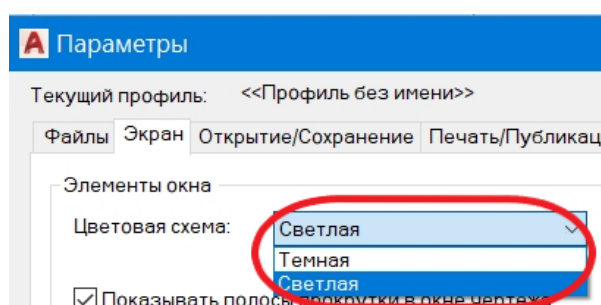


Рис. 20. Выбор цветовой схемы

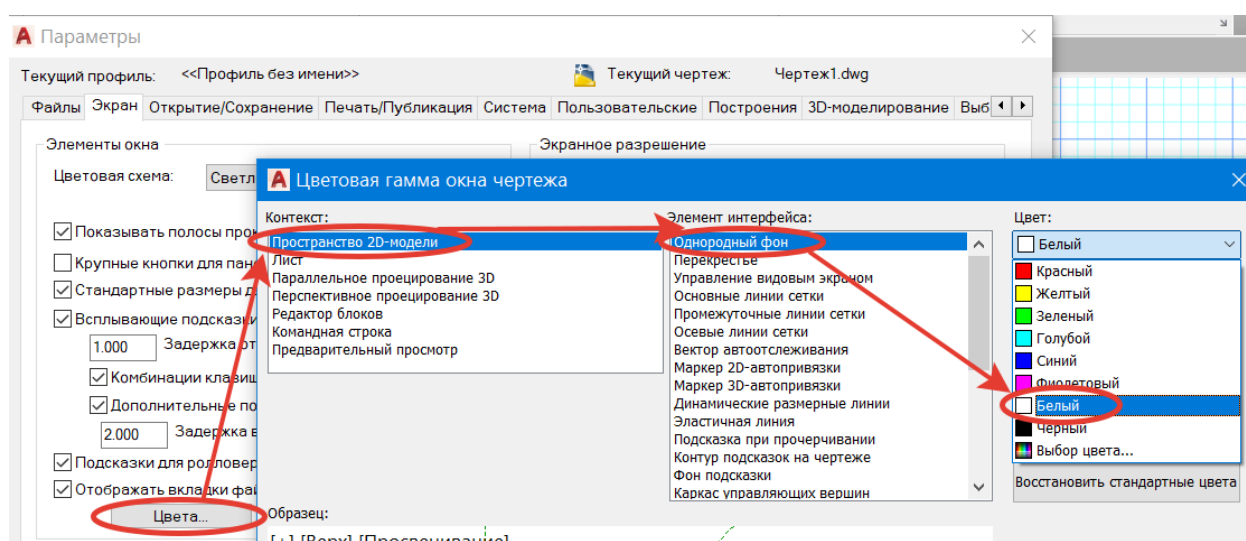


Рис. 21. Изменение цвета пространства 2D-модели

3) в окне Цветовая гамма окна чертежа нажать кнопку принять.

Для изменения цвета линий сетки необходимо проделать аналогичные действия (рис. 22).

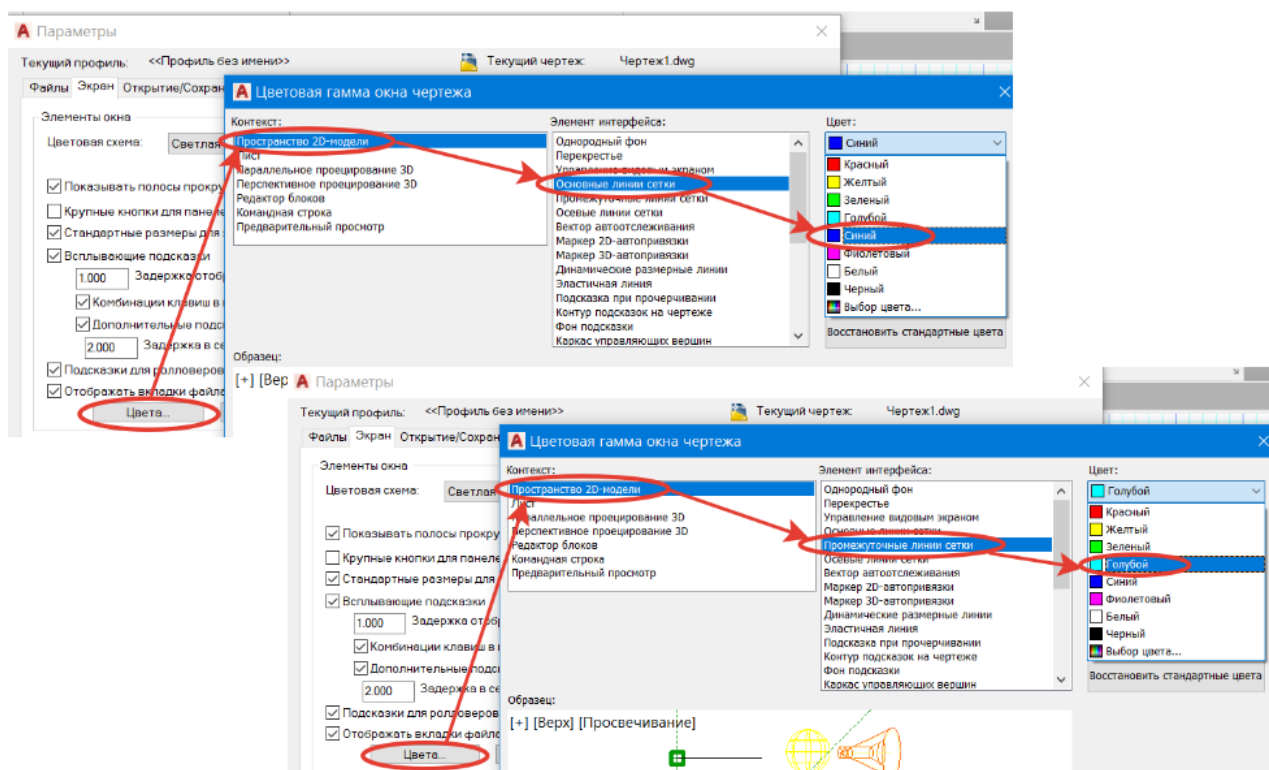


Рис. 22. Изменение цвета линий сетки

Настройки сохранения

В окне Параметры имеется вкладка Открытие/Сохранение, рекомендуется настроить время автосохранения (рис. 23). Оно не должно быть слишком частым, чтобы не перегружать процессор, однако и не рекомендуется устанавливать слишком большие временные интервалы (или отключать данную функцию вовсе), поскольку тогда велика вероятность потерять большой процент выполненной работы при нештатных ситуациях с компьютером. Рекомендованный интервал автосохранения составляет 5–15 минут.

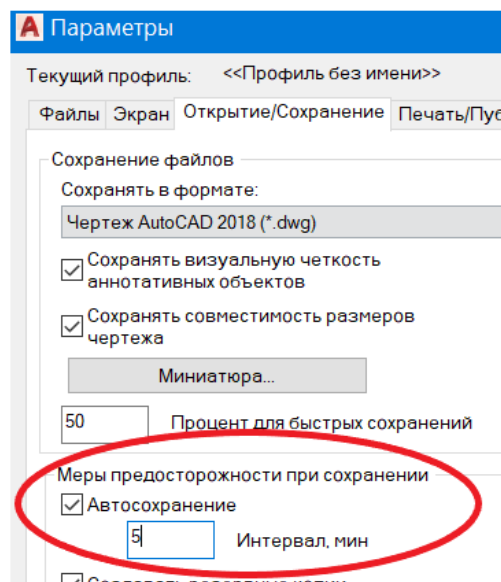


Рис. 23. Настройка времени автосохранения

Настройки печати

В окне Параметры во вкладке Публикация/Печать рекомендуется произвести настройку по выбору принтера для печати по умолчанию.

Для этого необходимо в выпадающем списке устройства вывода по умолчанию выбрать желаемый принтер (рис. 24).

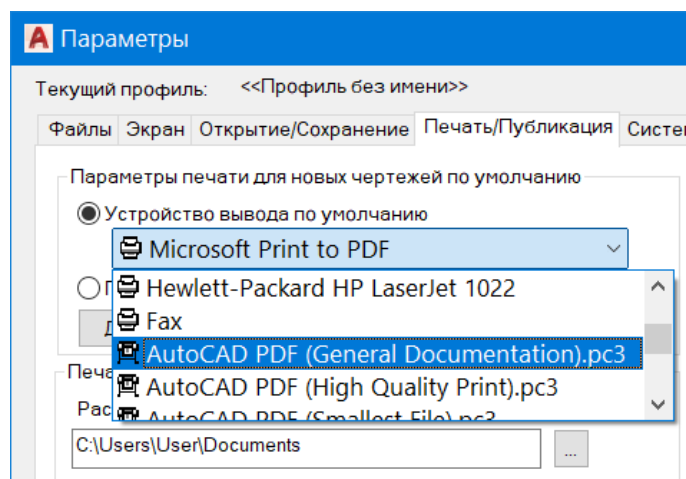


Рис. 24. Выбор принтера по умолчанию

Рекомендуется в качестве виртуальных принтеров выбирать AutoCAD PDF (General Documentation).pc3 или AutoCAD PDF (High Quality Print).pc3, поскольку они содержат большой выбор форматов, в том числе без полей, что часто бывает необходимым для дальнейшей корректной распечатки чертежа.

Для сохранения всех настроенных параметров необходимо нажать на кнопку ОК.

Контрольные вопросы

1. Перечислите основные элементы интерфейса программы AutoCAD.
2. Какие особенности интерфейса существуют в программе AutoCAD?
3. Какие настройки программы рекомендуется задать в начале работы с ней?
4. Перечислите функции на строке состояния.
5. Что делает функция ОРТО?
6. Как изменить цвет линий сетки и цвет пространства 2D-модели?

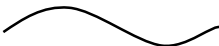
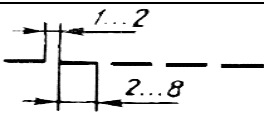
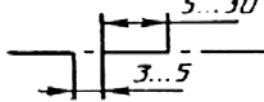
2. СЛОИ. ПОСТРОЕНИЕ ПРИМИТИВОВ

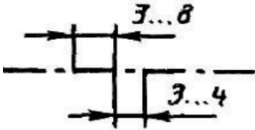
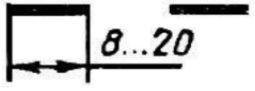
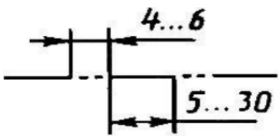
2.1. Типы линий

Линия является основным элементом чертежа. Для оформления чертежно-графической документации в зависимости от основного назначения линий (ГОСТ 2.303-68 ЕСКД ЛИНИИ [4]) установлены их соответствующие начертания и толщина (таблица 2).

Толщина всех типов линий устанавливается в соотношении с толщиной сплошной основной линии s , которая, в свою очередь, в зависимости от величины и сложности изображения, а также от формата чертежа, должна быть в пределах от 0,6 до 1,5 мм. Рекомендуемая толщина сплошной основной линии – около 1 мм.

Таблица 2 – Типы линий, согласно ГОСТ 2.303-68 [4]

Наименование	Начертание	Толщина линии	Основное назначение
Сплошная толстая основная		s	Линии видимого контура
Сплошная тонкая		от $s/3$ до $s/2$	Линии контура наложенного сечения, линии размерные и выносные, линии штриховки
Сплошная волнистая		от $s/3$ до $s/2$	Линии обрыва, линии разграничения вида разреза
Штриховая		от $s/3$ до $s/2$	Линии невидимого контура
Штрихпунктирная тонкая		от $s/3$ до $s/2$	Линии осевые и центровые; линии сечений, являющиеся осями симметрии для наложенных или вынесенных сечений

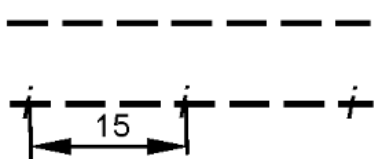
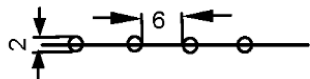
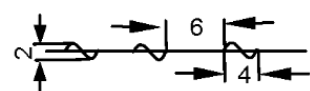
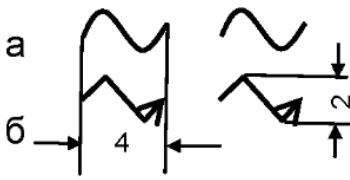
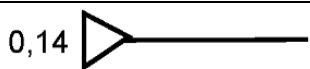
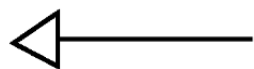
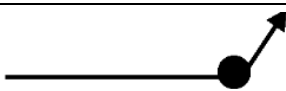
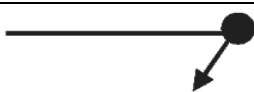
Наименование	Начертание	Толщина линии	Основное назначение
Штрихпунктирная утолщенная		от $s/3$ до $2/3 s$	Линии, обозначающие поверхности, подлежащие термообработке или покрытию; линии для изображения элементов, расположенных перед секущей плоскостью («наложенная поверхность»)
Разомкнутая		от s до $1,5 s$	Линии сечений
Сплошная тонкая с изломами		от $s/3$ до $s/2$	Длинные линии обрыва
Штрихпунктирная с двумя точками тонкая		от $s/3$ до $s/2$	Линии сгиба на развертках; линии для изображения частей изделия в крайних или промежуточных положениях

2.2. Условно-графические обозначения линий на схемах рабочей документации автоматизации технологических процессов

На технических схемах используются дополнительные специальные условно-графические обозначения линий. Они приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Условно-графические обозначения линий на схемах рабочей документации автоматизации технологических процессов

Наименование	Обозначение
Связь с технологическим процессом, импульсная трубная линия	
Линия питания электроэнергией	

Наименование	Обозначение
Линия передачи электронного или электрического аналогового, цифрового или дискретного сигнала Линия передачи электронного или электрического аналогового, цифрового или дискретного сигнала искробезопасная	
Линия внутрисистемной связи (Ethernet и др.)	
Волоконно-оптическая линия связи	
Беспроводная линия связи или: электромагнитные сигналы, свет, радиация, радио, звук и т.д. Примечание – Варианты обозначения «а», «б» – по выбору исполнителя	
Линия питания сжатым воздухом	
Сброс воздуха в атмосферу	
Изображение на плане, поворот проводки вверх	
Изображение на плане, поворот проводки вниз	

Более полную таблицу можно посмотреть в ГОСТ 21.408-2013[5] «Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов».

2.3. Слои

2.3.1. Создание

Слои – это средство организации чертежей, позволяющее объединить объекты по цвету, типу и толщине линий, или по функциональному назначению [6].

По умолчанию для новых чертежей создается нулевой слой в AutoCAD (слой AutoCAD «0»). Он предназначен для того, чтобы каждый проект содержал как минимум один слой [7]. Слой «0» нельзя удалить или переименовать. Остальные слои в AutoCAD создаются и настраиваются отдельно. Как показывает практика, на нулевом слое удобно создавать блоки AutoCAD. Это связано с некоторой особенностью очистки чертежа после блоков.

Для работы со слоями используется Диспетчер свойств слоев. Для его вызова необходимо выбрать вкладку ленты инструментов Главная, панель инструментов Слои, нажать на кнопку Свойства слоя (рис. 25).

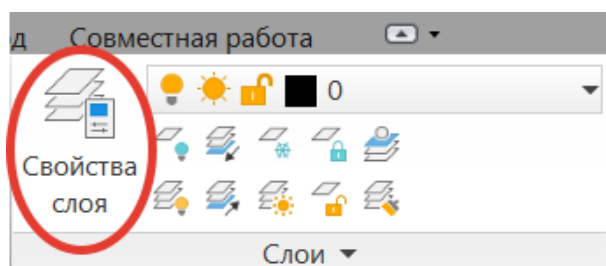


Рис. 25. Кнопка Свойства слоя

В открывшемся окне свойств слоев можно увидеть уже имеющийся нулевой слой (рис. 26).

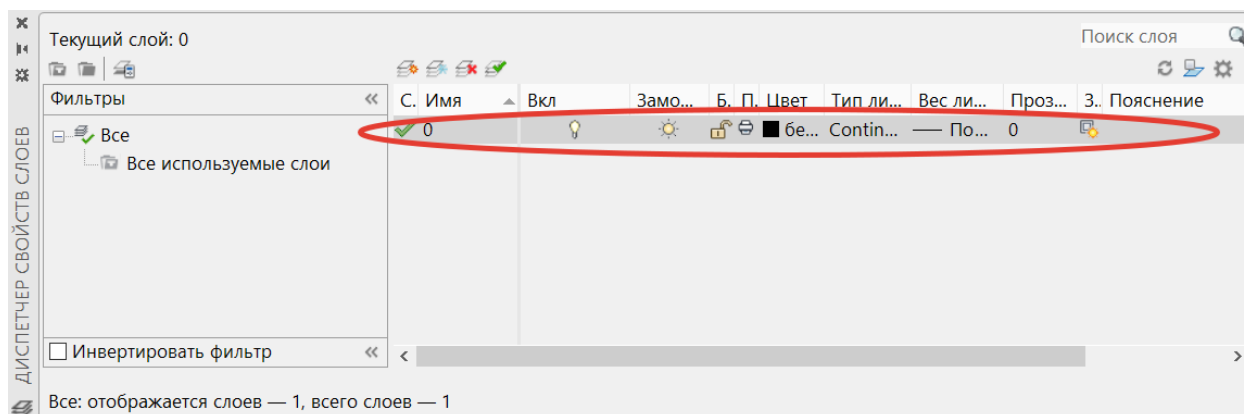


Рис. 26. Нулевой слой в Диспетчере свойств слоев

Чтобы создать новый слой в Диспетчере свойств слоев необходимо:

1) нажать кнопку Создать слой (рис. 27);



Рис. 27. Кнопка Создать слой

2) задать имя нового слоя (имя должно быть осмысленное, содержать не более 255 символов, не иметь в своем составе символов < > / \ “ : ; ? * | = ‘);

3) задать цвет нового слоя (рис. 28);

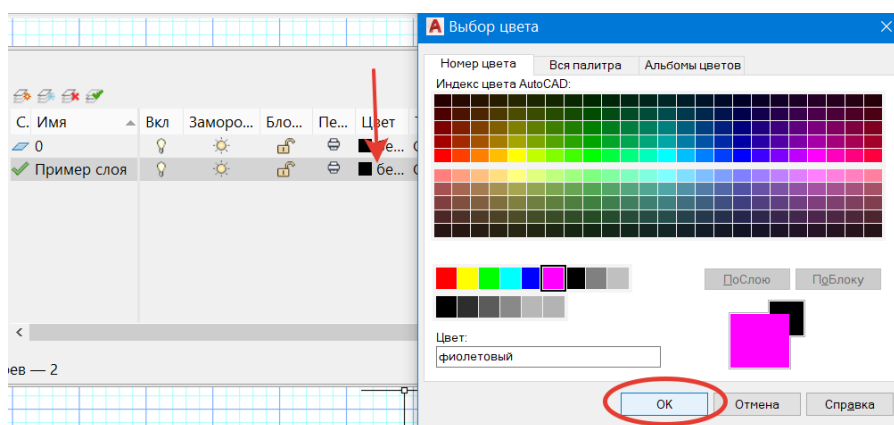


Рис. 28. Выбор цвета создаваемого слоя

4) задать тип линии нового слоя (рис. 29);

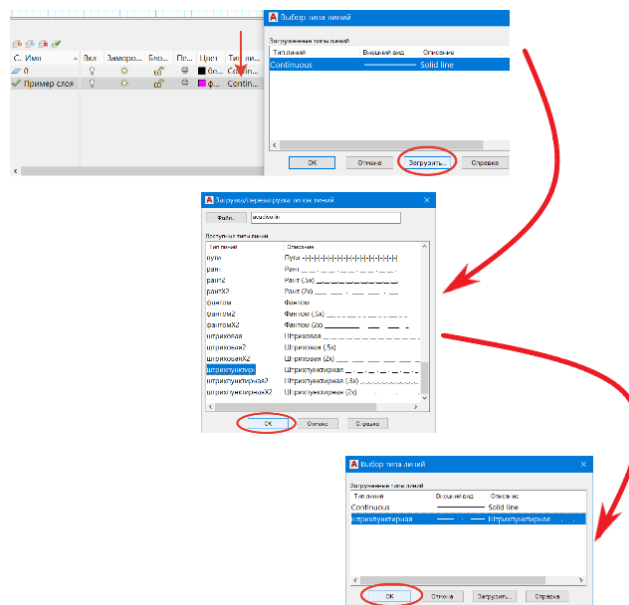


Рис. 29. Задание типа линии для нового слоя

5) задать вес (толщину) линии слоя (рис. 30).

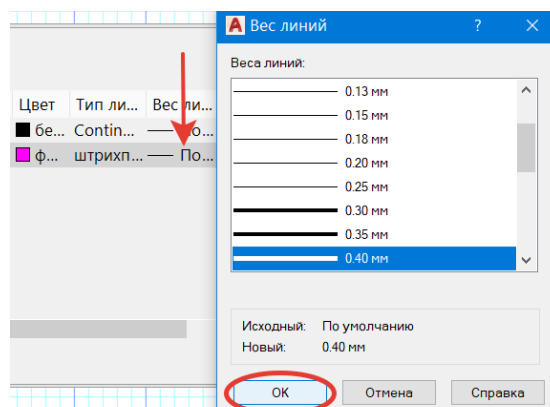


Рис. 30. Задание веса линии

2.3.2. Действия над слоями

Над слоями можно проводить следующие операции:

- выключать (включать обратно);
- замораживать (размораживать обратно);
- блокировать (разблокировать обратно);
- изолировать.

Слои также можно делать текущими или удалять.

Отключение и включение слоя

Удобно включать/отключать слои в AutoCAD, когда на чертеже много объектов, которые загромождают общую картину. Важно помнить, что данная команда лишь скрывает объекты на чертеже, но они все еще сохраняют свое присутствие в графическом пространстве [8].

Если отключить слой и нажать Ctrl+A для выделения всех объектов, автоматически будут выделены объекты, находящиеся на выключенных слоях. Это может привести к их случайному удалению или нежелательному перемещению. По этой причине на практике рекомендуется использовать функцию заморозки слоев [8].

Для отключения слоя в Диспетчере свойств слоев нажать на значок лампочки у отключаемого слоя. Значок изменит цвет (рис. 31).

Аналогичным способом можно включить слой: при нажатии на значок «выключенной лампочки» слой включается.

Иногда может потребоваться отключить несколько или все слои в AutoCAD. В таком случае можно воспользоваться командой Откл из ленты инструментов (рис. 32) или командой в командной строке СЛОЙОТКЛ и выделить объекты чертежа, слои которых надо отключить (если это все объекты чертежа можно воспользоваться комбинацией Ctrl+A).

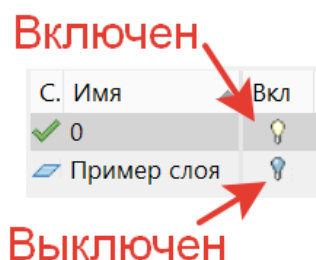


Рис. 31. Обозначение включенного/выключенного слоя



Рис. 32. Команда Откл

Более удобный способ – использовать групповую операцию через фильтр. Для этого достаточно перейти в Диспетчер свойств слоев, слева выделить фильтр Все используемые слои, который есть в каждом чертеже по умолчанию. Далее нажать правой кнопкой мыши (ПКМ) → Видимость → Откл [8] (рис. 33).

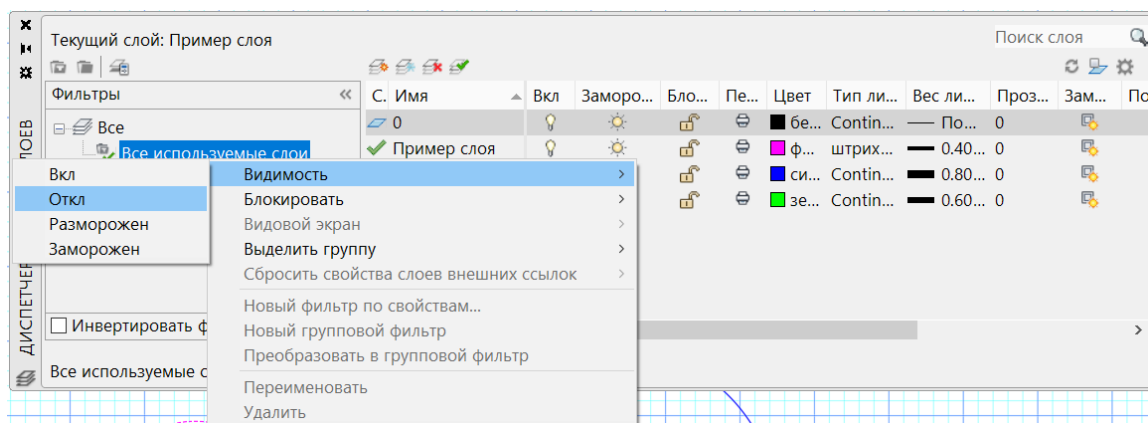


Рис. 33. Отключение слоя с помощью фильтра

Чтобы включить все слои можно воспользоваться командой Включить все слои из ленты инструментов (рис. 34) или командой в командной строке СЛОЙВКЛ.



Рис. 34. Включить все слои

Можно применить вышеописанный способ через групповую работу над слоями, используя фильтр по умолчанию.

Заморозка/разморозка слоев

Заморозка слоя – это действие, которое аналогично выключению слоя. Объекты исчезают с экрана, однако при этом они полностью убираются из рабочего пространства. При разморозке слоя происходит перерисовка чертежа, что означает, что все элементы будут отображаться более точно и правильно на чертеже. [8].

Чтобы выполнить заморозку слоя, в Диспетчере свойств слоев или в выпадающем списке слоев необходимо нажать на знак «солнца» (рис. 35).

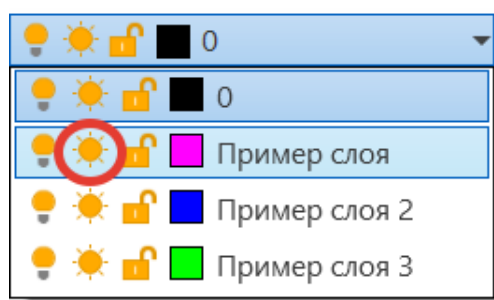


Рис. 35. Обозначение размороженного слоя

Чтобы выполнить разморозку, необходимо проделать аналогичное действие. Замороженный слой имеет значок «снежинки» (рис. 36).

