



Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Технология машиностроения»

В. С. Мурашко

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В САПР

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности**

**1-53 01 01 «Автоматизация технологических
процессов и производств (по направлениям)»
дневной формы обучения**

Гомель 2021

УДК 681.512.011.56(075.8)
ББК 30.2-5-05я73
М91

*Рекомендовано научно-методическим советом
машиностроительного факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 4 от 06.04.2020 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Информационные технологии» ГГТУ им. П. О. Сухого
канд. техн. наук, доц. *Т. А. Трохова*

- Мурашко, В. С.**
М91 Информационные системы в САПР : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» днев. формы обучения / В. С. Мурашко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – 162 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Практикум по выполнению лабораторных работ содержит варианты заданий и методические указания к девяти лабораторным работам.

Для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» дневной формы обучения.

УДК 681.512.011.56(075.8)
ББК 30.2-5-05я73

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

Содержание

| | |
|---|-----|
| Введение..... | 4 |
| Лабораторная работа № 1 «Создания рабочей среды в AUTOCAD. Создание формата листа чертежа, основной надписи и дополнительных граф к основной надписи» | 5 |
| Лабораторная работа № 2 «Создание динамического блока детали «Вал», атрибутов, извлечения данных» | 37 |
| Лабораторная работа № 3 «Создание параметрического блока детали «Вал». Связь таблиц AutoCAD с таблицами Excel» | 50 |
| Лабораторная работа № 4 «Формирование чертежей с использованием трехмерного моделирования» | 66 |
| Лабораторная работа № 5 «Основные приемы работы в VisualLISP» | 82 |
| Лабораторная работа № 6 «Создание параметрических чертежей в AutoLISP»..