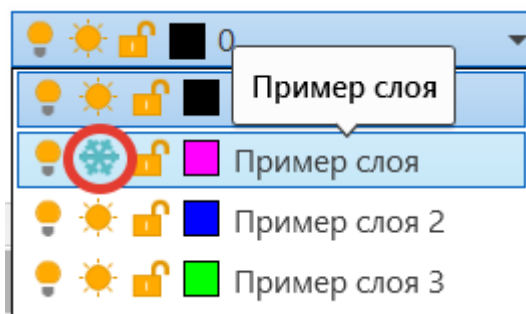


Рис. 36. Обозначение замороженного слоя

Заморозить все слои одновременно можно с помощью операции над фильтром всех слоев. Действия аналогичны отключению/включению всех слоев.

Блокировка слоя

Блокировка слоя создана для того, чтобы избежать случайных ненужных изменений. К заблокированным слоям можно привязываться. При этом видно все элементы на чертеже и можно выполнять построения относительно них [8].

Блокировка и разблокировка слоя осуществляется аналогично заморозке и разморозке и отключению и включению. Заблокированный слой обозначается «закрытым замком», а разблокированный – «открытым замком» (рис. 37).

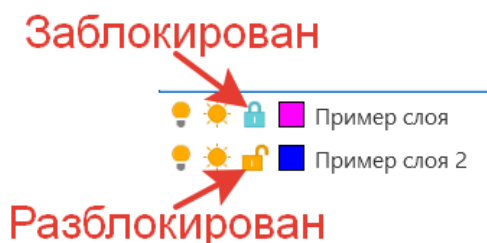


Рис. 37. Обозначение заблокированного и разблокированного слоя

Прозрачность слоев

AutoCAD позволяет контролировать видимость объектов на слое, что означает возможность настройки их прозрачности. Этот параметр можно задать прямо в Диспетчере свойств слоев (см. рис. 38). Значение прозрачности может варьироваться в диапазоне от 0 до 90 (где «0» обозначает полную непрозрачность слоя) [8].

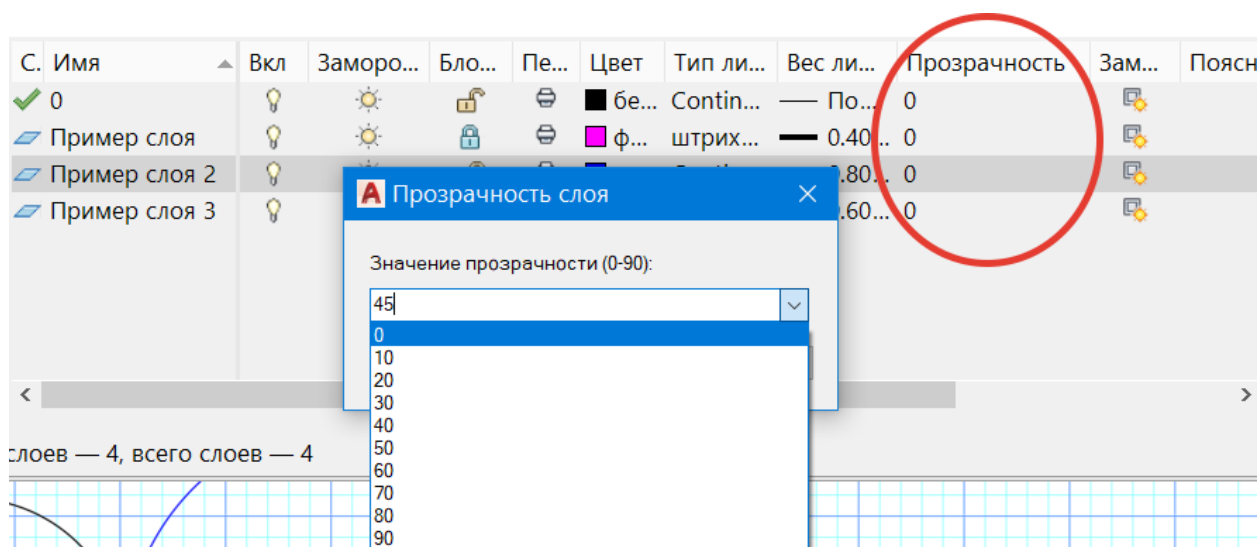


Рис. 38. Задание значения прозрачности слоя

Изолирование слоев

Изолирование слоев используется для того, чтобы скрывать или блокировать все слои, кроме тех, на которых выбраны объекты.

Чтобы изолировать слои, можно воспользоваться командой Изолировать из ленты инструментов (рис. 39) или командой в командной строке СЛОЙОТД.



Рис. 39. Команда Изолировать

Чтобы отключить изоляцию слоев, можно воспользоваться командой Отключить изоляцию из ленты инструментов (рис. 40) или командой в командной строке СЛОЙОТОТМ.



Рис. 40. Команда Отключить изоляцию

Удаление слоя

Чтобы удалить слой, необходимо:

- 1) выбрать слой в Диспетчере свойств слоев щелчком мыши;
- 2) нажать кнопку Удалить слой (рис. 41).



Рис. 41. Кнопка Удалить слой

Ниже перечислены слои, которые нельзя удалить.

- Слой 0 и слой определяющих точек;
- текущий слой;
- слои, используемые во внешней ссылке.

Задание текущего слоя

Чтобы задать слой как текущий, необходимо:

- 1) выбрать слой в Диспетчере свойств слоев щелчком мыши;
- 2) нажать кнопку Сделать текущим (рис. 42).



Рис. 42. Кнопка Сделать текущим

2.4. Прimitives

Для построения графических примитивов используют: Примитивы – это важные геометрические элементы, которые заранее определены и используются для построения более сложных моделей [9].

В программе AutoCAD имеется множество примитивов, таких как точка, отрезок, круг, дуга, полилиния, мультилиния, сплайн, текст, блок, эллипс, многоугольник и многие другие.

Для создания графических примитивов в AutoCAD можно использовать:

- командную строку;
- панель инструментов Рисование.

2.4.1. Точка

Для построения точки используется команда ТОЧКА, которая может быть введена в командной строке или вызвана из панели Рисование (рис. 43).

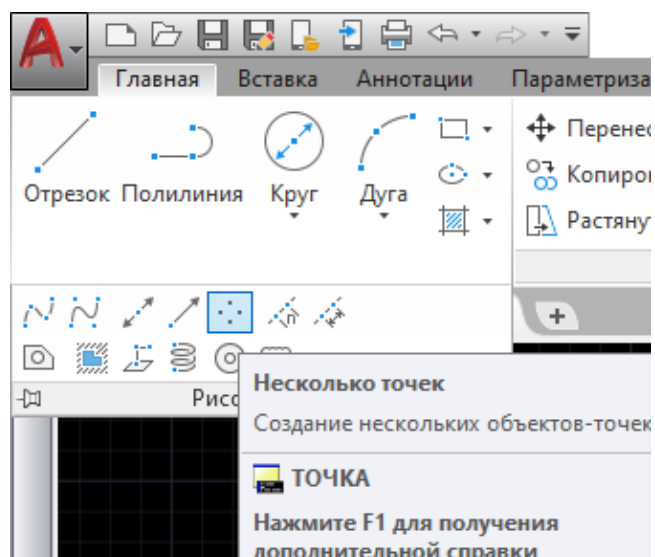


Рис. 43. Точка в панели Рисование

После ввода команды ТОЧКА и нажатия клавиши Enter, следует указать координаты точки через запятую и нажать Enter. В AutoCAD точка обычно изображается одним пикселем.

Однако, чтобы изменить размер и вид точки, можно воспользоваться окном Отображение точек (из вкладки лента инструментов Главная → Утилиты → Отображение точек), представленное на рис. 44.



Рис. 44. Окно Отображение точек

В вариантах изображений задается изображение, которое используется для показа объектов-точек. Режим изображения точек можно изменить путем выбора необходимой пиктограммы.

Стиль изображения точек запоминается в системной переменной PDMODE.

В поле Размер точки устанавливает размер символа точки. Введенное значение может задавать размер относительно размера экрана или в абсолютных единицах. Размер символа точки хранится в системной переменной PDSIZE. Вновь наносимые объекты-точки будут иметь величину, соответствующую заданному размеру.

Можно установить размер символа точки в процентах от размера экрана. В этом случае при зумировании размер точек не меняется.

Или можно установить размер в абсолютных единицах. В этом случае установится размер символа точки равный числу, заданному в поле «Размер точки», в текущих абсолютных единицах. Размер точки увеличивается или уменьшается при увеличении или уменьшении масштаба.

Для изменения размера и вида изображения точки можно также использовать системные переменные PDSIZE и PDMODE соответственно.

2.4.2. Прямая

Для изображения прямой следует ввести в командную строку команду ПРЯМАЯ или вызвать ее из панели Рисование (рис. 45).

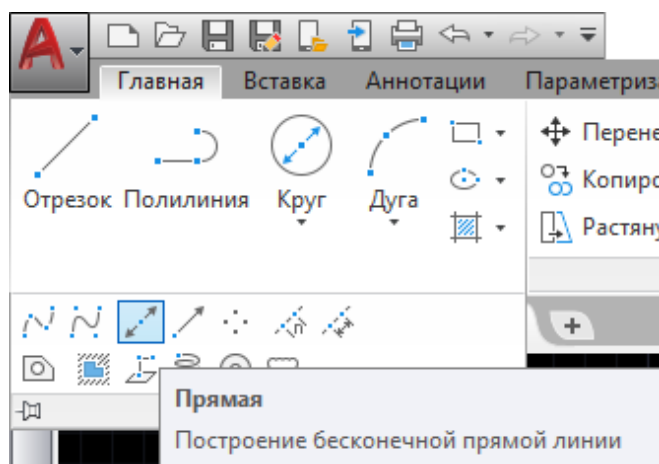


Рис. 45. Прямая в панели Рисование

После ввода команды ПРЯМАЯ и нажатия клавиши Enter необходимо указать точку, принадлежащую будущей прямой, а затем указать вторую точку, через которая проходит изображаемая прямая.

Для изображения горизонтальной прямой необходимо вызвать команду ПРЯМАЯ и нажать Enter. Затем в командной строке выбрать (или ввести опцию) Гор (рис. 46), после чего задать точку, принадлежащую данной прямой.



Рис. 46. Опции команды ПРЯМАЯ

Для изображения вертикальной прямой необходимо выполнить аналогичные действия, только с опцией Вер.

Для построения прямой под определенным углом, необходимо вызвать команду ПРЯМАЯ, выбрать опцию Угол и ввести необходимое значение в градусах. Следует отметить, что AutoCAD также принимает и отрицательное значение для углов.

С помощью данного инструмента можно построить прямую, отступающую от выбранного объекта на заданное расстояние. Для этого надо выбрать опцию Отступ.

2.4.3. Луч

Для изображения луча необходимо ввести одноименную команду (ЛУЧ) в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 47).

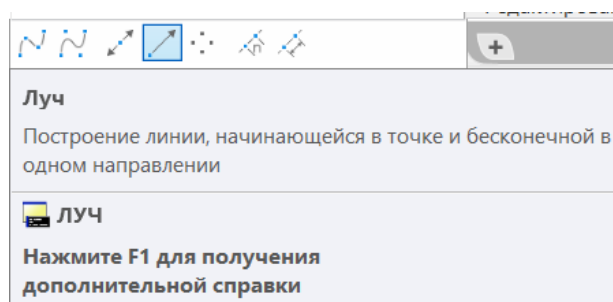


Рис. 47. Луч в панели Рисование

После вызова команды Луч необходимо задать начальную точку (можно ввести в командную строку координаты или кликнуть на графическом пространстве левой кнопкой мыши (ЛКМ) в необходимое место). Затем необходимо задать точку, через которую будет проходить строимый луч. Это также можно сделать либо вводом координат, либо кликом ЛКМ по графическому пространству.

2.4.4. Отрезок

Для изображения отрезка необходимо ввести одноименную команду (ОТРЕЗОК) в командную или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 48).

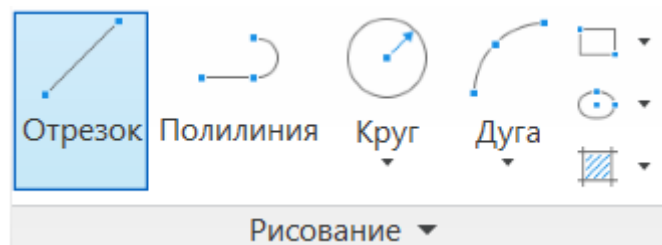


Рис. 48. Отрезок в ленте Рисование

После того, как была указана первая точка (это можно сделать либо указав координаты, либо щелкнув ЛКМ в нужном месте графического пространства), в командной строке появляется сообщение: «Следующая точка или [оТменить]:». Это означает, что можно либо выбрать следующую точку, либо отменить последнюю команду. Важно отметить, что слово «оТменить» написано с заглавной буквой «Т» не просто так. Если в опции присутствуют прописные буквы, то достаточно ввести только эту часть имени опции в верхнем или нижнем регистре. В данном случае, чтобы выполнить отмену, можно ввести «Т» или «т» и нажать клавишу Enter.

Если на экране изображено более двух точек подряд, то в командной строке появляется сообщение «Следующая точка или [Замкнуть/оТменить]:». После ввода или выбора опции Замкнуть, на экране появится еще один отрезок, соединяющий конец последнего отрезка и начало первого.

Если необходимо завершить построение отрезков без их замыкания, то необходимо просто нажать клавишу Enter, которая всегда является признаком конца циклических операций.

Если требуется прервать выполнение какой-либо команды необходимо нажать клавишу Esc.

2.4.5. Окружность

Для построения окружности необходимо ввести команду КРУГ в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 49).

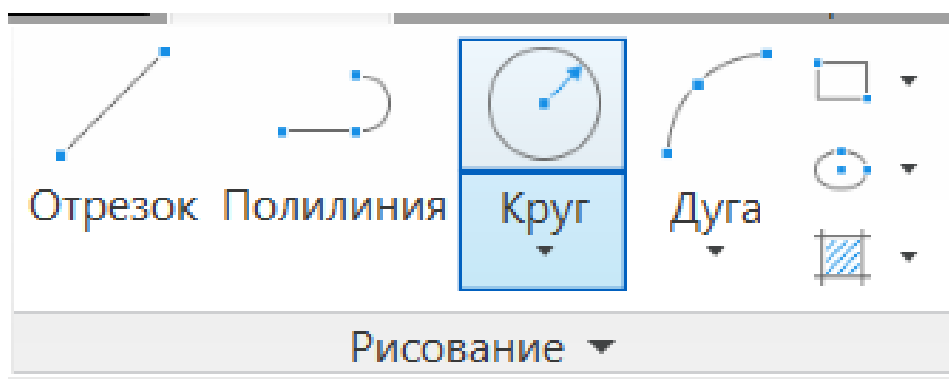


Рис. 49. Круг в панели Рисование

Эта команда позволяет изображать окружность различными способами (рис. 50).

Для изображения окружности необходимо выбрать/задать в командной строке необходимые опции, соответствующие способу построения. Либо выбрать опцию построения в выпадающем списке к инструменту. Далее следовать подсказкам, появляющимся в командной строке. Они будут различны для разных способов построения.

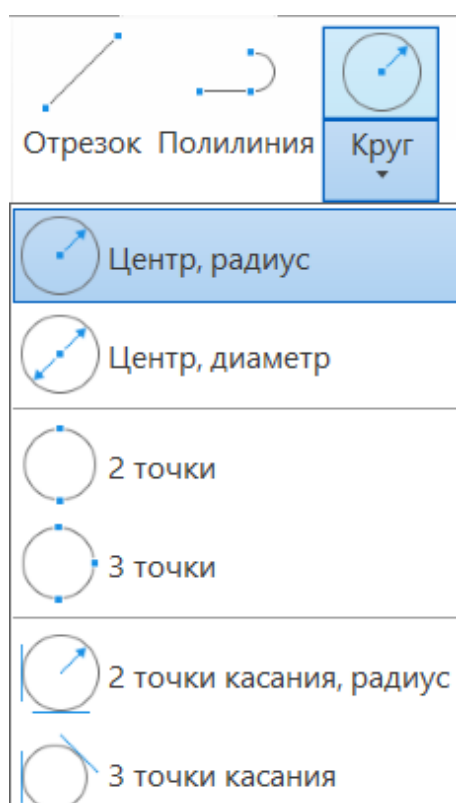


Рис. 50. Способы построения окружности

2.4.6. Дуга

Для построения дуги необходимо ввести одноименную команду (ДУГА) в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 51).

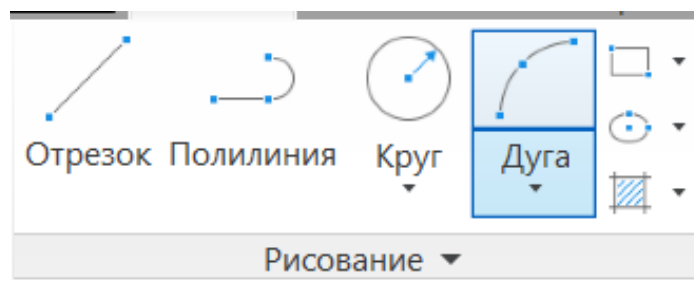


Рис. 51. Дуга в панели рисование

Дугу можно построить 12-ю различными способами, представленными на рис. 52.

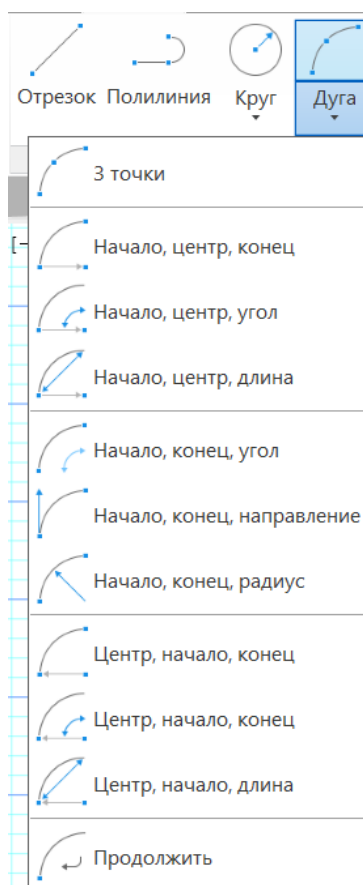


Рис. 52. Способы построения Дуги

2.4.7. Эллипс

Для построения эллипса необходимо ввести одноименную команду (ЭЛЛИПС) в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 53).

Эллипс можно построить тремя различными способами, представленными на рис. 54.

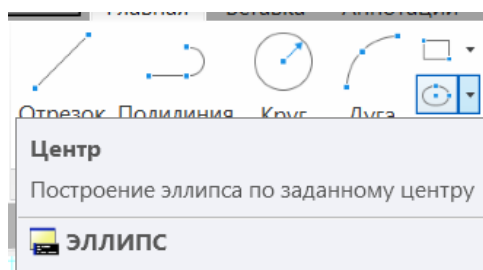


Рис. 53. Эллипс в панели Рисование

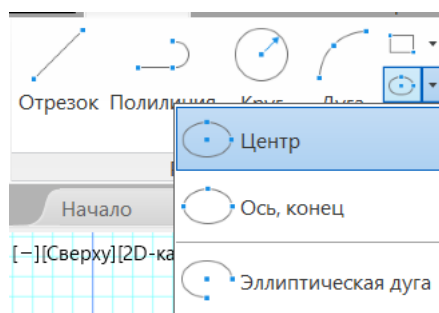


Рис. 54. Способы построения эллипса

2.4.8. Прямоугольник

Для построения эллипса необходимо ввести одноименную команду (ЭЛЛИПС) в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 55).

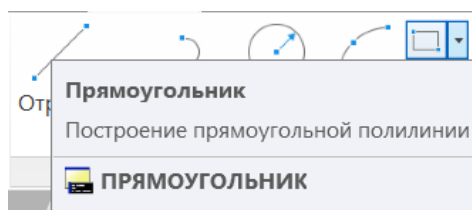


Рис. 55. Прямоугольник в панели Рисование

Чтобы построить самый обычный прямоугольник необходимо ввести координаты первой точки (или выбрать ее на графическом пространстве). Затем задать вторую точку или указать Площадь/Размеры/поВорот. Последний вариант предполагает сначала настройку с помощью компьютерной мышки размеров прямоугольника (в процессе проведения курсором по графическому пространству размеры прямоугольника изменяются), а далее разворот прямоугольника на заданный Угол.

Команда ПРЯМОУГОЛЬНИК также имеет 5 опций:

- Фаска – задание двух длин фаски в каждом углу прямоугольника.
- Уровень – задание уровня для построения прямоугольника, смещенного по оси Z трехмерного пространства.
- Сопряжение – задание радиуса скругления углов прямоугольника.
- Толщина – задание высоты для построения прямоугольника, выдавленного вдоль оси Z трехмерного пространства.
- Ширина – задание ширины линии.

Если при использовании команды прямоугольник пользователь задал какие-то опции, то при рисовании нового прямоугольника старые опции сохраняются по умолчанию. Поэтому, если нужно «отключить» старые опции, то нужно ввести их начальные значения заново.

2.4.9. Полигон

Полигон в AutoCAD это правильный многоугольник.

Для построения полигона необходимо ввести одноименную команду (ПОЛИГОН) в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 56).

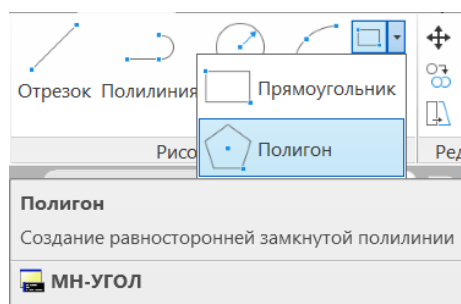


Рис. 56. Полигон в панели Рисование

При создании правильного многоугольника сперва требуется указать количество его сторон, а затем выбрать положение центра или стороны в командной строке. Если пользователь выбирает опцию Сторона, то ему необходимо указать две точки стороны многоугольника, по которым будет осуществляться построение. В случае указания центра многоугольника,

следующий вопрос будет таким: «Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность/Описанный вокруг окружности]:». После ввода соответствующей команды (В или О в верхнем или нижнем регистре), требуется указать радиус окружности.

2.4.10. Полилиния

2D полилиния – это сложный примитив, который представляет собой связанную последовательность сегментов прямых линий, образующих единый плоский объект. Такая полилиния может состоять из линейных и дуговых сегментов, или их сочетания.

Для создания полилинии надо ввести команду ПЛИНИЯ в командной строке либо выбрать соответствующий инструмент в панели инструментов Рисование (рис. 57).

После ввода команды ПЛИНИЯ нужно указать начальную точку полилинии. Последующий запрос содержит дополнительную информацию: «Следующая точка или [Дуга/ Полуширина/ длИна/ Отменить / Ширина]:». При указании второй точки полилинии появляется еще одна опция Замкнуть.

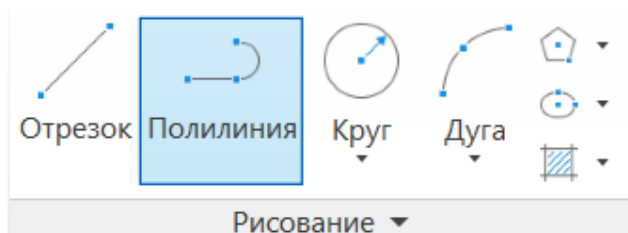


Рис. 57. Полилиния в панели Рисование

2.4.11. Мультилиния

Мультилиния – совокупность линий, расположенных параллельно друг другу относительно направляющей.

В новых версиях AutoCAD в панели Рисование мультилиния отсутствует. Однако ее можно включить в эту панель или воспользоваться командной строкой (команда МЛИНИЯ).

Для включения мультилинии в панель рисования необходимо:

- 1) в ленте инструментов перейти во вкладку Управление;
- 2) в разделе Адаптация выбрать Пользовательский интерфейс (рис. 58);

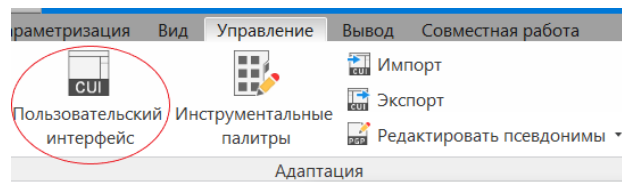


Рис. 58. Пользовательский интерфейс во вкладке Управление

- 3) в появившемся окне Адаптация пользовательского интерфейса нажать «+» напротив надписи Лента → «+» – напротив надписи Вкладки → «+» – напротив надписи Главная 2D → выбрать строку Главная 2D – Рисование;
- 4) в поисковую строку Список команд ввести название Мультилиния (рис. 59);
- 5) в правой части окна в разделе Просмотр панели нажать на символ кольца;
- 6) поместить курсор мыши на команду Мультилиния, нажать ЛКМ, и не отпуская ее, перетащить под команду «Кольцо», после чего отпустить;
- 7) аналогичное действие для Стиль мультилиний (рис. 60);
- 8) в результате, оба добавленных инструмента появятся в окне Просмотра панели (рис. 61).

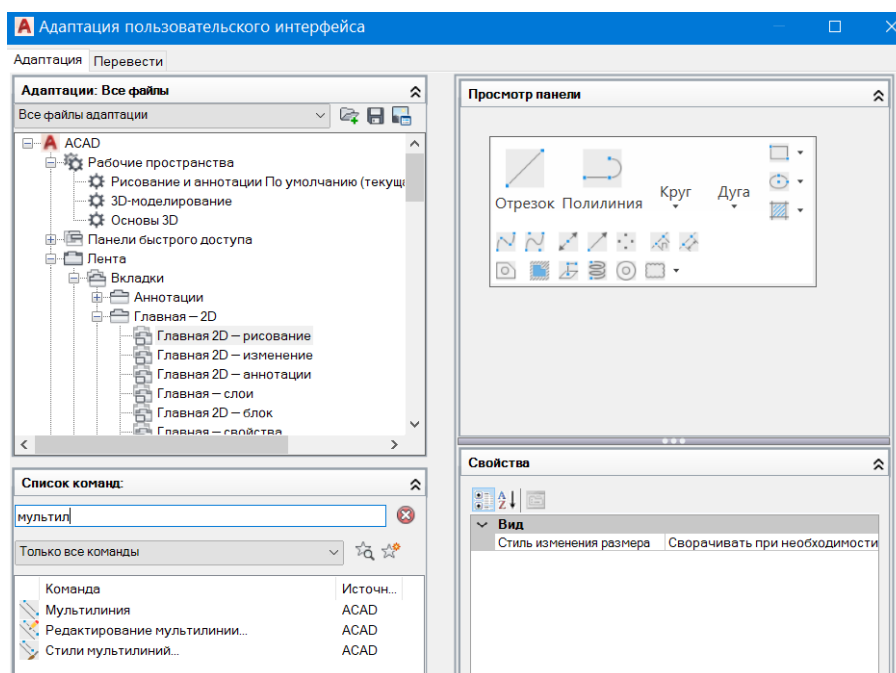


Рис. 59. Начало добавления Мультилинии в инструменты панели Рисование

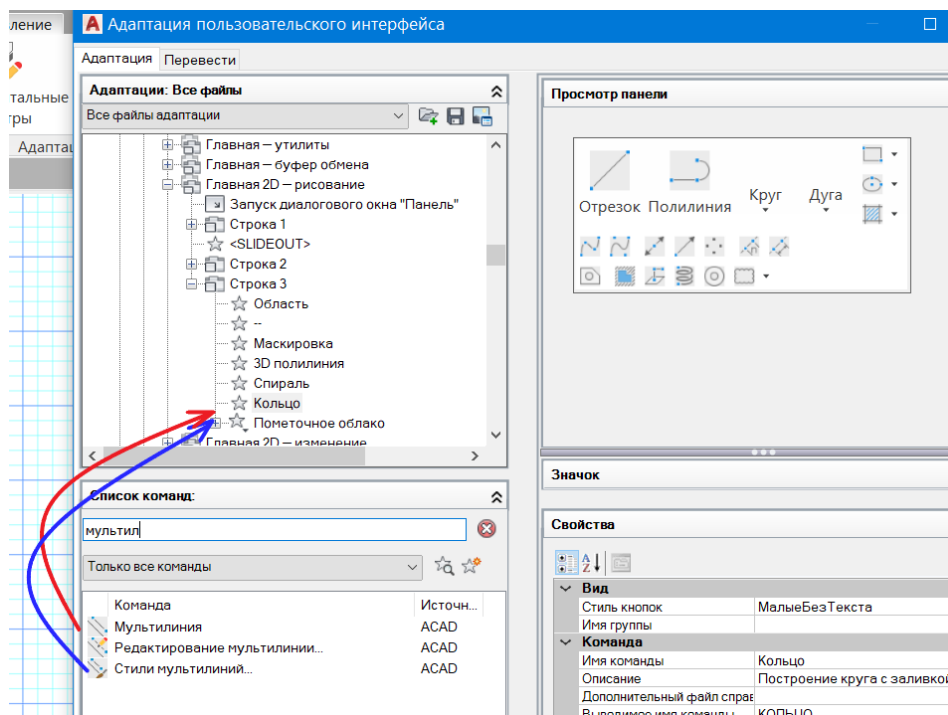


Рис. 60. Добавление Мультилинии и Стили мультилиний в инструменты

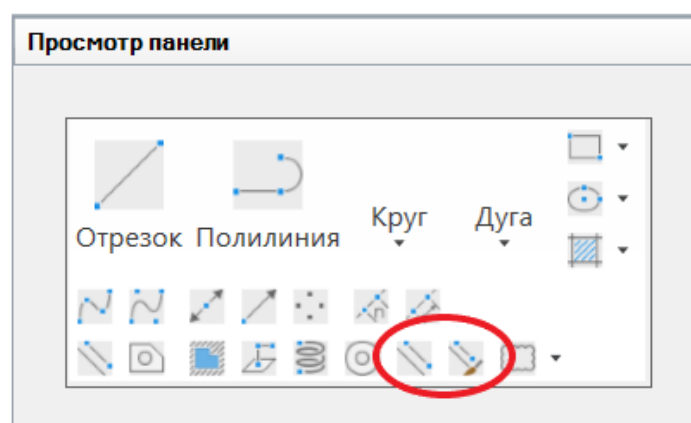


Рис. 61. Мультилиния и Стили мультилиний в Просмотр панели

Команда МЛИНИЯ содержит следующие опции:

- Расположение – определение положения указываемых точек относительно всей мультилинии (Верх – мультилиния рисуется ниже курсора; Центр – мультилиния центрируется относительно курсора; Низ – мультилиния рисуется выше курсора);
- Масштаб – управление шириной мультилинии;
- Стиль – задание стиля для мультилинии.

Стили мультилиний

По умолчанию у мультилинии задан стиль STANDART.

Чтобы изменить (добавить новый) стиль мультилинии, можно использовать добавленный в панель Рисование инструмент или в командной строке при введенной команде МЛИНИЯ выбрать опцию Стил. В результате появится окно Стил мультилиний (рис. 62).

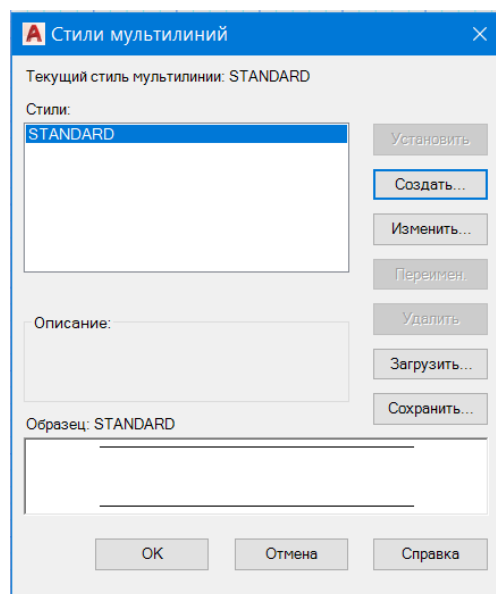


Рис. 62. Окно Стил мультилиний

Для создания нового стиля необходимо нажать кнопку Создать. В результате появится окно Создание стиля мультилинии, в котором необходимо задать имя создаваемого стиля (рис. 63).

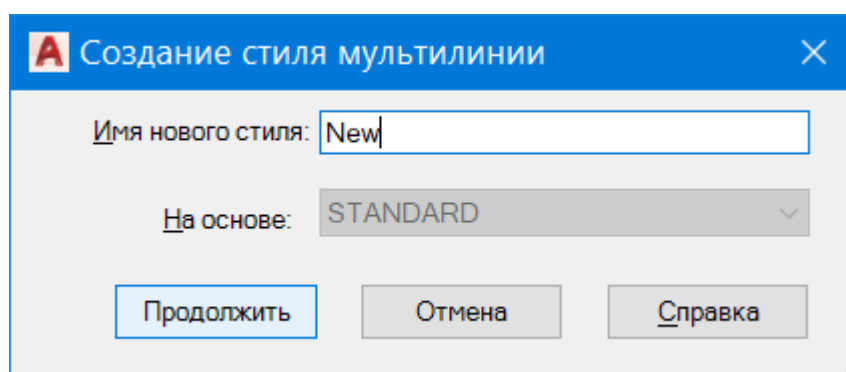


Рис. 63. Создание стиля мультилинии

В появившемся окне Новый стиль мультилинии можно задать желаемые параметры, например, как показано на рис. 64.

Торцы		
	Начало	Конец
Отрезок:	☒	☒
Внешняя дуга:	☐	☐
Внутренние дуги:	☐	☐
Угол:	90.00	90.00

Элементы		
Смещение	Цвет	Тип линий
0.5	ПОСЛОЮ	ПоСлою
0	фиолет...	зигзаг
-0.5	ПОСЛОЮ	ПоСлою

Заливка	
Цвет заливки:	☐ Нет

Смещение	
Смещение:	0.000

Цвет	
Цвет:	☐ Фиолетовый

Тип линий	
Тип линий:	Тип линии...

Рис. 64. Настройка стиля мультилинии

После проведения всех настроек стиля мультилинии необходимо нажать ОК, а затем в окне Создание мультилиний нажать Установить, а затем ОК. На рис. 65 показана мультилиния, с новым стилем NEW.

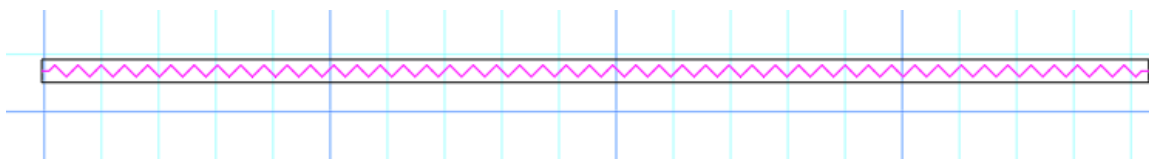


Рис. 65. Мультилиния с созданным стилем NEW

Чтобы редактировать начерченную мультилинию, по ней необходимо дважды кликнуть ЛКМ, в результате чего откроется окно Инструмент редактирования мультилиний (рис. 66).

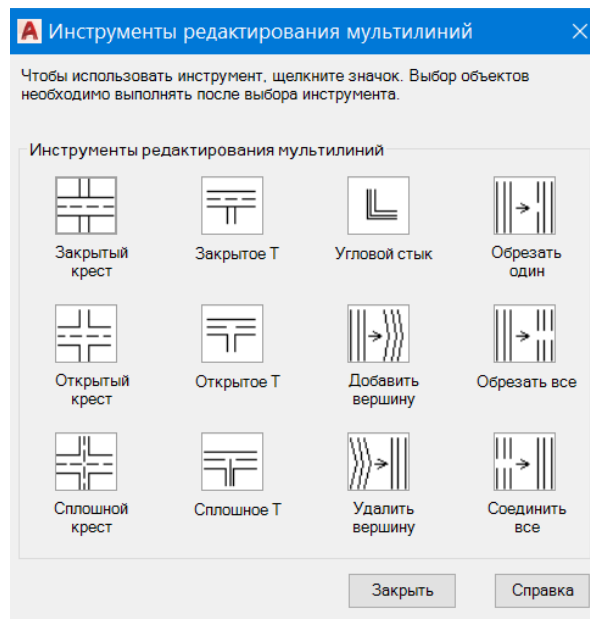


Рис. 66. Окно Инструменты редактирования мультилиний

2.4.12. Кольцо

Для построения кольца необходимо ввести одноименную команду (КОЛЬЦО) в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 67).



Рис. 67. Кольцо в панели Рисование

После ввода команды необходимо задать внутренний диаметр кольца, внешний диаметр кольца и центр кольца.

Для всех объектов рисунка можно отменить сплошное заполнение. Для этого значение системной переменной FILLMODE нужно изменить с 1 на 0.

2.4.13. Облако

Облако – некоторая полилиния с дугowymi сегментами. Данная фигура широко применяется для добавления комментариев и пояснений на рисунках.

Чтобы создать облако, нужно ввести команду ОБЛАКО в командную строку или выбрать соответствующую опцию в панели инструментов Рисование (рис. 68).



Рис. 68. Облако в панели Рисование

Команда ОБЛАКО содержит следующие опции:

- Длина дуги – задание минимальной и максимальной длины дуги для построения облака;
- Объект – выбор замкнутого объекта для преобразования в облако;
- прямоугольник – создание прямоугольного пометочного облака по двум противоположным углам;
- Многоугольник – создание непрямоугольного пометочного облака, определяемого по трем и более точкам (вершинам пометочного облака);
- оТруки – построение ручного пометочного облака;
- СтилЬ – задание стиля для дуг облака (Обычный или Каллиграфия);
- иЗменить – добавление или удаление сторон из существующих пометочных облаков.

2.4.14. Сплайн

Сплайн представляет собой гладкую кривую, проходящую через заданный набор точек или рядом с ними.

Для построения сплайна необходимо ввести одноименную команду (СПЛАЙН) в командную строку или вызвать ее из панели инструментов Рисование (рис. 69).



Рис. 69. Сплайн в панели Рисование

Сплайн – это графическое представление, которое можно изобразить как по определенным точкам, так и по управляющим вершинам.

При выборе команды СПЛАЙН появляется запрос: «Первая точка или [Объект]:». После указания двух первых точек появляется следующий запрос: «Следующая точка или [Замкнуть/Допуск]». Если выбрать опцию Замкнуть, начало и конец сплайна будут соединены, а если выбрать опцию Допуск, можно задать величину отклонения от введенных точек для создания более плавной линии.

После ввода нужного количества точек нажимается клавиша Enter, чтобы перейти к указанию начального угла касания. Его можно задать числом или с помощью мыши. На последнем этапе построения сплайна необходимо указать направление касательной в конечной точке.

Опция Объект позволяет преобразовать сглаженную полилинию в сплайн.

2.4.15. Фигура

Для построения фигуры необходимо ввести одноименную команду (ФИГУРА) в командную строку.

Если после указания первых трех точек нажать клавишу Enter, то получится треугольник. Для построения четырехугольника в качестве третьей точки необходимо указать точку, расположенную по диагонали напротив второй, иначе фигура будет перекрученной.

После построения первого треугольника или четырехугольника запрос точек продолжается. При построении второго четырехугольника требуется ввести всего лишь третью и четвертую точки, так как в качестве первых двух вершин выступают последние точки предыдущего четырехугольника.

Если вместо ввода третьей точки нажать клавишу Enter, то команда построения фигуры закончится.

2.5. Редактирование примитивов

Для редактирования созданных примитивов можно использовать ручки (при клике ЛКМ по примитиву появляются синие «ручки», за которые можно растягивать, переносить и т.д. созданные примитивы) и Команды общего редактирования, расположенные на панели Редактирование (рис. 70).

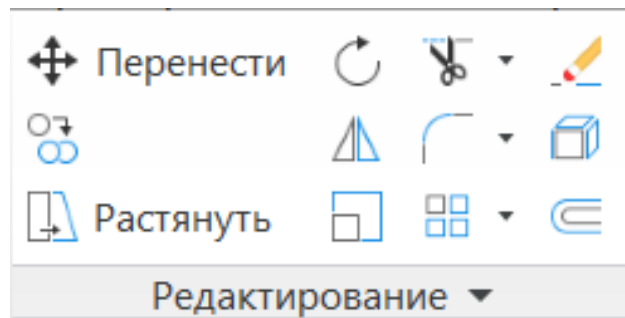


Рис. 70. Панель Редактирование

2.5.1. Перенести

Для переноса объекта(ов) следует ввести в командную строку команду ПЕРЕНЕСТИ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 71).

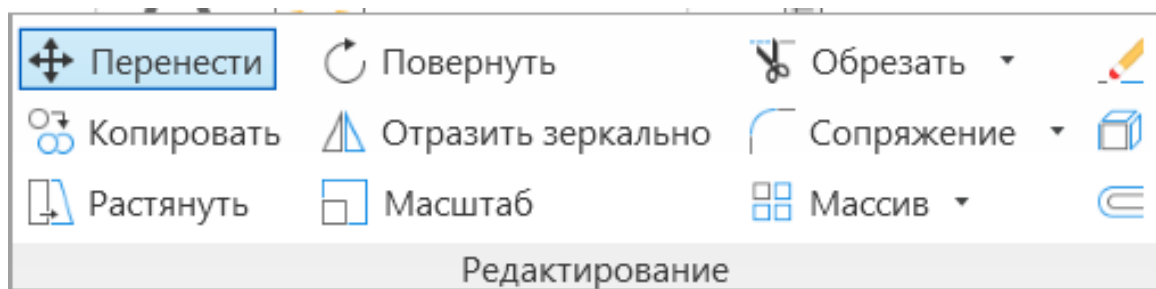


Рис. 71. Перенести в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), которые необходимо перенести, задать базовую точку, относительно которой осуществляется перенос, и выбрать вторую точку (точку, куда сместится базовая точка выбранного объекта).

2.5.2. Копировать

Для копирования объекта(ов) следует ввести в командную строку команду КОПИРОВАТЬ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 72).

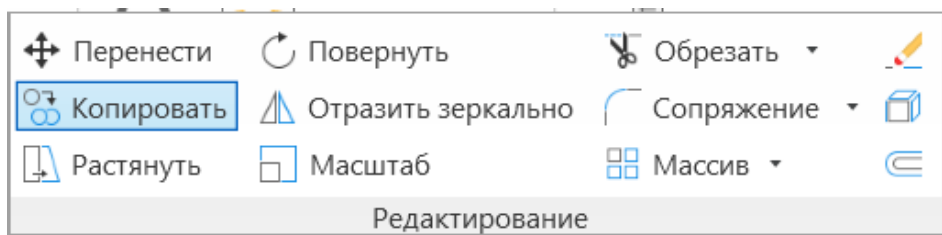


Рис. 72. Копировать в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), которые необходимо скопировать, задать базовую точку, относительно которой осуществляется копирование, и выбрать вторую точку (точку, куда установится базовая точка копируемого объекта).

Следует обратить внимание, что если нужно скопировать объект(ы) из одного чертежа на другой, то следует использовать буфер обмена: ПКМ → Буфер обмена → Копировать (Копировать с базовой точкой). После этого вставить в другой чертеж также через буфер обмена: ПКМ → Буфер обмена → Вставить.

2.5.3. Растянуть

Для растягивания объекта(ов) следует ввести в командную строку команду РАСТЯНУТЬ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 73).

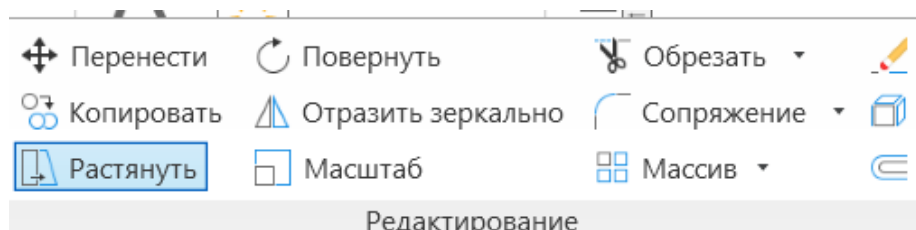


Рис. 73. Растянуть в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), обязательно с помощью текущей рамки или текущего многоугольника, которые необходимо растянуть, задать базовую точку, относительно которой осуществляется растягивание, и выбрать вторую точку (точку, в направлении которой осуществляется растягивание).

2.5.4. Повернуть

Для поворота объекта(ов) следует ввести в командную строку команду ПОВЕРНУТЬ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 74).

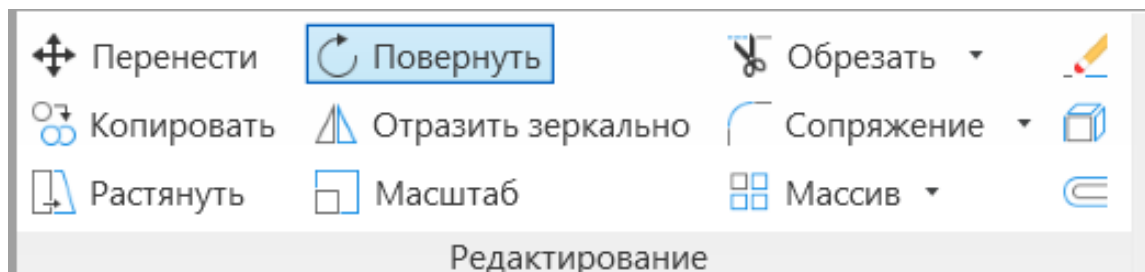


Рис. 74. Повернуть в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), которые необходимо повернуть, задать базовую точку, относительно которой осуществляется поворот, и задать угол поворота.

2.5.5. Отобразить зеркально

Для зеркального отражения объекта(ов) следует ввести в командную строку команду ЗЕРКАЛО или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 75).

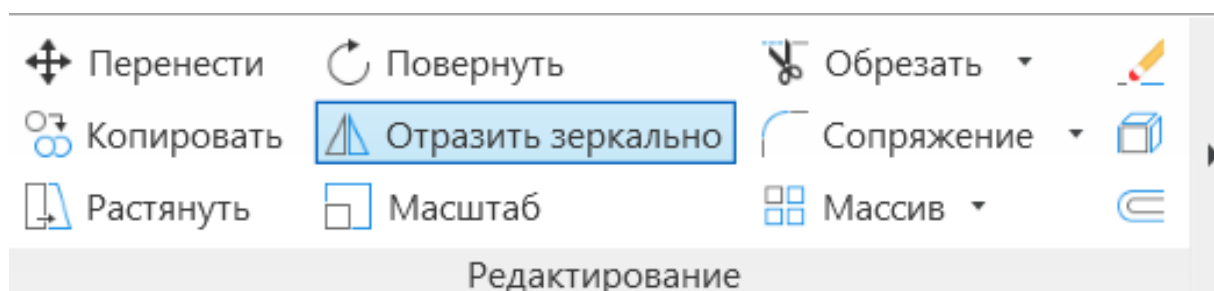


Рис. 75. Отобразить зеркально в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), которые необходимо отразить, задать первую точку оси отражения, вторую точку оси отражения, и выбрать, удалить или оставить исходные объекты.

2.5.6. Масштаб

Для масштабирования объекта(ов) следует ввести в командную строку команду МАСШТАБ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 76).

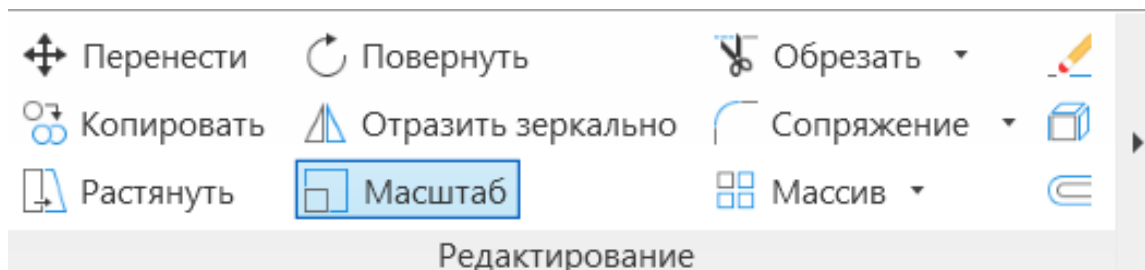


Рис. 76. Масштаб в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), которые необходимо масштабировать, задать базовую точку (от которой будет производиться масштабирование) и ввести масштаб (если необходимо ввести масштаб с использованием десятичной дроби, то дробная часть отделяется от целой символом точки).

2.5.7. Обрезать/удлинить

Для обрезки объекта(ов) следует ввести в командную строку команду ОБРЕЗАТЬ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 77).

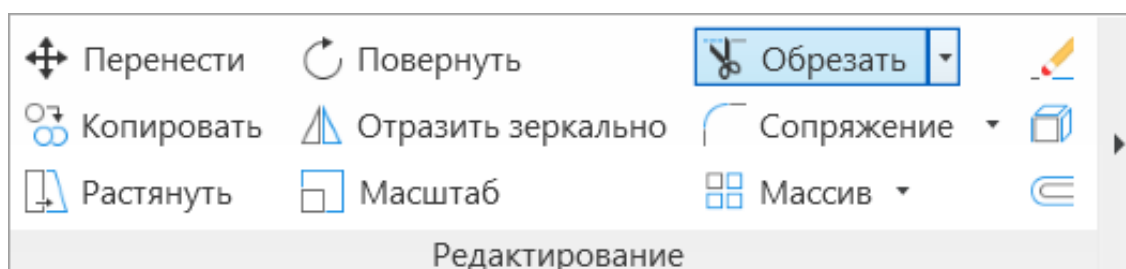


Рис. 77. Обрезать в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), которые ограничивают обрезаемые части объектов, а затем выбрать сами части обрезаемых объектов.

Для удлинения объекта(ов) следует ввести в командную строку команду УДЛИНИТЬ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 78).

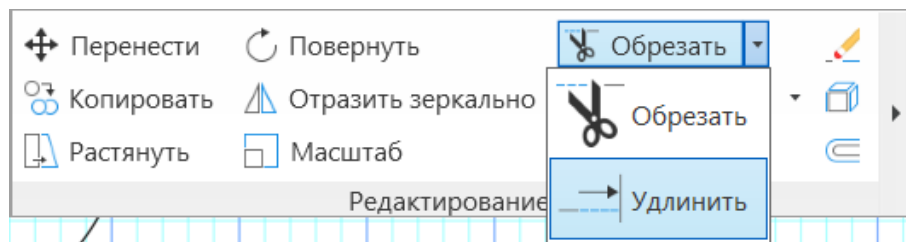


Рис. 78. Удлинить в панели Редактирование

После вызова команды необходимо выбрать объект(ы), которые будут являться границами для удлиняемых объектов, а затем выбрать удлиняемые объекты.

2.5.8. Сопряжение/фаска/соединение кривых

Для сопряжения объектов следует ввести в командную строку команду СОПРЯЖЕНИЕ или выбрать ее в панели Редактирование (рис. 79).

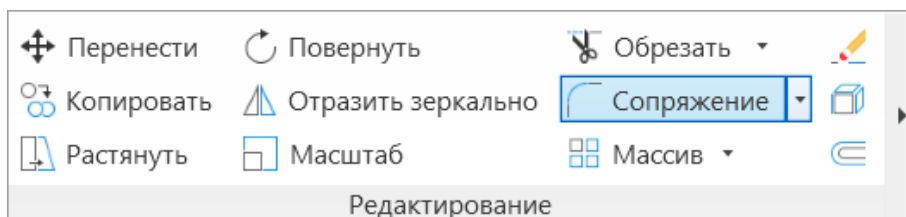


Рис. 79. Сопряжение в панели Редактирование

Для сопряжения полилинии необходимо выбрать саму полилинию.

Сопряжение можно производить с помощью радиуса. Для этого необходимо ввести значение радиуса сопряжения, затем выбрать первый объект сопряжения (или полилинию). В случае выбора объекта, выбрать второй объект сопряжения.

Аналогичным образом можно пользоваться командой общего редактирования ФАСКА и Соединение кривых (ПЕРЕХОД), представленные на рис. 80 и 81 соответственно.

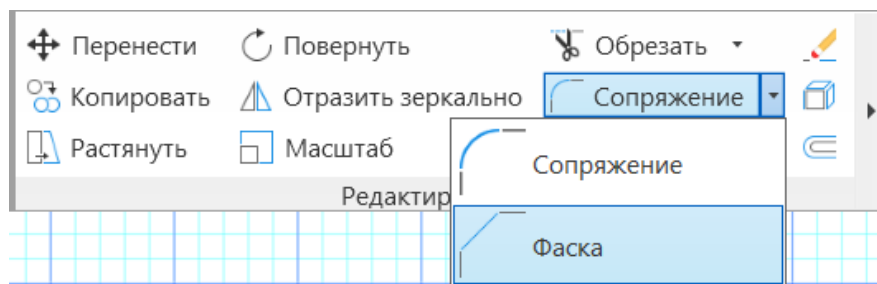


Рис. 80. Фаска в панели Редактирование

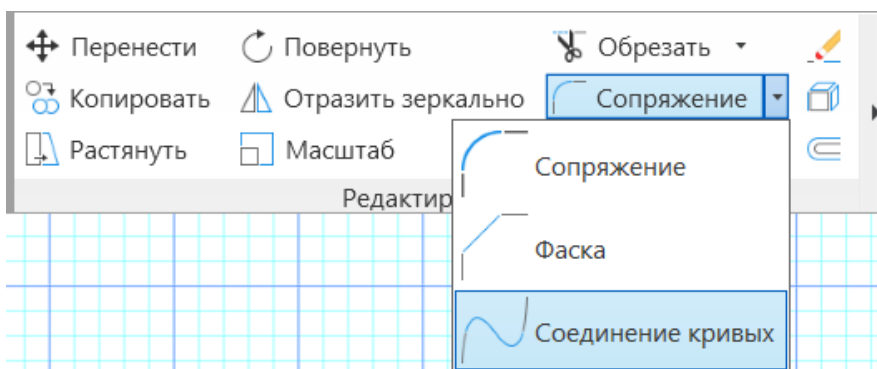


Рис. 81. Соединение кривых в панели Редактирование

2.5.9. Массив

В AutoCAD имеется три вида массивов: прямоугольный, по траектории и круговой (рис. 82). Все их можно вызвать из панели редактирования или с помощью команды МАССИВ из командную строку.

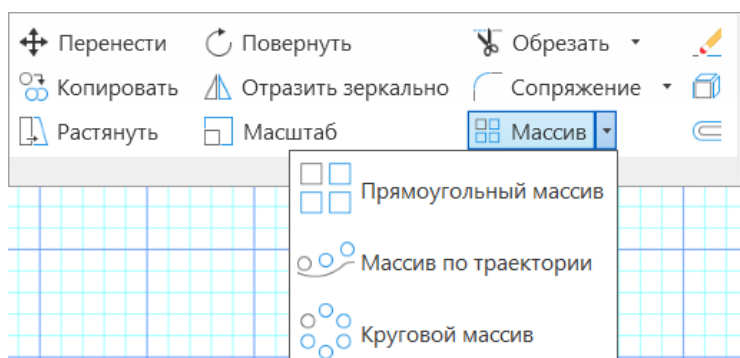


Рис. 82. Массивы в панели Редактирование

При построении прямоугольного массива необходимо сначала выбрать объекты, входящие в него. Затем указать количество строк и столбцов. Это

можно сделать с помощью «ручек» (рис. 83) или с помощью ввода значений в панели создания массива (рис. 84).

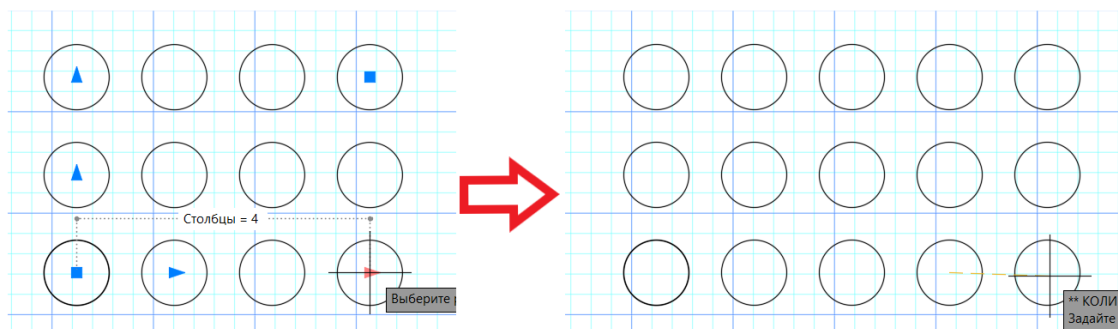


Рис. 83. Изменение количества столбцов с помощью «ручек»

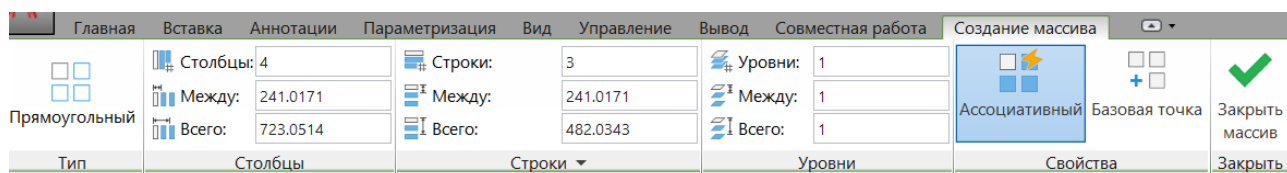


Рис. 84. Панель создания массива

В этой же панели можно задать расстояние между объектами массива. Важно учесть, что расстояние рассчитывается от центра объекта массива до центра следующего элемента массива.

Для построения массива по траектории необходимо выбрать объект(ы) для будущего массива и саму траекторию. Далее массив также можно редактировать с помощью панели создания массива. Особенно полезными являются команды, размещенные в Свойствах (рис. 85).

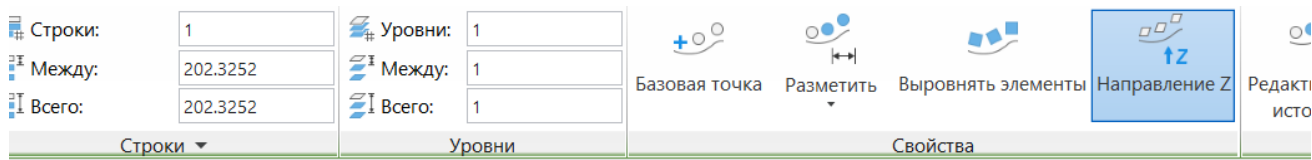


Рис. 85. Свойства в панели создания массива по траектории

Чтобы изменить количество элементов массива, следует разблокировать кнопку Число элементов массива в правом верхнем углу Элементов (рис. 86).

Для создания кругового массива необходимо также выбрать объекты, а затем задать центр массива. С помощью ручек можно изменять радиус кругового

массива. В панели создания массива так же, как и в двух предыдущих способах, можно изменять число элементов массива, расстояние между ними и т. д.

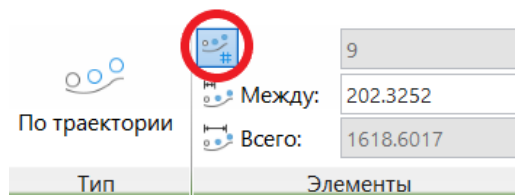


Рис. 86. Включение редактирования числа элементов массива

2.6. Методы точечного черчения

В системе AutoCAD построение элементов чертежей осуществляется по определенным (определяющим точкам). Так, например, определяющими точками отрезка являются его концы, определяющей точкой для окружности является ее центр, для многоугольника определяющими точками являются вершины. Каждая точка, в том числе определяющая, имеет свои координаты. Координаты в системе AutoCAD указываются или в мировой, или в пользовательской системе координат. По умолчанию мировая и пользовательская система координат совпадают

2.6.1. Мировая система координат

Мировая система координат – обычная, декартова система координат, началом которой является (0, 0, 0). Оси расположены под прямым углом, ось X направлена вправо, ось Y направлена вверх, ось Z направлена на пользователя.

2.6.2. Пользовательская система координат

Пользовательская система координат – перемещаемая система координат, создаваемая пользователем для удобства черчения. Направление осей, начальная координата задается пользователем. Сохраняется лишь угол между осями (90°).

2.6.3. Полярная система координат

Полярная система координат – система координат, в которой положение точки определяется полярным радиусом, который определяется расстоянием от

точки до начала координат, и значением угла в градусах, откладываемым против часовой стрелки.

Координаты точки записываются в AutoCAD формате $R<\alpha$, где R – полярный радиус, α – угол.

2.6.4. Способы ввода координат точек

Существует несколько способов ввода координат точек в системе AutoCAD:

1. Интерактивный ввод (щелчком ЛКМ).
2. Ввод значений координат с клавиатуры в командной строке.
3. Ввод значений координат в режиме динамического ввода. Динамический ввод в AutoCAD осуществляется с помощью вспомогательных окошек, которые появляются рядом с указателем мышки и позволяют вводить контекстные данные.
4. Указание точек создаваемых примитивов с использованием объектной привязки.

2.6.5. Абсолютные и относительные координаты точек

Абсолютные координаты отсчитываются от начала мировой системы координат.

Относительные координаты отсчитываются от начала последней введенной точки, и при наборе они начинаются символом @.

2.6.6. Указание точек создаваемых примитивов с помощью объектной привязки

Объектная привязка – удобный и эффективный метод задания точек на плоскости. Его главное преимущество заключается в возможности использования уже имеющихся объектов или самих объектов для задания точек. Благодаря этому методу возможно легко определить такие ключевые точки, как конец отрезка, центр окружности, середину отрезка и множество других. Более того, объектная привязка открывает возможности для последующего построения и преобразования различных геометрических фигур. Все существующие объектные привязки представлены на рис. 87.

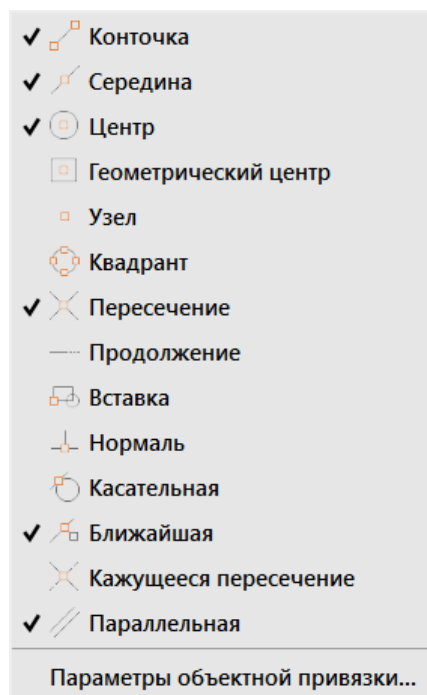


Рис. 87. Виды объектных привязок

Названия объектных привязок соответствуют по смыслу своей функции, например, Конточка – привязка к конечной точке примитива, Ближайшая – привязка к ближайшей точке и т.д.

Активные виды привязки отмечаются галочкой. Не рекомендуется делать активными сразу все виды объектных привязок.

2.7. Блоки

Блок в AutoCAD – это объект или набор объектов, который имеет имя и воспринимается как один объект (т. е. все объекты, входящие в состав блока, сгруппированы в один цельный объект) [10].

2.7.1. Создание статического блока

Для того чтобы создать блок, необходимо во вкладке Вставка в панели Определение блока вызвать функцию Создать блок (рис. 88).

После это появится диалоговое окно (рис. 89), в котором необходимо задать:

1. Имя объекта.

2. Базовую точку (можно нажать кнопку Указать и щелкнуть ПКМ по месту, за которое в дальнейшем будет вставляться создаваемый блок. Наиболее удобным является выбор точек центра объекта или точек концов отрезков).

3. Объект (нажать кнопку Выбрать объекты, выделить с помощью рамки все составляющие, т.е. примитивы, будущего блока, далее нажать Enter). После выполнения данного действия справа от поля ввода Имени объекта появится пиктограмма (изображение) выбранного объекта.

4. Установить флажки: Преобразовать в блок и Открыть в редакторе блоков.

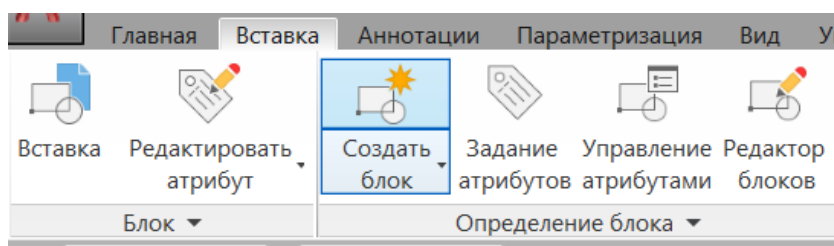


Рис. 88. Создать блок в панели Определение блока

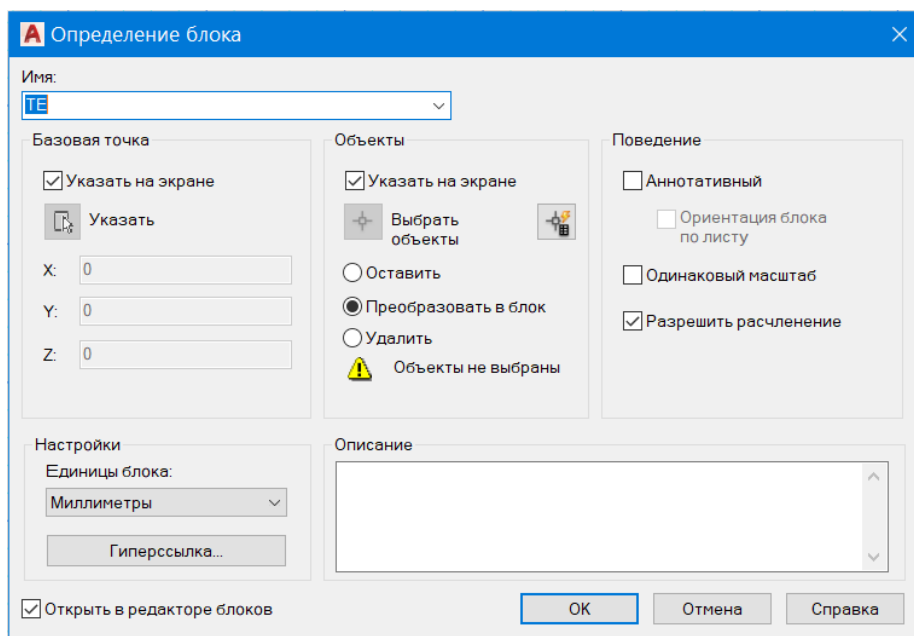


Рис. 89. Диалоговое окно создания блока

При каждом закрытии окна редактора блоков необходимо сохранять изменения.

В дальнейшем в редакторе блоков можно будет вносить изменения в изображении объекта.

Чтобы вставить блок в данном файле, необходимо выбрать во вкладке Вставка в панели Блок функцию Вставить (рис. 90). После этого в выпадающем

списке следует выбрать блок, который необходимо вставить, согласно ранее заданному имени (рис. 91).

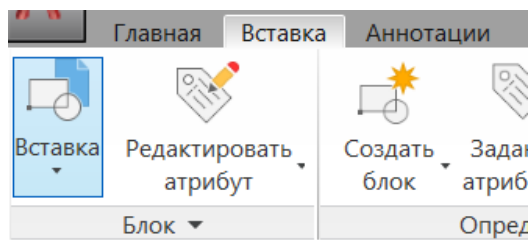


Рис. 90. Вставка в панели Блок

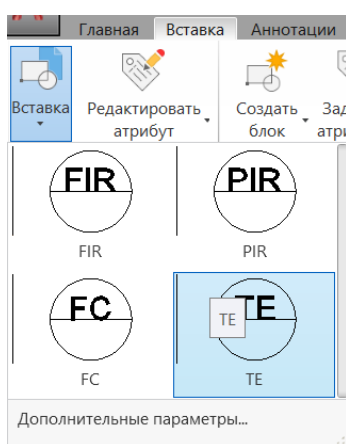


Рис. 91. Выбор блока из выпадающего списка

После первой вставки блока при необходимости его можно вставлять двумя нажатиями кнопки Enter.

2.7.2. Атрибуты блока

Атрибут – это объект (чаще всего текстовый), который включается в определение блока и может обладать возможностью изменения. Атрибутов у блока может быть несколько.

Атрибут для блока следует создавать в открытом редакторе блоков.

Чтобы вызвать окно создания атрибутов, необходимо во вкладке Вставка в панели Определение блока вызвать команду Задание атрибутов (рис. 92).

В результате появится диалоговое окно, представленное на рис. 93.

В данном окне следует установить/снять флажки режима атрибута, а также задать необходимые данные для атрибута.

Режимы атрибута:

1. Скрытый – атрибут не будет отображаться на графическом пространстве и при печати.
2. Постоянный – атрибут нельзя как-либо увидеть и изменить на графическом пространстве.
3. Контролируемый – возможность проверить правильность атрибута в процессе вставки блока.
4. Установленный – атрибут со значением по умолчанию без вывода запроса при вставке блока.
5. Фиксированное положение – атрибут можно будет перемещать относительно блока.
6. Многострочный – атрибут может содержать несколько строк текста.

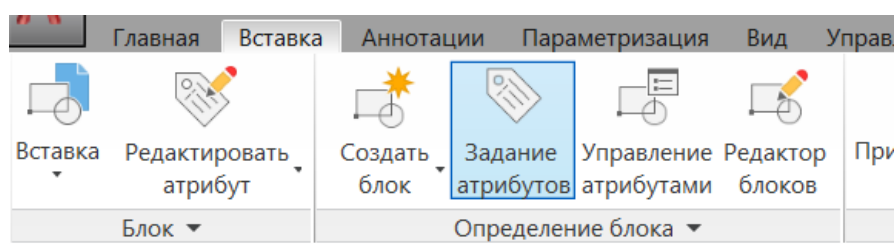


Рис. 92. Задание атрибутов в панели Определение блока

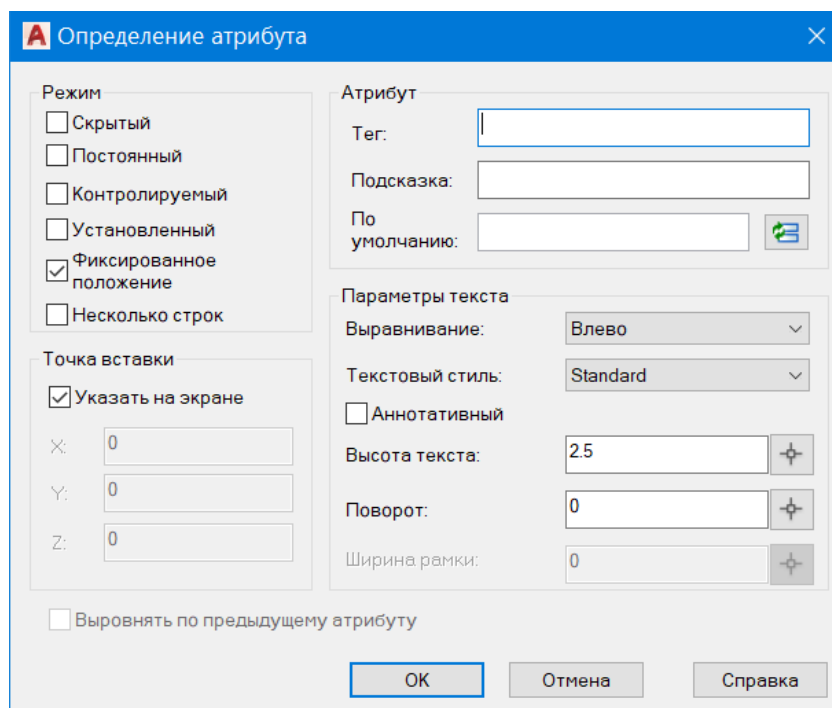


Рис. 93. Окно Определение атрибута

Задание основных данных атрибута:

1. Тег – имя, по которому идентифицируется атрибут. Имя не может иметь пробелы.
2. Подсказка – запрос атрибута, выводимого на экран при каждой вставке блока, содержащего данный атрибут. Данное поле можно оставить пустым, тогда в качестве подсказки система будет показывать тег.
3. По умолчанию – значение, присваиваемое атрибуту по умолчанию.

На рис. 94 показано окно Определения атрибута с заполненными полями, созданного в редакторе блоков для блока ТЕ, на рис. 95 – диалоговое окно, появляющееся при вставке блока ТЕ на графическое пространство, а на рис. 96 – результат вставки (в графу Нижний предел было введено значение -50).

The dialog box is titled 'Определение атрибута'. It contains several sections: 'Режим' (Mode) with checkboxes for 'Скрытый', 'Постоянный', 'Контролируемый', 'Установленный', 'Фиксированное положение', and 'Несколько строк'; 'Точка вставки' (Insertion point) with a checked 'Указать на экране' option and input fields for X, Y, and Z coordinates; 'Атрибут' (Attribute) with input fields for 'Тег' (containing 'L'), 'Подсказка' (containing 'Нижний предел'), and 'По умолчанию'; 'Параметры текста' (Text parameters) with dropdowns for 'Выравнивание' (left) and 'Текстовый стиль' (Standard), and input fields for 'Высота текста' (100), 'Поворот' (0), and 'Ширина рамки' (0); and a checkbox 'Выровнять по предыдущему атрибуту'. At the bottom are 'OK', 'Отмена', and 'Справка' buttons.

Рис. 94. Заполненное окно Определения атрибута для блока ТЕ

The dialog box is titled 'Редактирование атрибутов'. It shows 'Имя блока: ТЕ' and a list of attributes. The first attribute is 'Нижний предел' with an input field containing '-50'. Below it are several empty attribute rows. At the bottom are 'OK', 'Отмена', 'Назад', 'Далее', and 'Справка' buttons.

Рис. 95. Диалоговое окно при вставке блока ТЕ

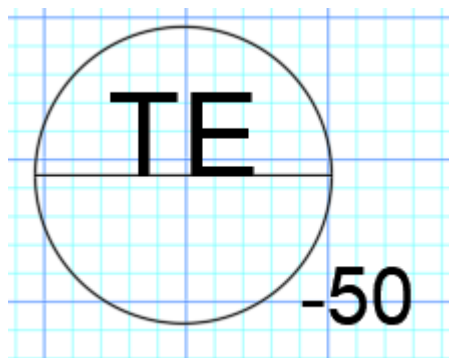


Рис. 96. Результат вставки блока с атрибутом

2.7.3. Создание динамического блока

Динамический блок в AutoCAD – это статический блок с динамическими свойствами.

Динамические блоки могут содержать свойства для отображения/скрытия, растягивания, перемещения, вращения, зеркального отражения и масштабирования геометрии в блоке.

Рассмотрим создание динамического блока бака. Для начала необходимо создать его изображение на рабочем пространстве.

Затем сохранить это изображение бака как блок и перейти в пространство Редактора блоков (рис. 97).

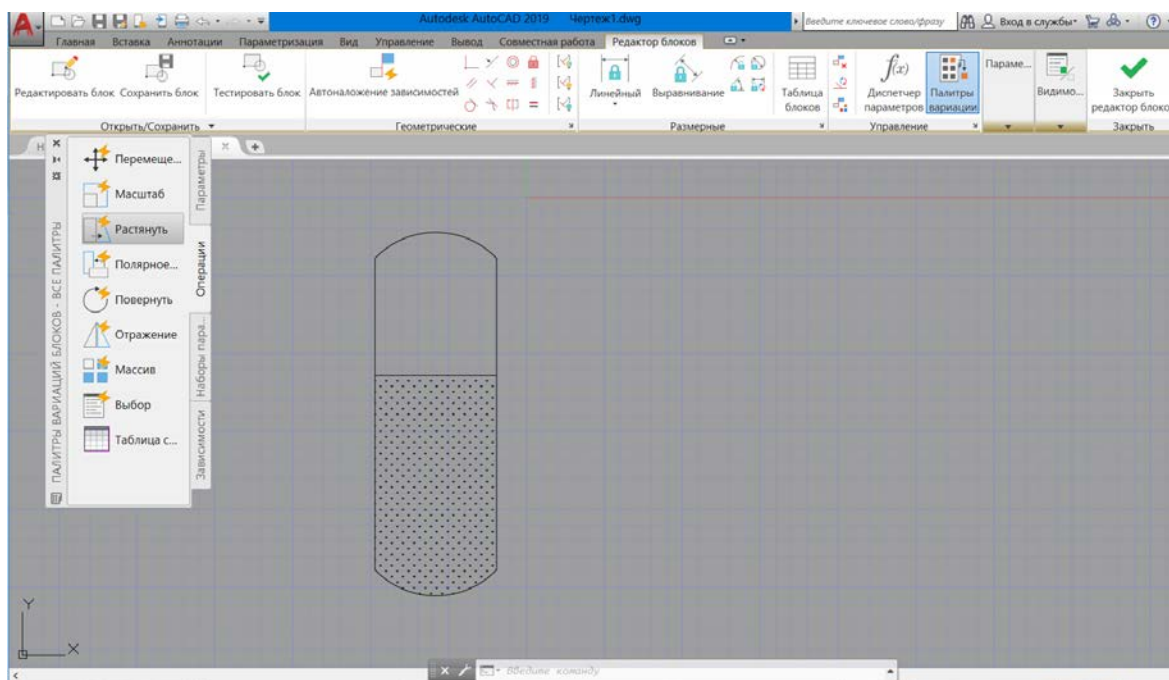


Рис. 97. Пространство Редактор блоков

В левой части пространства располагается Палитра вариаций блоков. В ней имеются вкладки:

1. Параметры.
2. Операции.
3. Наборы параметров.
4. Зависимости.

Параметры определяют геометрию, на которую будет влиять операция при манипулировании вхождением блока [11].

Операции определяют то, как геометрия вхождения динамического блока переместится, растянется или изменится при манипулировании его ручками [11].

Для того чтобы понять принцип создания динамических блоков, следует рассмотреть создание блока бака с параметром Точечный и операцией Перемещение.

Чтобы добавить параметр Точечный, необходимо кликнуть по нему в Палитре вариаций блоков ЛКМ → Указать местоположение объекта (с помощью мышки или с помощью командной строки) → Задать положение метки (с помощью мышки или с помощью командной строки) (рис. 98).

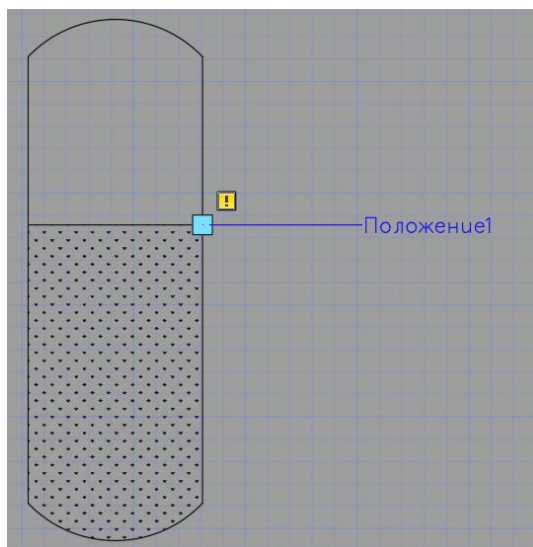


Рис. 98. Созданный параметр Точечный

Далее к данному параметру необходимо добавить операцию Переместить. Для этого в Палитре вариаций блоков выбирается Перемещение → Указать параметр (кликнуть ЛКМ по созданному параметру или выбрать параметр с помощью командной строки) → Выбрать объекты, которые будут перемещаться (например, верхнюю границу заливки). Таким образом, создан динамический блок с параметром Точечный и операцией Перемещение (рис. 99).

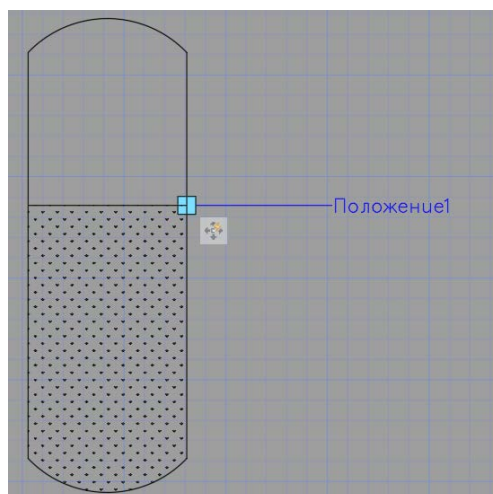


Рис. 99. Блок с параметром Точечный и операцией Перемещение

Чтобы протестировать работу динамического блока, следует нажать кнопку Тестировать блок (рис. 100), после чего откроется Окно тестирования блока (рис. 101).

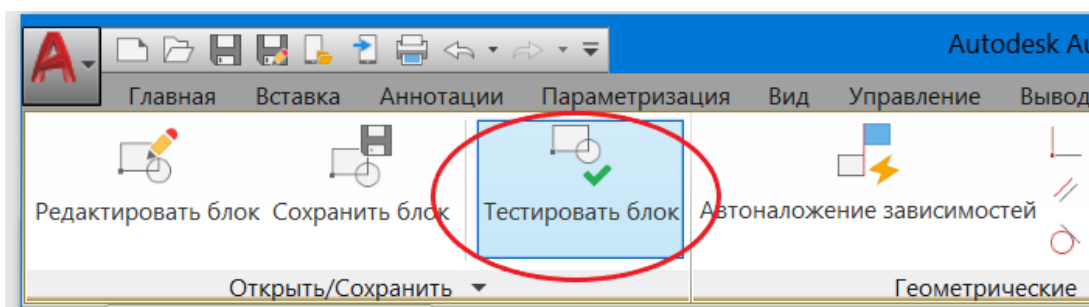


Рис. 100. Тестировать блок

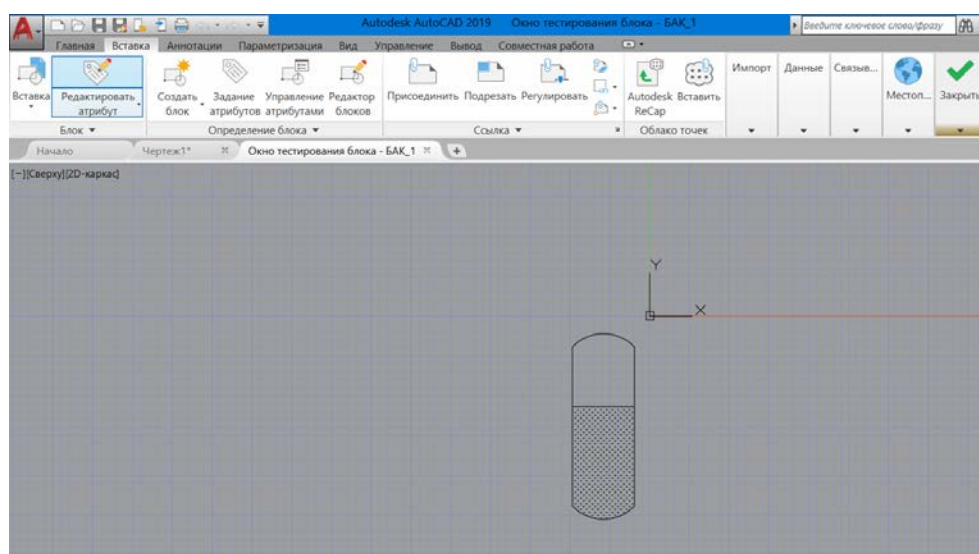


Рис. 101. Окно тестирования блока

Теперь можно убедиться, что, если потянуть за установленную ручку у верхней границы заливки вверх или вниз, она будет соответственно перемещаться, а вместе с ней и сама заливка (рис. 102).

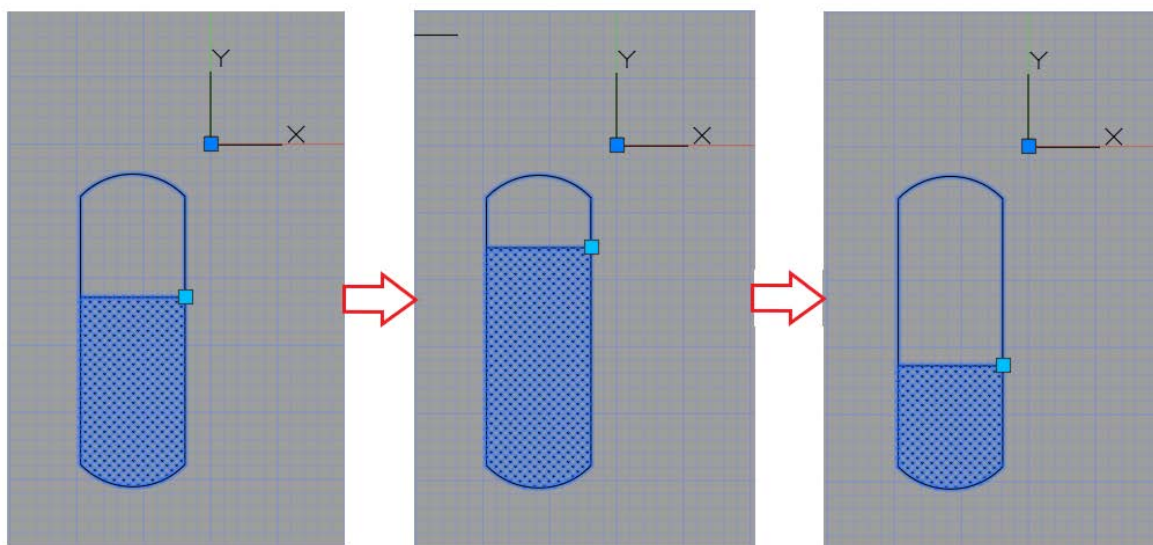


Рис. 102. Результат тестирования динамического блока

Чтобы закрыть Окно тестирования блока, необходимо нажать кнопку Закрыть (рис. 103). После чего, если результат тестирования не требует внесения корректировок, следует нажать кнопку Сохранить блок (рис. 104) и кнопку Закрыть редактор блоков (рис. 105).

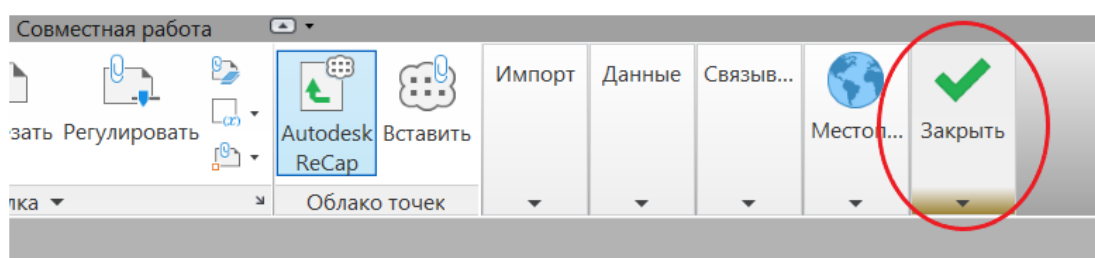


Рис. 103. Закрыть окно тестирования блока

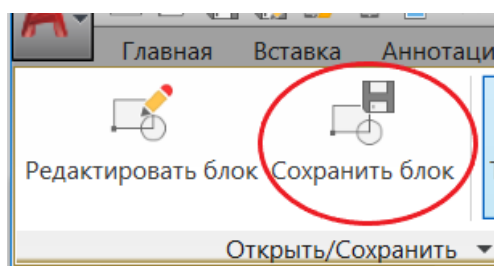


Рис. 104. Сохранить блок

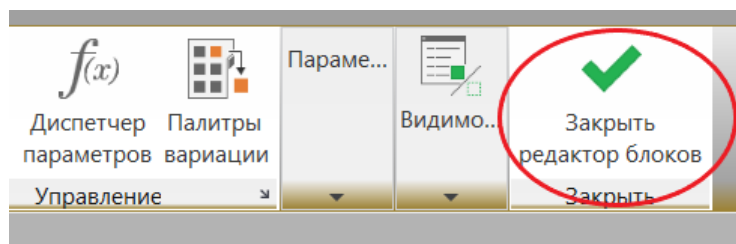


Рис. 105. Закреть редактор блоков

Теперь на графическом пространстве с созданным динамическим блоком можно проводить те же манипуляции, что и в окне тестирования блока.

Контрольные вопросы

1. Что такое тип линии?
2. Какая толщина сплошной толстой основной линии?
3. Какая толщина у сплошной тонкой основной линии?
4. Какие размеры штриха и промежутка между штрихами у штриховой линии?
5. Что такое вес линии?
6. Что такое слой в AutoCad?
7. Какие действия можно производить со слоями?
8. Какой слой нельзя удалить?
9. Зачем используется заморозка слоя?
10. Перечислите графические примитивы, которые вы знаете.
11. Назовите способы построения окружности (минимум 3) с помощью команды КРУГ.
12. Каким способом можно построить ДУГУ в AutoCAD?
13. Какой объект позволяет строить линию из нескольких отрезков?
14. Какая команда используется для построения кривых?
15. Какая последовательность действий при обрезке?
16. Как перенести примитив на строго заданное расстояние?
17. Как построить угол 15 градусов?
18. Какие системы координат используются в AutoCad? Опишите их.
19. Какие бывают координаты?
20. Как в AutoCad задаются относительные координаты?
21. Что такое блок?
22. Опишите процесс создания статического блока.
23. Что такое атрибут блока?
24. Как создать динамический блок?

3. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ И ШРИФТЫ

3.1. Системы координат

В пунктах 2.6.1–2.6.5 подробно описаны существующие системы координат, способы задания координат точек и форматы ввода (абсолютные и относительные).

3.2. Шрифт

На чертежах и схемах обязательными элементами являются надписи, выполняемые шрифтом. Согласно требованиям системы стандартов ЕСКД все надписи на чертежах должны быть выполнены чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81 [12].

Чертежный шрифт — рукописный и компьютерный шрифт, который применяется для оформления чертежей и других технических документов [12].

В программе AutoCAD для выполнения надписей используются инструменты Однострочный текст и Многострочный текст.

Также надписи на чертежах используются при расстановке размеров. В программе AutoCAD для этого используются инструменты группы Размер.

3.2.1. Текст

Для вызова команды Однострочный текст необходимо в меню Главная вызвать команду Текст и выбрать необходимый вариант (рис. 106). Далее в соответствии с запросами командной строки ввести в ней необходимые данные: начальную (центральную или конечную) точку текста, высоту букв и угол поворота (по умолчанию 0). Также в командной строке можно выбрать стиль текста (по умолчанию – Standart). После этого следует ввести текст создаваемой надписи. После завершения команды изменить можно будет только сам текст надписи.

В случае с Многострочным текстом (команда МТЕКСТ) в командной строке необходимо ввести (или указать с помощью компьютерной мыши на графическом пространстве) запрашиваемые данные: первый угол, противоположный угол (или другие подходящие данные, предлагаемые в командной строке) и далее сам текст надписи.

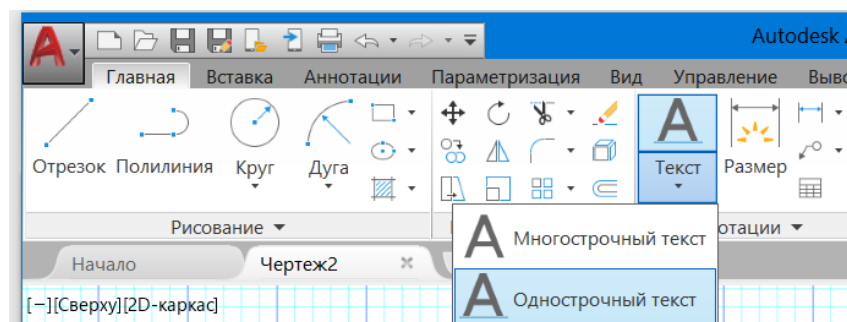


Рис. 106. Вызов команды Однострочный или Многострочный текст

Надпись можно редактировать в Текстовом редакторе (рис. 107), если кликнуть по ней дважды ЛКМ. В Текстовом редакторе можно изменить стиль, шрифт, высоту букв, изменить выравнивание и т. д. Лента текстового редактора похожа на главную ленту в программе Word MS Office.

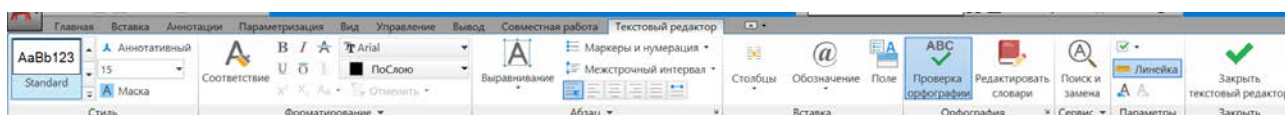


Рис. 107. Текстовый редактор

3.2.2. Расстановка размеров

Общие требования

Расстановка размеров на чертежах осуществляется согласно ГОСТ 2.307-2011 – «Нанесение размеров и предельных отклонений» [13]. Основные положения заключаются в следующем.

Размеры следует указывать истинные независимо от масштаба и точности выполнения изображения. Размеры должны назначаться и наноситься таким образом, чтобы по ним можно было изготовить деталь, не прибегая к подсчетам.

Размеров должно быть минимальное количество, но достаточное для изготовления и контроля изделия. Размеры должны быть нанесены так, чтобы при их чтении не возникало никаких неясностей или вопросов.

Линейные размеры на чертеже приводят в миллиметрах, без обозначения единицы измерения. Угловые размеры указывают в градусах, минутах, секундах с обозначением единицы измерения. Каждый размер наносят на чертеже, в основной надписи только один раз, повторять его недопустимо.

При указании размеров прямолинейных отрезков размерные линии проводят параллельно этим отрезкам на расстоянии не менее 10 мм от линии контура и 7 мм друг от друга, а выносные линии проводят перпендикулярно размерным. Выносные линии должны выходить за концы стрелок размерной линии на 1...5 мм. Стрелка размерной линии должна иметь длину не менее

2,5 мм и угол при вершине около 20°. Размеры и форма стрелок должна быть одинаковыми на всем чертеже.

Расстановка размеров в AutoCAD

В AutoCAD для расстановки размеров используются инструменты Размер, представленные на рис. 108.

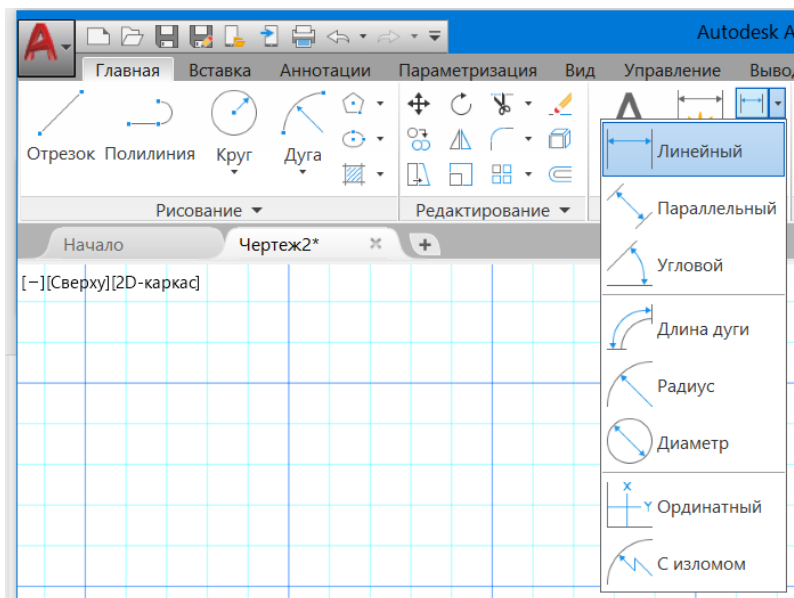


Рис. 108. Инструменты Размер

Для нанесения Линейного размера необходимо указать:

- Начало первой выносной линии.
- Начало второй выносной линии.
- Положение размерной линии или [Мтекст/Текст/Угол/Горизонтальный/Вертикальный/Повернутый].

Для нанесения Параллельного размера необходимо указать:

- Начало первой выносной линии.
- Начало второй выносной линии.
- Положение размерной линии или [Мтекст/Текст/Угол].

Для нанесения Углового размера необходимо:

- Выбрать дугу, круг, отрезок или указать вершину.
- Указать второй отрезок или точку на второй стороне угла.
- Указать положение размерной дуги или

[Мтекст/Текст/Угол/Квадрант].

Для нанесения размера Длина дуги необходимо:

- Выбрать дугу или дуговой сегмент полилинии.
- Указать положение размера длины дуги или

[Мтекст/Текст/Угол/Частичный/Выноска].

Для нанесения размеров Радиус и Диаметр необходимо:

- Выбрать дугу или круг;
- Указать положение размерной линии или [Мтекст/Текст/Угол].

Для нанесения размера Ординатный необходимо:

- Указать положение элемента;
- Указать конечную точку выноски или [Хзначение/Узначение/Мтекст/Текст/Угол].

Пример расставленных размеров представлен на рис. 109.

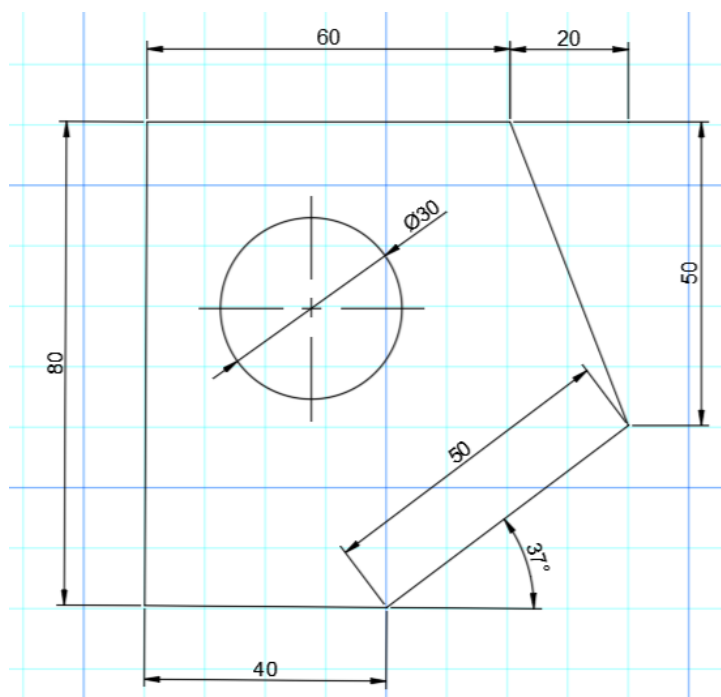


Рис. 109. Пример проставления размеров

Стоит отметить, что надписи на размерах можно редактировать. Это возможно при двойном клике по ним ЛКМ – откроется Текстовый редактор, работа с которым описана в п. 3.2.1.

Кроме того, в AutoCAD имеется возможность управления размерными стилями. Для этого необходимо в меню главная выбрать Аннотации → Размерный стиль (рис. 110) или в командной строке РЗМСТИЛЬ.

В AutoCAD изначально имеется три размерных стиля: Standart, ISO 25 и Аннотативный. Любой из них можно редактировать или создать на их основе новый размерный стиль. Для этого необходимо в меню главная выбрать Аннотации → Размерный стиль → Управление размерными стилями (рис. 111). В результате откроется окно Диспетчер размерных стилей (рис. 112), с помощью которого и производится создание или редактирование размерных стилей.

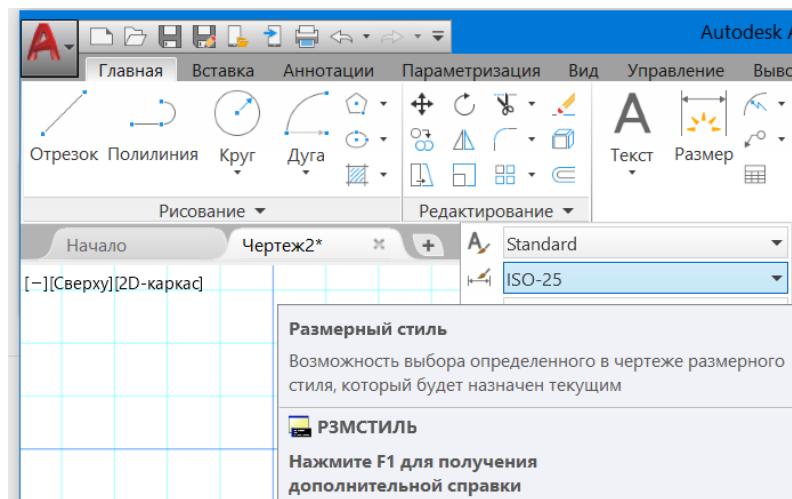


Рис. 110. Выбор размерного стиля

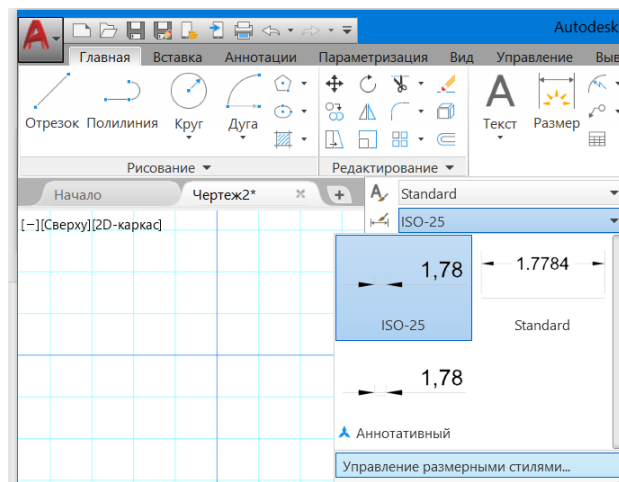


Рис. 111. Управление размерными стилями

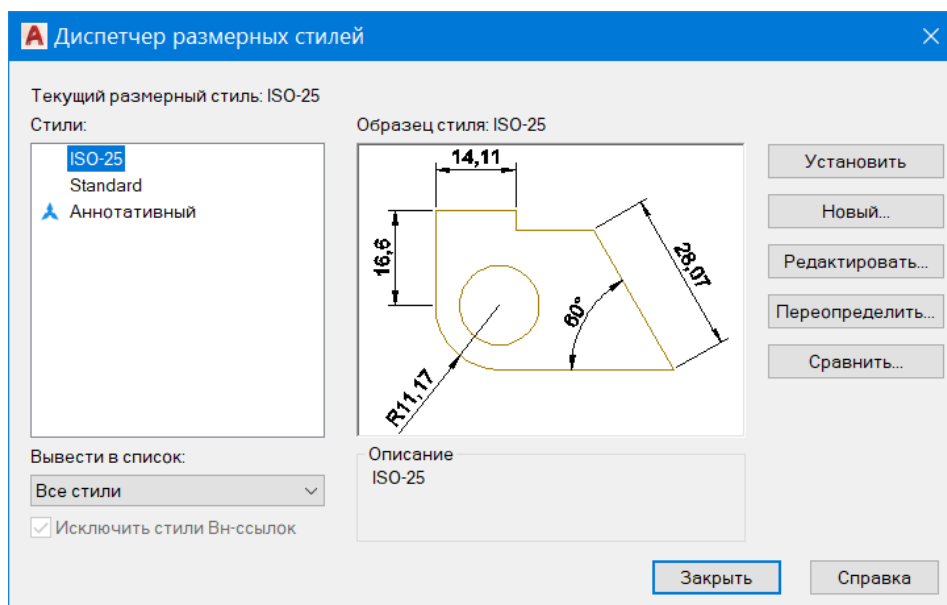


Рис. 112. Окно Диспетчер размерных стилей

Контрольные вопросы

1. Что такое шрифт?
2. Как вызвать Однострочный и Многострочный текст в AutoCad?
3. Что можно изменить с помощью Текстового редактора?
4. В каком стандарте описаны правила простановки размеров?
5. Какие инструменты для простановки размеров есть в AutoCad?
6. Как редактировать надпись на размерной выноске?
7. Как можно изменить размерный стиль?

4. ПАРАМЕТРИЗАЦИЯ И ФОРМАТ ЛИСТА

4.1. Параметризация

Параметризация в AutoCAD подразумевает нанесение геометрических и размерных зависимостей на объекты чертежа.

Для проведения параметризации в AutoCAD имеется одноименная вкладка (рис. 113).

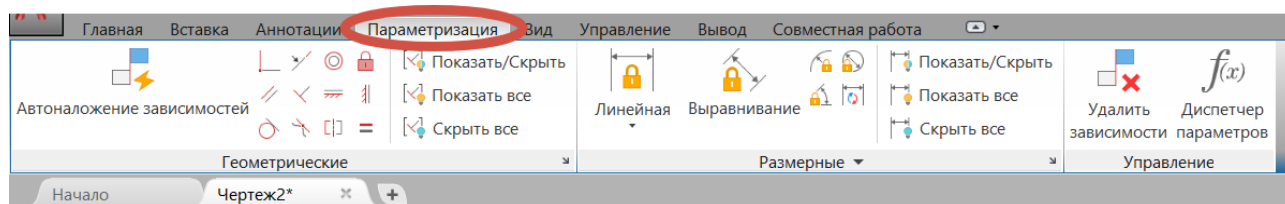


Рис. 113. Вкладка Параметризация

Как правило, работа с параметризацией начинается с нанесения геометрических зависимостей.

К геометрическим зависимостям относятся:

1. Совпадение. Совпадение двух точек и принадлежность точки объекту или продолжению объекта.
2. Параллельность. Наличие у двух линий одинакового угла, т. е. второй выбранный объект будет параллелен первому.
3. Касание. Взаимное касание двух кривых или их продолжений.
4. Коллинеарность. Принадлежность двух линий одной и той же бесконечной линии. Для второго выбранного отрезка задается коллинеарность относительно первого отрезка.
5. Перпендикулярность. Сохранение угла в 90° между двумя линиями или сегментами полилинии, т. е. второй выбранный объект перпендикулярен первому.
6. Гладкость. Сохранение для сплайна непрерывности G2, обеспечивающей наличие плавной непрерывной кривой другим сплайном, линией, дугой или полилинией.
7. Концентричность. Наличие общего центра у двух окружностей, дуг или эллипсов.
8. Горизонтальность. Параллельность линии или двух точек, расположенных параллельно оси X текущей ПСК.
9. Симметрия. Симметричность двух кривых или точек на объектах относительно выбранной линии.

10. Фиксация. Закрепление точки или кривой в определенном положении или ориентации относительно мировой системы координат.

11. Вертикальность. Параллельность линии или двух точек, расположенных параллельно оси Y текущей ПСК.

12. Равенство. Равенство длины двух сегментов полилинии или равенство радиуса дуг и окружностей.

Накладывать геометрические зависимости можно не только выборочно вручную, но и автоматически. Для этого можно использовать Автоналожение зависимостей (рис. 114).

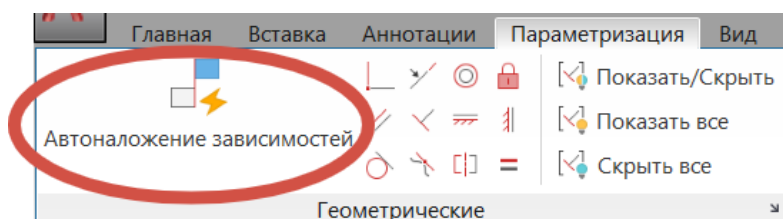


Рис. 114. Автоналожение зависимостей

На рис. 115 приведен пример изменения объекта-прямоугольника без наложения геометрических зависимостей и с ними.

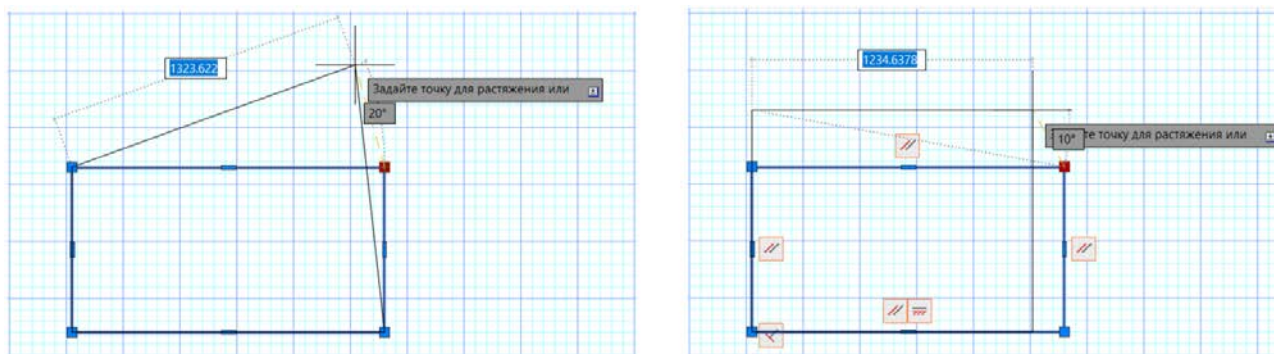


Рис. 115. Изменение прямоугольника без геометрических зависимостей (слева) и с геометрическими зависимостями (справа)

Размерные зависимости наносятся, как правило, после геометрических.

Команды простановки параметрических размеров аналогичны командам простановки аннотативных размеров, однако имеется небольшое отличие – после простановки размера необходимо ввести его значение, после чего будет изменен связанный с размером объект.

Параметрические размеры бывают:

- Линейные (Горизонтальность, Вертикальность);

- Радиус;
- Диаметр;
- По углу.

Также можно преобразовать имеющиеся на чертеже размеры (аннотативные) в размерные зависимости.

Пример проставления параметрического размера показан на рис. 116:

1. Параметризация → Линейный → Горизонтальность;
2. Первая точка зависимости;
3. Вторая точка зависимости;
4. Положение размерной линии;
5. Ввод значения размера;
6. Enter.

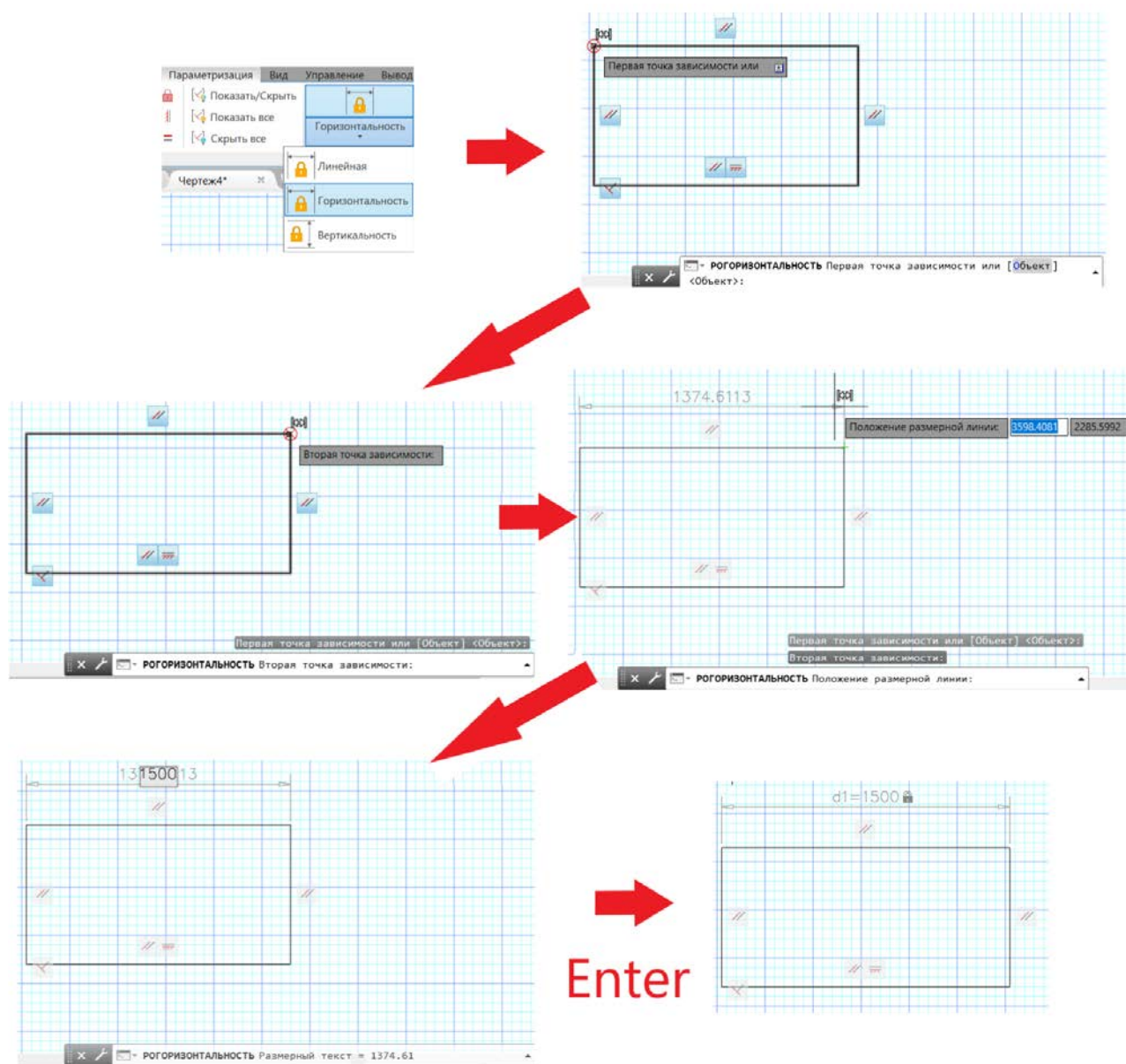


Рис. 116. Пример проставления параметрического размера

В параметрических размерах можно указывать зависимости. Пусть, например, высота прямоугольника будет вдвое меньше, чем его ширина. Ширина прямоугольника $d1 = 1500$. Тогда для высоты прямоугольника требуется создать линейный размер высоты, в котором значение величины зададим как $d1*0.5$ (рис. 117).

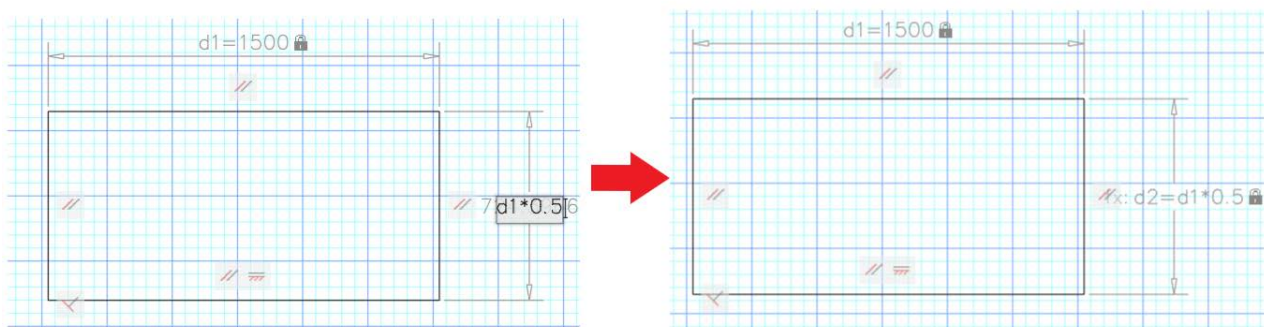


Рис. 117. Задание размера с помощью формулы

Заданные параметры (как геометрические, так и размерные) можно показывать и скрывать (рис. 118).

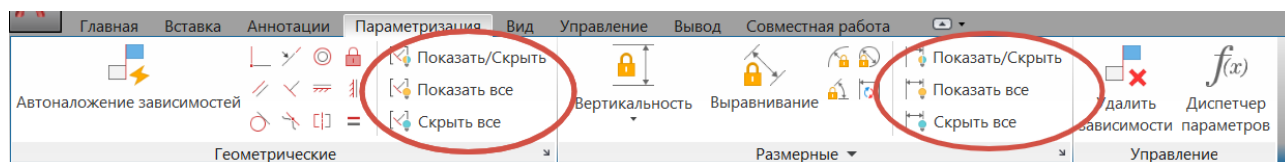


Рис. 118. Команды скрытия и показа параметров

4.2. Формат листа

Формат листа – это стандартизированный размер бумажного листа. Международным стандартом формата бумаги является ISO 216, который основан на немецком стандарте DIN 476.

Согласно стандарту ISO 216, каждый формат бумаги равен половине площади следующего большего формата серии (существуют несколько серий и несколько расширений). Наиболее используемой серией является А.

В соответствии с данным стандартом разрабатывался российский ГОСТ 2.301-68 [14], который устанавливает пять основных форматов для чертежей и иных конструкторских документов: А0, А1, А2, А3 и А4. Их размеры совпадают с размерами форматов стандарта ISO 216 серии А.

На рис. 119 приведены форматы бумажных листов серии А стандарта ISO 216 с их размерами.

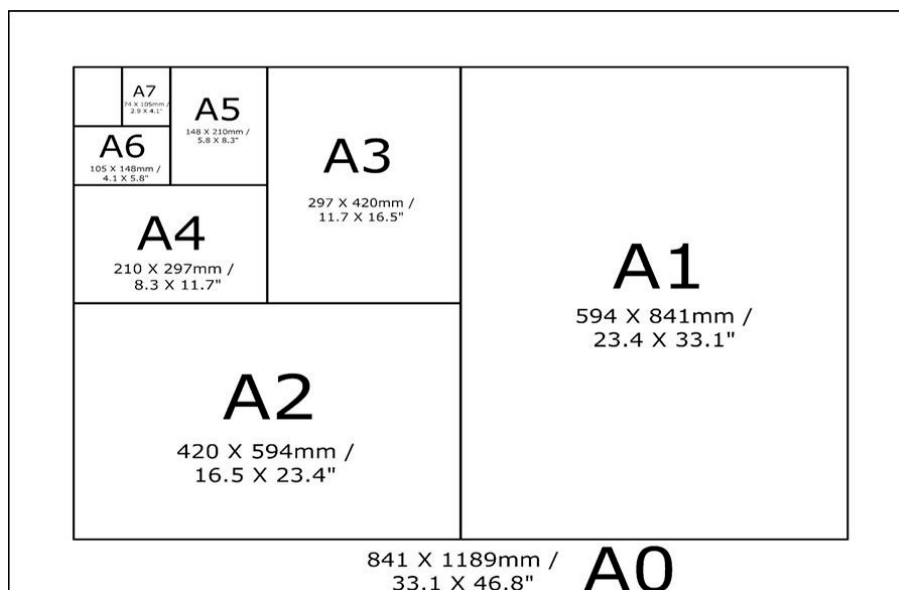


Рис. 119. Форматы бумажных листов серии А стандарта ISO 216

4.2.1. Рамка и основная надпись

Каждый чертеж должен содержать рамку, ограничивающую его поле. Она также оформляется по определенным правилам: линия рамки сверху, снизу и справа проводится тонкой сплошной линией на расстоянии 5 мм от границы (или от внешней рамки); линия рамки слева проводится на расстоянии 20 мм от границы (или от внешней рамки). Пример оформления рамки представлен на рис. 120.

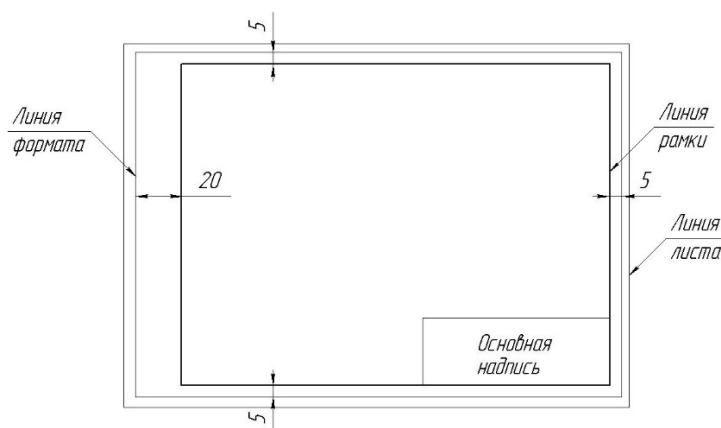


Рис. 120. Пример оформления рамки

4.2.2. Основная надпись

В правом нижнем углу на всех чертежах должна размещаться основная надпись, форма, содержание и размеры которой должны выполняться в соответствии с ГОСТ 2.104-2006 [15].

На рис. 121 представлены формы основных надписей.

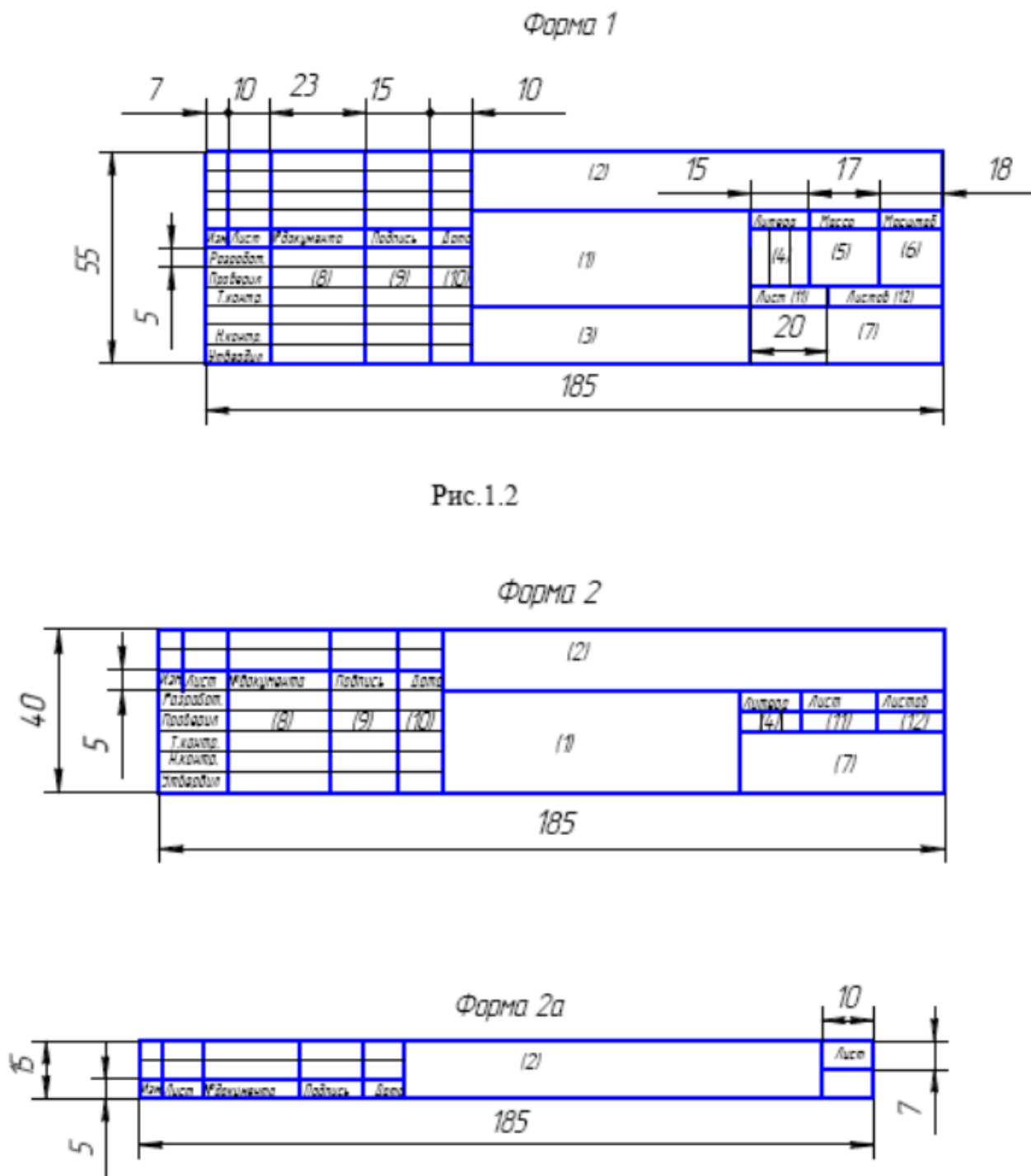


Рис. 121. Основные надписи

Для оформления работ в учебных заведениях обычно используются следующие графы (нумерация граф соответствует ГОСТ 2.104-2006):

- графа 1 – наименование изделия, изображенного на чертеже. Вначале пишут имя существительное, затем определения;
- графа 2 – обозначение (номер) чертежа по ГОСТ 2.201-80;
- графа 3 – обозначение материала детали (графу заполняют только на чертежах деталей);
- графа 4 – литера, присвоенная документу (литера «У» – для учебных чертежей);
- графа 5 – масса изделия в килограммах (для схем не заполняется);
- графа 6 – масштаб изображения;
- графа 7 – наименование учебного заведения и группы;
- графа 8 – фамилии студента и преподавателя;
- графа 9 – подписи студента и преподавателя;
- графа 10 – дата подписания чертежа;
- графа 11 – порядковый номер листа;
- графа 12 – общее количество листов документа [16].

4.2.3. Пространство листа и пространство модели

В AutoCAD имеется два пространства: Модель и Лист. Все основные построения производятся в пространстве модели, как правило, в масштабе 1:1, а оформление чертежа и подготовка к его выводу на печать – в пространстве листа.

Для перехода из одного пространства в другое используются одноименные вкладки, расположенные внизу слева (рис. 122).

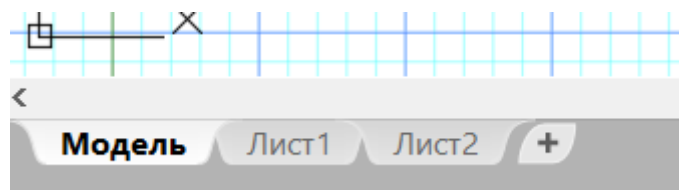


Рис. 122. Вкладки пространств Модель и Лист

Пространство Листа удобно использовать для вставки рамки нужного формата. Для этого потребуется установить дополнение к AutoCAD – СПДС. Следует обратить внимание на версию – она должна совпадать с версией основной программы.

Таким образом, для того чтобы вставить рамку для чертежа, необходимо выполнить следующие действия (пункты 4, 5 не обязательны к выполнению).

1. Перейти в пространство Лист 1 или Лист 2 (одно из них допустимо даже удалить).

2. «Растянуть» границу, в которой находятся элементы чертежа до краев белого листа (рис. 123).

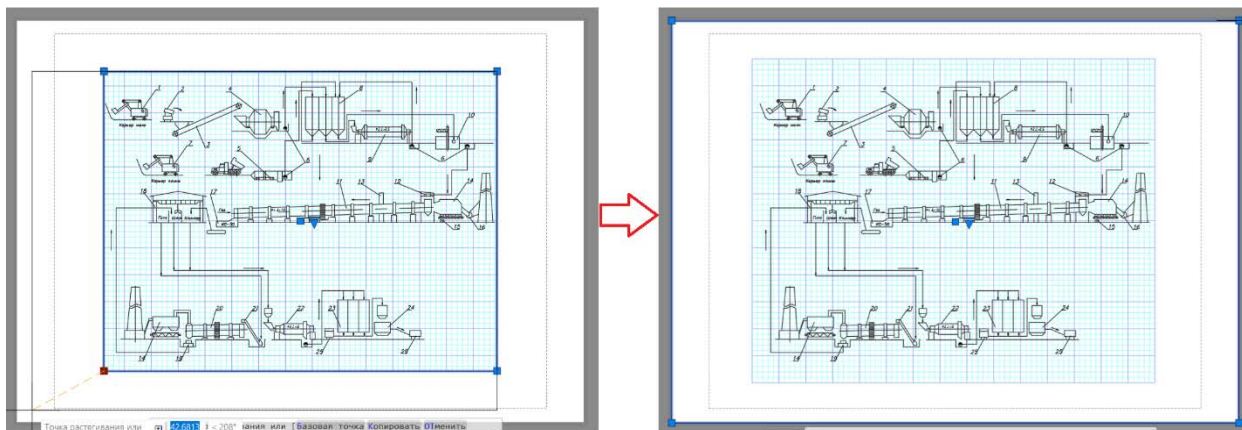


Рис. 123. Операция «растянуть» границу, в которой находятся элементы чертежа

3. «Растянуть» графическое пространство до краев. Этого можно достичь, перейдя в пространство Модель и вернувшись обратно в пространство Лист (рис. 124).

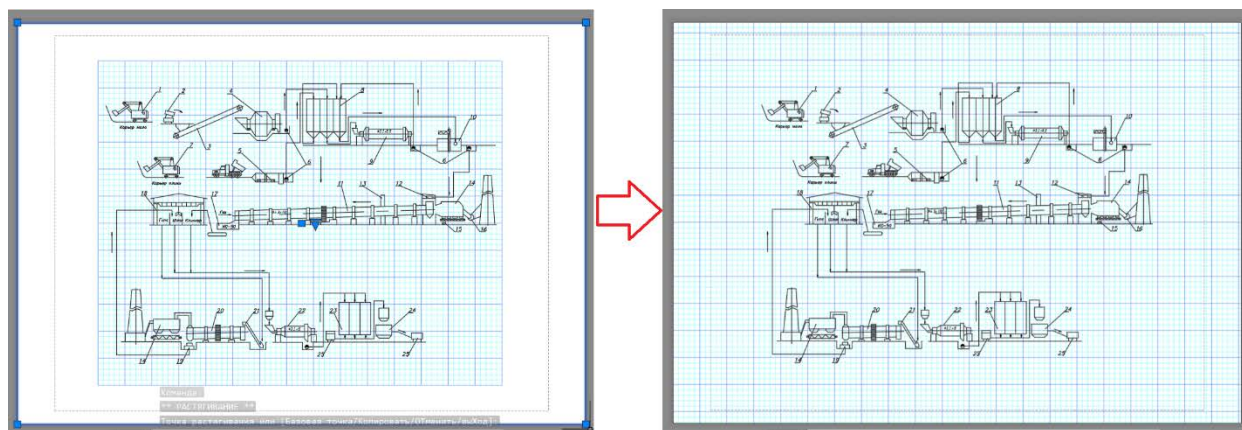


Рис. 124. «Растягивание» графического пространства с чертежом

4. Кликнуть дважды по графическому пространству → появится полужирная рамочка (рис. 125).

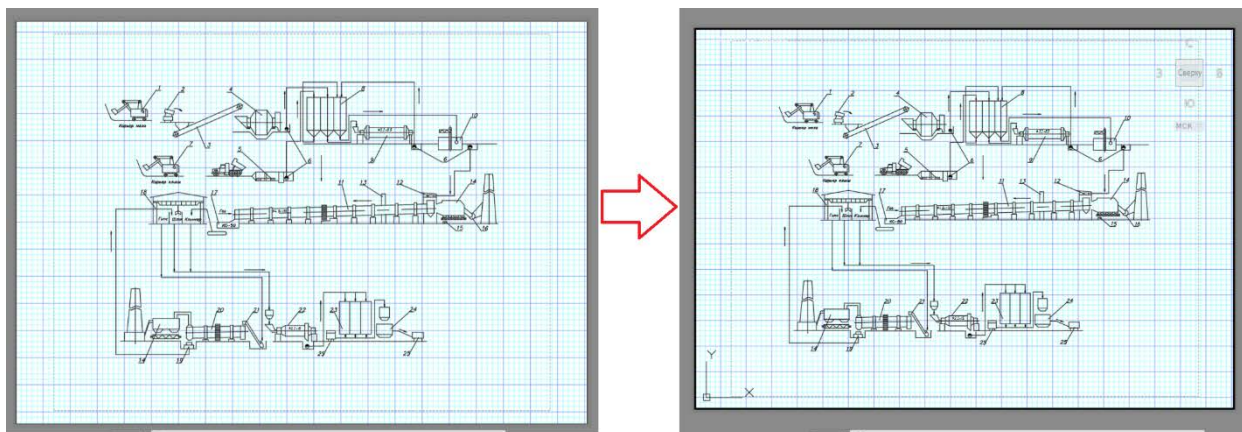


Рис. 125. Выделение графического пространства на Листе

5. Чтобы расположить необходимый для вынесения в рамку объект воспользоваться ПКМ → Панорамирование или Зуммирование (рис. 126).

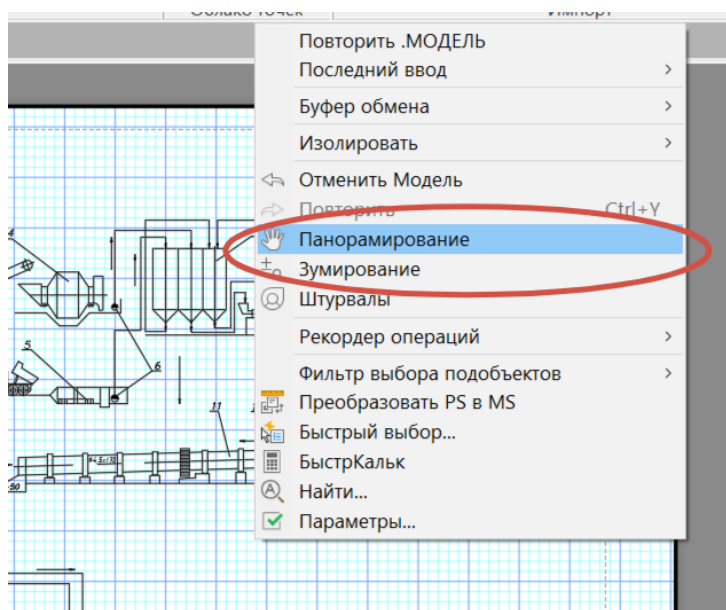


Рис. 126. Панорамирование и Зуммирование объектов в графическом пространстве

6. Дважды кликнуть ЛКМ по внешнему пространству Листа 2, чтобы убрать полужирную рамку от графического пространства.

7. Перейти во вкладку СПДС и вызвать Формат (рис. 127).

8. В результате выполнения действия шага 7 откроется окно Шаблоны листов, в котором можно выбрать необходимый формат, например Шаблон листа. Рабочий чертеж СПДС → Альбомный А4 → Ок (рис. 128). Для того чтобы использовать рамки из СПДС других форматов, сначала следует задать необходимый формат листа на печати (см. п. 4.2).

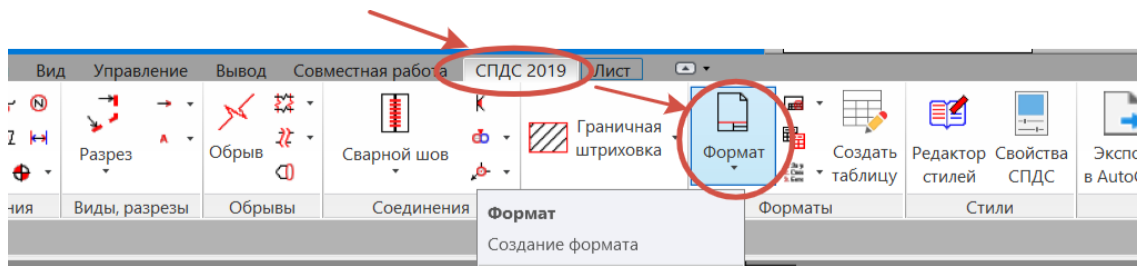


Рис. 127. Вызов команды Формат

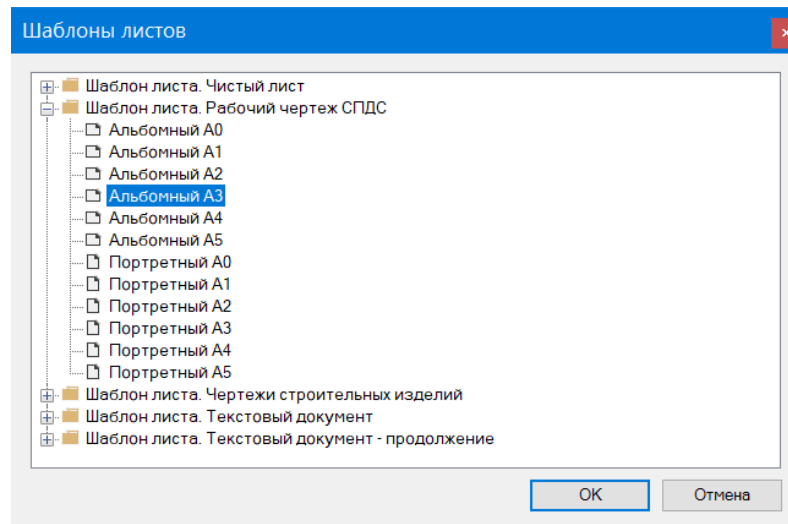


Рис. 128. Выбор необходимого формата в окне Шаблоны листов

9. Далее необходимо указать в качестве точки вставки левый нижний угол.

10. В результате вставится рамка со штампом (рис. 129), который теперь можно заполнять, согласно требованиям ГОСТ 2.104-2006 (см. п. 4.2.2).

Следует отметить, что рамку из СПДС можно вставлять и в пространстве Модель, и в дальнейшем производить печать чертежа без использования пространства Лист. Кроме того, при отсутствии возможности установить СПДС, можно скачать из Интернета готовые рамки со штампами различных форматов (часто выполненные как динамические блоки) или начертить их самостоятельно.

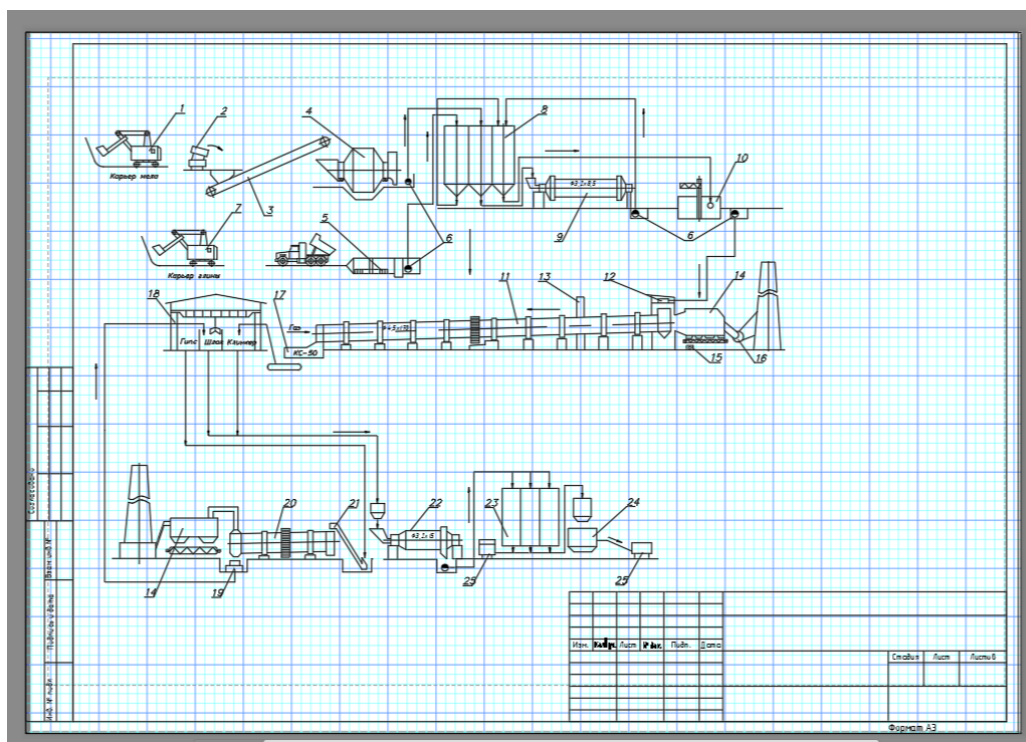


Рис. 129. Результат добавления рамки со штампом

4.3. Вывод чертежа на печать

Для вывода чертежа на печать можно воспользоваться кнопкой (рис. 130) или Меню → Печать.

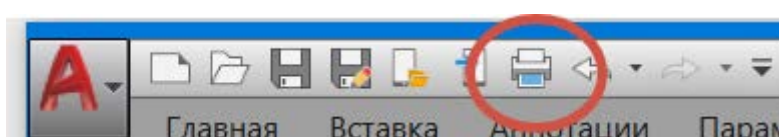


Рис. 130. Кнопка Печать

В результате откроется окно Печать, в котором следует произвести следующие настройки:

1. Выбрать принтер/плоттер. В случае, когда нужно сохранить чертеж в формате .pdf, необходимо выбрать любой из виртуальных принтеров. Наиболее удобно использовать виртуальные принтеры, показанные на рис. 131, поскольку у них самый большой выбор форматов.

2. Выбрать Формат (рис. 132). Следует отметить, что лучше выбирать форматы без полей, чтобы рамка чертежа не отступала от края.

3. Выбрать область печати.

Если требуется распечатать чертеж, оформленный в пространстве Лист, то выбирается одноименная область печати.

Если требуется распечатать чертеж, оформленный в пространстве модели, то следует выбрать Рамка, а затем на графическом пространстве выделить все, что должно попасть на распечатываемый чертеж.

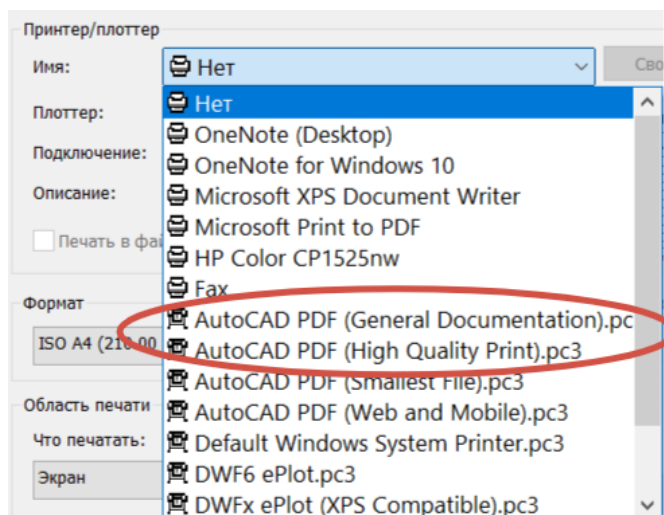


Рис. 131. Виртуальные принтеры, имеющие наибольшее количество форматов

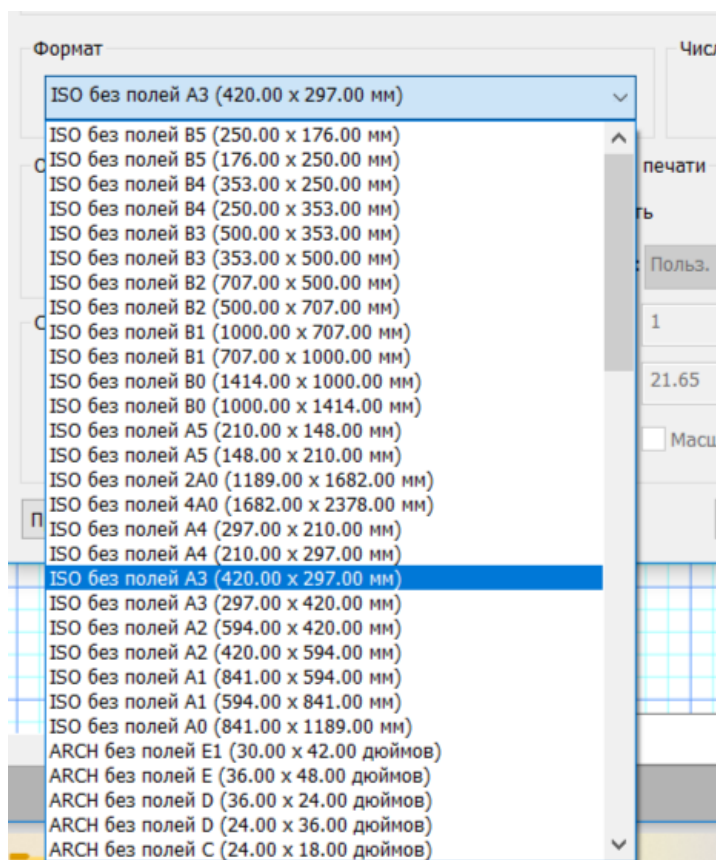


Рис. 132. Выбор формата для печати

В качестве области можно также выбирать Экран, однако данный способ не следует использовать для оформленных в рамки чертежей определенных форматов.

4. Установить флажок Центрировать, в случае, если область печати выбрана с помощью Рамки.

5. Выбрать таблицу стилей печати, например, для печати чертежа только черно-белым цветом, можно выбрать monochrome.ctb.

6. Задать ориентацию чертежа: Книжная или Альбомная.

7. Нажать Ок, для начала печати. Если настройки проводились для того, чтобы применить их к пространству Лист, то следует нажать кнопку Применить к листу.

Пример заполненного окна Печать представлен на рис. 133.

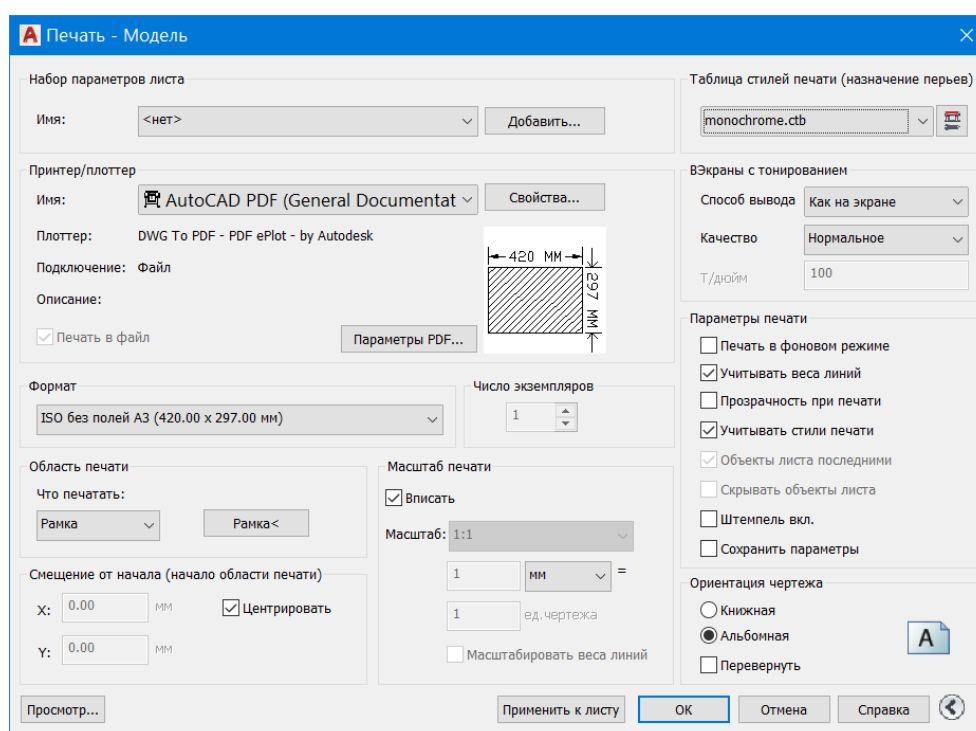


Рис. 133. Пример заполненного окна Печать

Контрольные вопросы

1. Что такое параметризация?
2. Для чего нужно наносить геометрические и размерные зависимости?
3. Какие основные форматы листа существуют, согласно ГОСТ 2.301-68?
4. По какому стандарту заполняется основная надпись?
5. Как используются пространства Модель и Лист?
6. Как производится печать (виртуальная печать) чертежа?

5. СОЗДАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИХ БИБЛИОТЕК

В пункте 2.7 была описана работа с блоками. Довольно удобным может оказаться создание библиотеки или нескольких библиотек, состоящих из блоков, которые объединены по каким-то общим признакам.

Для создания графической библиотеки необходимо выполнить следующие действия.

1. Открыть документ, содержащий блоки, для которых создается библиотека.

2. Вызвать Центр управления. Для этого необходимо вызвать Меню Вид → Палитры → Центр управления (рис. 134). Или горячими клавишами CTRL+2.

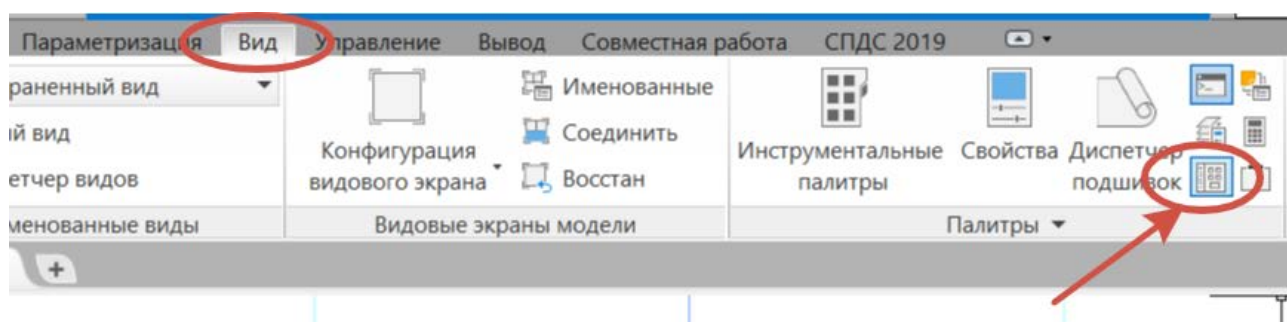


Рис. 134. Вызов Центра управления

3. В появившемся окне в его левой части перейти в раздел Открытые чертежи и выбрать название чертежа с блоками, в котором идет работа (рис. 135). Для этого необходимо щелкнуть по нему ЛКМ.

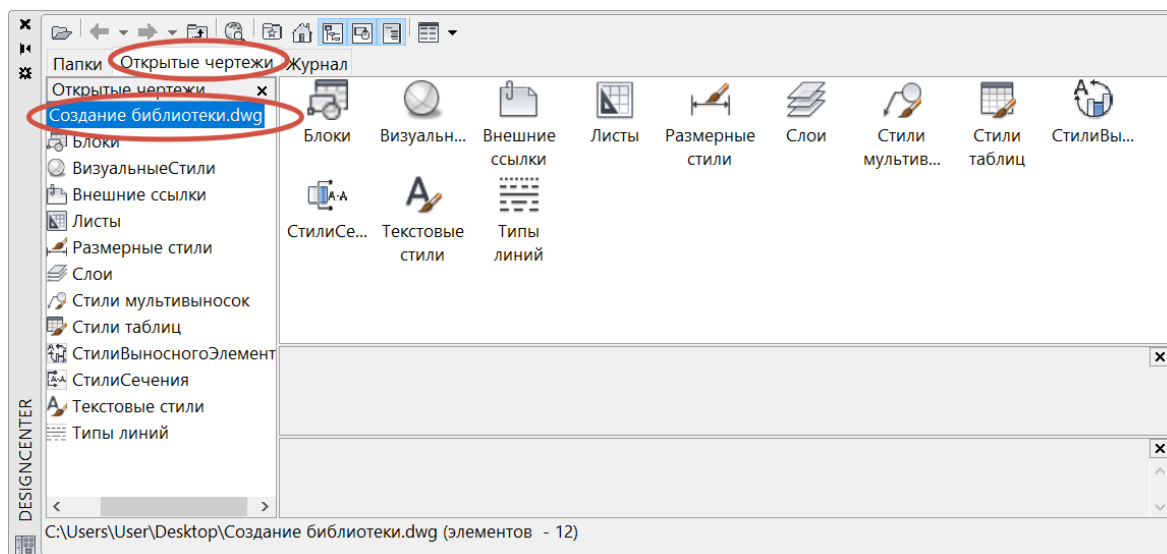


Рис. 135. Окно Центр управления

4. Далее необходимо выбрать пункт Блоки, дважды щелкнув по нему ЛКМ. В результате этого действия в правой части экрана отобразятся все блоки с данного чертежа (рис. 136).

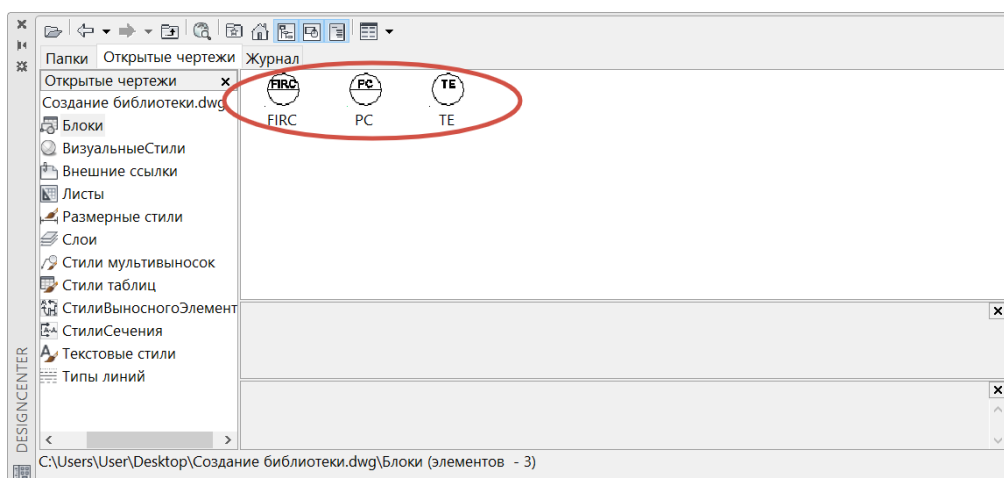


Рис. 136. Отображение блоков с чертежа

5. Далее необходимо выделить все блоки, которые будут добавлены в библиотеку (рис. 137).

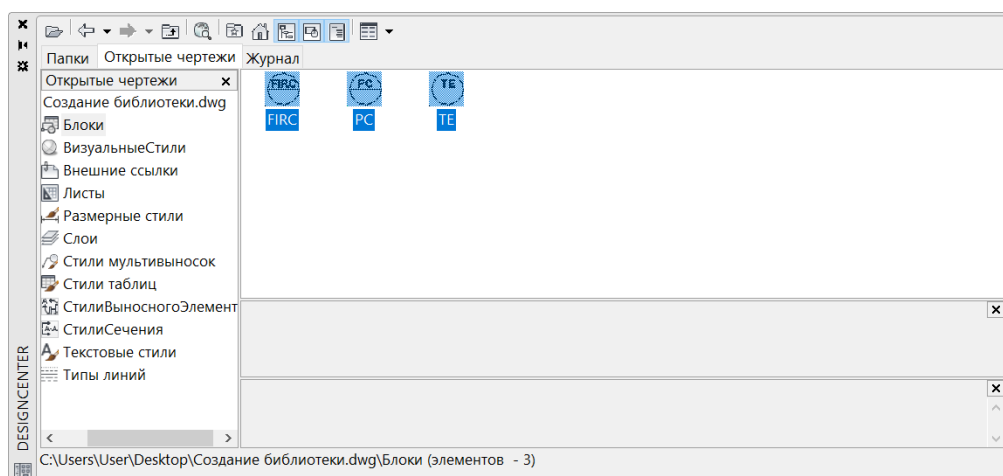


Рис. 137. Выбор блоков, добавляемых в библиотеку

6. После выбора всех необходимых блоков следует щелкнуть по одному (любому) из них ПКМ, и в появившемся меню выбрать Создать инструментальную палитру (рис. 138).

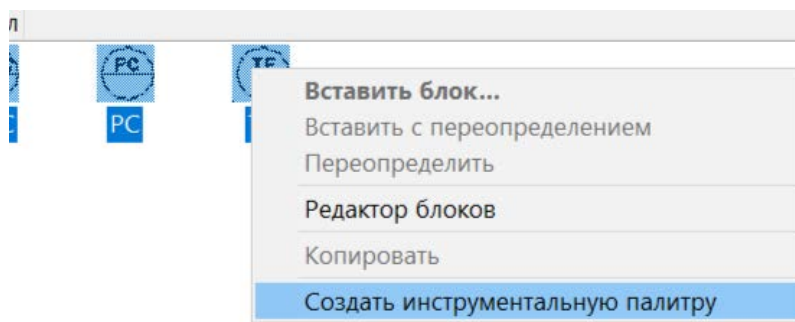


Рис. 138. Создать инструментальную палитру

7. В инструментальной палитре (CTRL+3) создается новая вкладка с добавленными блоками под именем Новая палитра. Чтобы переименовать палитру, необходимо щелкнуть по ней ПКМ и выбрать Переименовать (рис. 139). Аналогичным способом можно переименовывать и сами блоки.

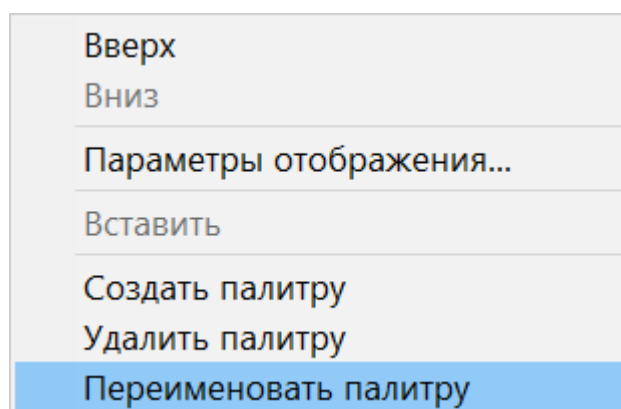


Рис. 139. Переименовать палитру

Результат созданной палитры (Обозначение устройств на ФСА) представлен на рис. 140. Палитры можно также дополнять новыми блоками.

Основным преимуществом созданной графической библиотеки является то, что доступ к ее блокам будет иметься в любом файле, создаваемом на том же компьютере. Эти элементы хранятся непосредственно в системе. *Чтобы быстро вызвать инструментальные палитры, достаточно воспользоваться горячей клавишей Ctrl+3.*

Однако следует помнить, что блоки остаются в том файле, из которого были перемещены на палитру. В AutoCad создаются только ссылки на эти блоки. Поэтому, если *исходный файл с блоками переименовать/удалить/переместить – палитры с этими блоками работать перестанут.*

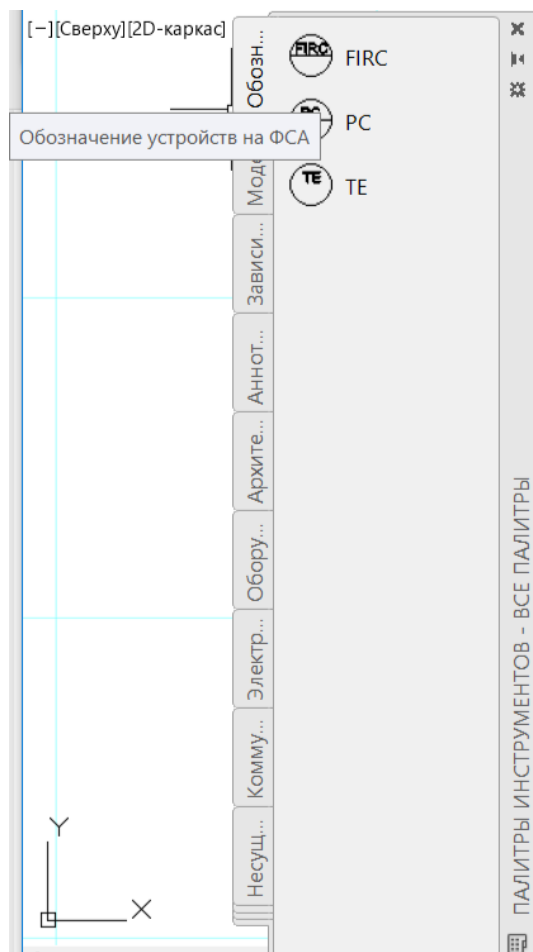


Рис. 140. Созданная палитра Обозначение устройств на ФСА

5.1. Пользовательские библиотеки средств регулирования и элементов трубопроводных систем

Для выполнения технических схем, функциональных схем автоматизации и т. п. часто необходимо наносить на чертеже обозначения средств регулирования и элементов трубопроводных систем, которые должны соответствовать стандартам ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.205-2016 «Система проектной документации для строительства. Условные обозначения элементов трубопроводных систем зданий и сооружений».

Удобным для дальнейших работ по выполнению функциональных схем автоматизации и технических схем является разработка пользовательских библиотек, содержащих элементы из таблиц 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 ГОСТ 21.205-2016 и таблицы 1 ГОСТ 21.208-2013.

5.2. Пользовательские библиотеки изображений СИ и электрических схем

Для выполнения функциональных схем автоматизации и электрических схем необходимо наносить на чертеже обозначения средств измерения и электрических элементов, которые должны соответствовать стандартам ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах» и ГОСТ 21.210-2014 «Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах».

Удобным для дальнейших работ по выполнению функциональных схем автоматизации и электрических схем является разработка пользовательских библиотек, содержащих элементы из приложения Б ГОСТ 21.208-2013 и таблиц из таблиц 4–8 ГОСТ 21.210-2014.

Контрольные вопросы

1. Что такое графическая библиотека?
2. Как создать графическую библиотеку в AutoCad?
3. Комбинацией каких клавиш можно вызвать инструментальные палитры?
4. Можно ли использовать созданную инструментальную палитру в другом чертеже? При каких условиях?

6. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Все практические работы выполняются в AutoCad и сопровождаются текстовым отчетом, который должен включать в себя: титульный лист, содержание, задание, ход выполнения работы (с необходимыми скриншотами), результаты (выводы).

Текст отчета набирается стилем Times New Roman, 14 кегль с междустрочным интервалом 1,5 пт. Выравнивание основного текста – по ширине.

Заголовки структурных элементов располагаются по центру и печатаются полужирным шрифтом.

Все рисунки располагаются по центру, должны иметь подрисовочную подпись, например, «Рис. 1 – Название рисунка» (без кавычек), и ссылки в тексте.

Практическая работа № 1

Создать чертеж в AutoCad с именем «Практическая работа № 1». Изучить рабочее пространство AutoCad. Задать время автосохранения равное 7 минутам. Настроить графическое пространство следующим образом: однотонный фон задать белым цветом, перекрестье – черным, основные линии сетки – синим, промежуточные линии сетки – голубым. Сохранить чертеж в своей папке.

Ответить на контрольные вопросы в конце п. 1.

Практическая работа № 2. Часть 1

Создать чертеж в AutoCad с именем «Практическая работа № 2. Часть 1». Выполнить следующие задания:

1. Создать слои для сплошной тонкой, штриховой и штрихпунктирной линий.
2. Установить размер точки равным 10 мм, а отображение символом +.
3. Начертить вертикальную и горизонтальную прямые.
4. Начертить луч, имеющий начало в точке пересечения двух прямых.
5. Начертить отрезок, используя слой штриховой линии, длиной 50 мм.
6. Построить окружность диаметром 100 мм, используя слой 0.
7. Построить дугу, начало и конец которой совпадают с концами отрезка, а радиус равен 30 мм.
8. Начертить эллипс и эллиптическую дугу штрихпунктирной линией.
9. Начертить прямоугольник со сторонами 10 и 50 мм, а также элементы-прямоугольники, с использованием опций Фаска и Сопряжение.

10. Построить правильный треугольник и правильный шестиугольник.
11. Построить полилинии, представленные на рис. 141.

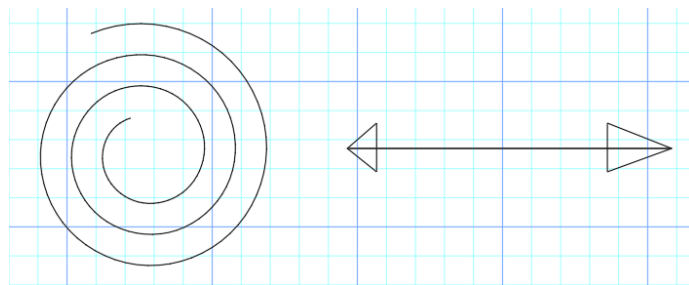


Рис. 141. Полилинии для построения

12. Построить три мультилинии, используя разные слои и разные стили.
13. Построить три разных кольца с различными диаметрами и с отключенной функцией закрашки.
14. Построить два разных облака.
15. Создать две замкнутые кривые с помощью функций Сплайн по управляющим вершинам и Сплайн по определяющим точкам.
16. С помощью команды ФИГУРА построить прямоугольную трапецию с основаниями 100 и 150 мм и высотой 60 мм.
17. С помощью команд общего редактирования изобразить персонажа из мультфильма или животное.
18. Сохранить чертеж в своей папке.

Практическая работа № 2. Часть 2

Создать чертеж с названием «Практическая работа № 2. Часть 2» и решить следующие задачи:

1. Начертить равнобедренную трапецию с основаниями 33 и 77 мм и боковой стороной 55 мм.
2. Построить пластину, представленной на рис. 142 а.
3. Построить пластину, представленную на рис. 142 б.
4. Построить пластину, представленную на рис. 142 в.
5. Построить изображение, представленное на рис. 142 г.
6. Построить изображение, представленное на рис. 142 д.
7. Построить изображение, представленное на рис. 142 е.
8. Построить изображение, представленное на рис. 143 а.
9. Построить изображение, представленное на рис. 143 б.
10. Построить изображение, представленное на рис. 144 а. Дуги имеют радиус 60 мм.

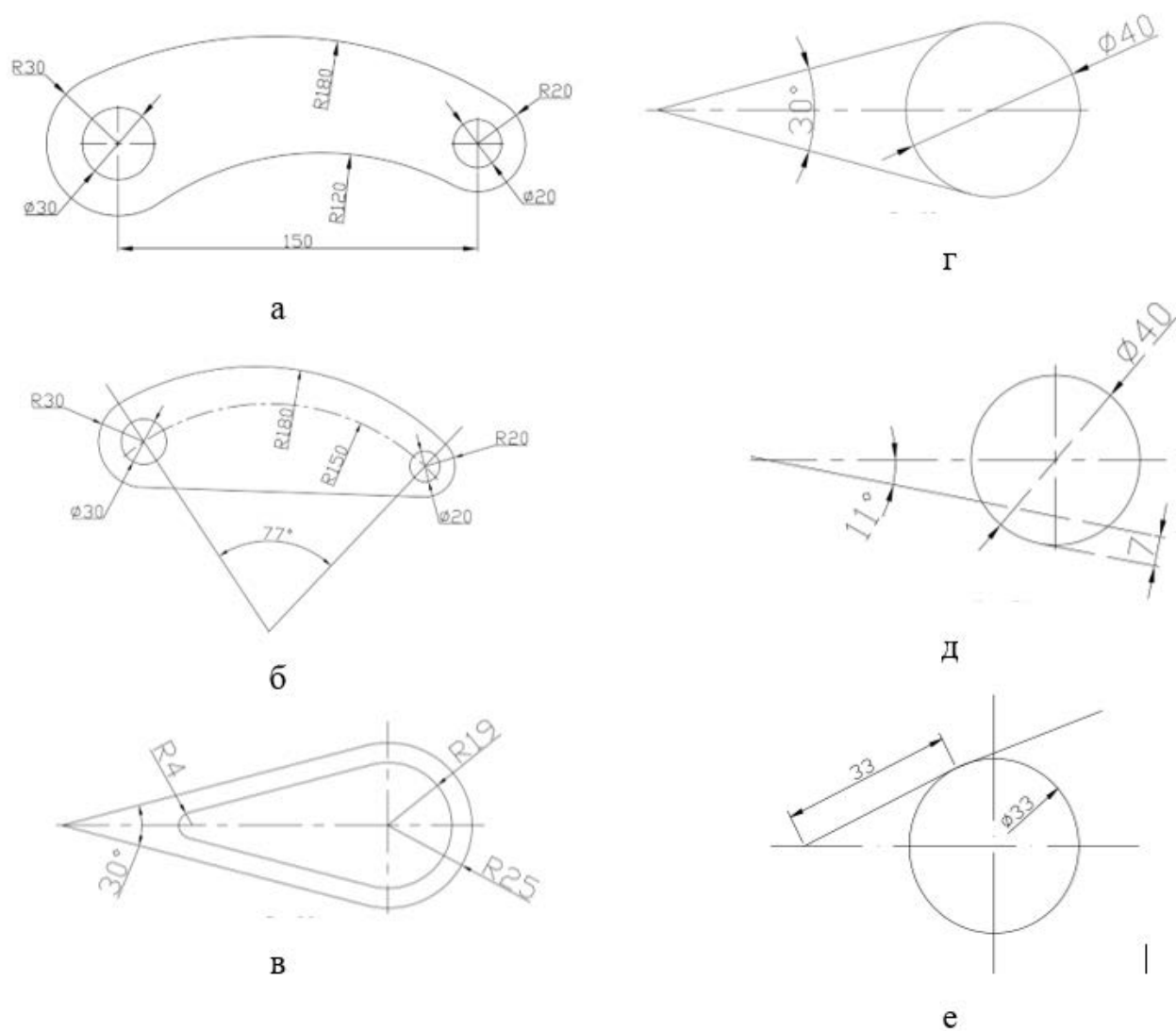


Рис. 142. Изображения для выполнения заданий практической работы № 2 части 2 [17]

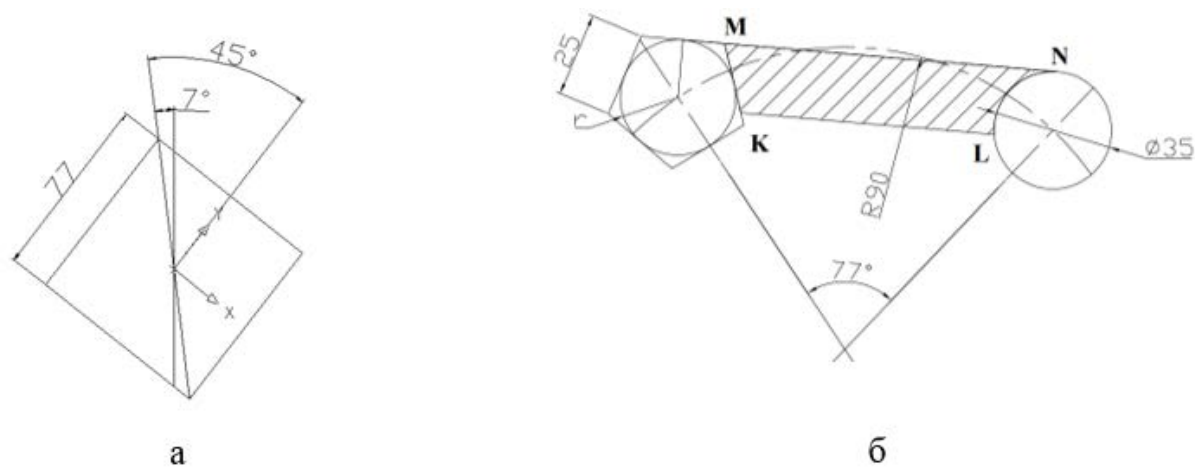


Рис. 143. Изображения для выполнения заданий практической работы № 2 части 2 [17]

11. Построить изображение, представленное на рис. 144 б.
12. Построить изображение, представленное на рис. 144 в.
13. Построить изображение, представленное на рис. 144 г.
14. Построить с помощью Массива область, показанную на рис. 145.
15. Сохранить чертеж в своей папке.

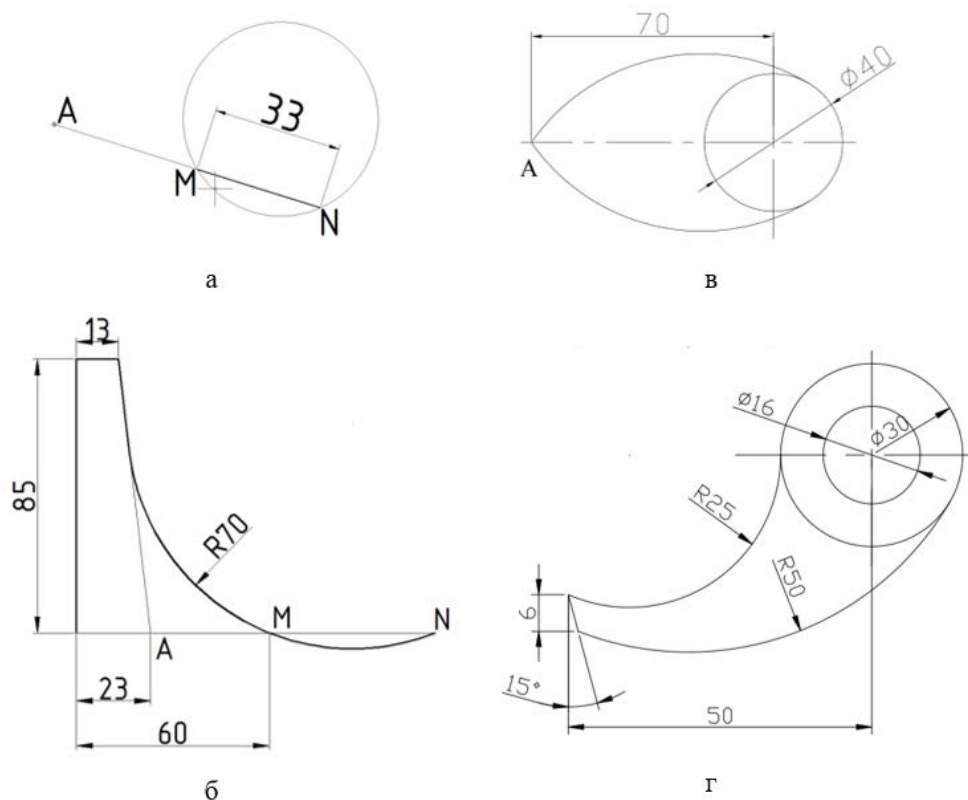


Рис. 144. Изображения для выполнения заданий практической работы № 2 части 2 [17]

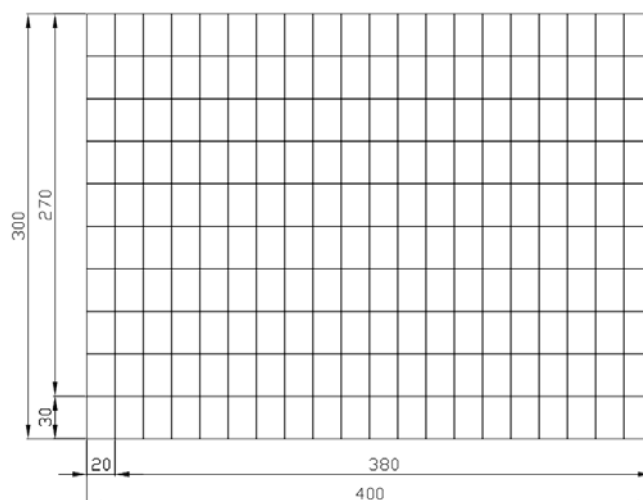


Рис. 145. Изображение для выполнения задания практической работы № 2 части 2 [17]

Практическая работа № 2. Часть 3

Создать чертеж с названием «Практическая работа № 2. Часть 3» и решить следующие задачи:

1. Построить треугольник с координатами вершин в мировой системе координат: А (0, 0), В (50, 70), С (100, 0).
2. Построить треугольник с координатами вершин в полярной системе координат: А ($30 < -130$), В ($30 < 110$), С ($40 < -10$).
3. Нарисовать на графическом пространстве домик, используя последовательно инструмент Отрезок и задавая в декартовой системе относительные координаты точек. В качестве ответа в отчете предоставить рисунок домика и последовательность из относительных координат.
4. Сохранить чертеж в своей папке.

Практическая работа № 2. Часть 4

Создать чертеж с названием «Практическая работа № 2. Часть 4» и решить следующие задачи:

1. Создать статический блок, изображающий бак, заполненный жидкостью.
2. Изменить созданный в задании 1 блок, сделав его динамическим. С помощью параметра Точечный и операции Перемещение сделать так, чтобы уровень жидкости в баке можно было изменять. С помощью параметров Линейный и операций Растянуть сделать возможным увеличении ширины и высоты бака. С помощью параметра Поворот и операции Повернуть создать возможность вращения бака на 90° .
3. Сохранить чертеж в своей папке.

Практическая работа № 3

Создать чертеж с названием «Практическая работа № 3» и решить следующие задачи:

1. С помощью инструмента Многострочный текст создать надпись Компьютерная график систем автоматизации, как показано на рис. 146.
2. Скопировать и вставить в текущий чертеж из чертежа «Практическая работа № 2. Часть 2» изображение задания 13 и проставить размеры, как на рис. 144 г.
3. Сохранить чертеж в своей папке.

Рис. 146. Изображение для выполнения задания практической работы № 2 части 4

Практическая работа № 4. Часть 1

Создать чертеж с названием «Практическая работа № 4. Часть 1» и выполнить следующие задания:

1. Перенести в AutoCad чертеж гайки (рис. 147).

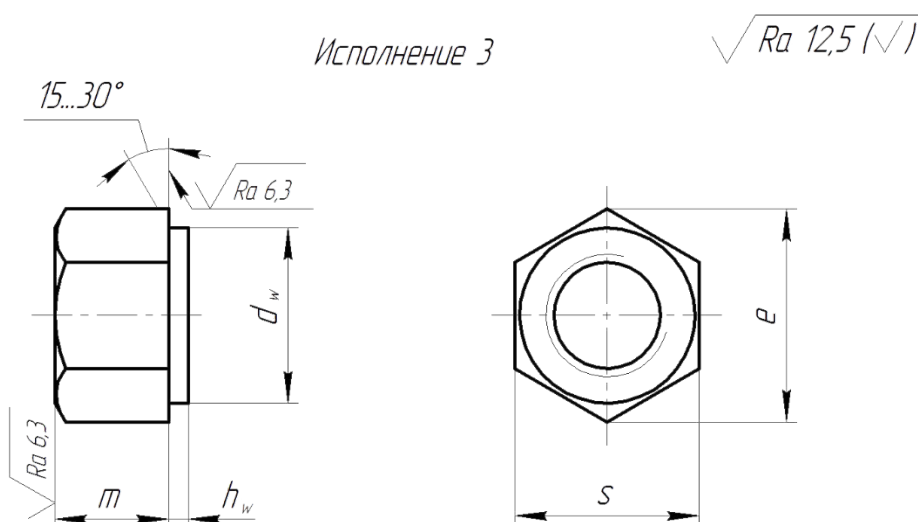


Рис. 147. Изображение гайки: вид сбоку и вид сверху

2. Нанести геометрические и размерные зависимости, чтобы при растяжении одного из элементов, чертеж изменял только свои размеры, но оставался единым целым.

3. Сохранить чертеж в своей папке.

Практическая работа № 4. Часть 2

Создать чертеж с названием «Практическая работа № 4. Часть 2» и выполнить следующие задания:

1. Создать динамический блок рамки чертежа со штампом (основной надписью) по Форме 2, который можно будет использовать для форматов А4, А3, А2 (вертикальных и горизонтальных). Предусмотреть возможность заполнения основной надписи через диалоговое окно (с помощью атрибутов блока).

2. Сохранить в формате .pdf с помощью виртуального принтера рамки со штампами в форматах А4 – вертикальный, А3 – горизонтальный.

3. Сохранить чертеж в своей папке.

Практическая работа № 5

Создать чертеж с названием «Практическая работа № 5» и выполнить следующие задания:

1. Создать библиотеки элементов из таблиц 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12 ГОСТ 21.205-2016 «Система проектной документации для строительства. Условные обозначения элементов трубопроводных систем зданий и сооружений».

2. Создать библиотеки элементов из таблицы 1 и приложения Б ГОСТ 21.208-2013 «Система проектной документации для строительства. Автоматизация технологических процессов. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах».

3. Создать библиотеки элементов из таблиц 4–8 ГОСТ 21.210-2014 «Система проектной документации для строительства. Условные графические изображения электрооборудования и проводок на планах».

4. Сохранить чертеж в своей папке.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. AUTODESK Revit 2023 – Видовой куб. – URL: <https://help.autodesk.com/view/RVT/2023/RUS/?guid=GUID-0A65EBFF-0436-4D50-8025-A6B19139AD14> (дата обращения 20.01.2023). – Текст : электронный.
2. AUTODESK CIVIL 3D 2023 – Об аниматоре движения. – URL: <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2023/RUS/?guid=GUID-E1000119-5D34-4115-8351-22E78F8E7753> (дата обращения 20.01.2023). – Текст : электронный.
3. AUTODESK AUTOCAD 2022 – Строка состояния. – URL: <https://help.autodesk.com/view/ACDLT/2022/RUS/?guid=GUID-C5C9380F-5469-4858-B306-B1BFFC19C0A9> (дата обращения 20.01.2023). – Текст : электронный.
4. ГОСТ 2.303-68 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Линии (с Изменениями N 1, 2, 3) [Текст]. – Введ. 1971–01–01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 6 с.: ил. – Текст : непосредственный.
5. ГОСТ 21.408-2013 Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации автоматизации технологических процессов [Текст]. – Введ. 2014–01–11. – М. : Стандартинформ, 2020. – 39 с.: ил. – Текст : непосредственный.
6. POINT – Как работать со слоями в AutoCAD. – URL: <https://www.pointcad.ru/novosti/kak-rabotat-so-sloyami-v-avtokade> (дата обращения 15.02.2023). – Текст : электронный.
7. AMS³ – Что такое слой в Автокад? – URL: <https://autocad-specialist.ru/video-uroki-autocad/ponyatie-sloi-v-autocad-i-rabota-s-nimi.html> (дата обращения 19.02.2023). – Текст : электронный.
8. AMS³ – Операции над слоями AutoCAD: выключение, заморозка, блокировка. – URL: <https://autocad-specialist.ru/video-uroki-autocad/operatsii-nad-sloyami-autocad-vkl-vykl-zamorozit-blokirovat.html> (Дата обращения 19.02.2023). – Текст : электронный.
9. Шангина, Е. И. Компьютерная графика: Учебное пособие / Е. И. Шангина. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2006. – 189 с.: ил. – Текст : непосредственный.
10. Портал о черчении – Блоки в Автокад, как создать (сделать) статический блок. – URL: <https://drawing-portal.com/blocks-in-AutoCAD/static-block-creation.html> (дата обращения 25.03.2023). – Текст : электронный.
11. AUTODESK AUTOCAD 2020 – Добавление параметров в динамические блоки. – URL: <https://help.autodesk.com/view/ACD/2020/ENU/?guid=GUID-3EE54831-7AFB-4464-BB89-D9E3CB9D4591> (дата обращения 30.04.2023). – Текст : электронный.
12. Википедия – Чертежный шрифт. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Чертёжный_шрифт (дата обращения 10.05.2023). – Текст : электронный.
13. ГОСТ 2.307-2011 Единая система конструкторской документации. Нанесение размеров и предельных отклонений. – Введ. 2012–01–01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 27 с.: ил. – Текст : непосредственный.

14. ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы. – Введ. 1971-01-01. – М. : Стандартинформ, 2020. – 2 с.: ил. – Текст : непосредственный.
15. ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи. – Введ. 2006-09-01. – М. : Стандартинформ, 2007. – 14 с.: ил. – Текст : непосредственный.
16. Зиновьев, Д. В. Правила оформления чертежей: учебник / Д. В. Зиновьев. – URL: https://autocad-lessons.com/pdf_pravila.pdf (Дата обращения 11.07.2023). – Текст : электронный.
17. Плясунов, Н. В. AutoCAD в примерах и задачах: учеб. пособие / Н. В. Плясунов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 535 с. – Текст : непосредственный.

Учебное издание

**Новикова Мария Андреевна
Ковалёв Дмитрий Александрович**

Компьютерная графика систем автоматизации

Практикум

Редактор и корректор А. А. Чернышева
Техн. редактор Д. А. Романова

Темплан 2023 г., поз. 5025/23

Подписано к печати 18.10.2023.	Формат 60х84/16.	Бумага тип № 1.
Печать офсетная.	Печ.л. 6,2.	Уч.-изд. л. 6,2.
Тираж 30 экз. (1 завод)	Изд. № 5025/23.	Цена «С». Заказ №

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД,
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.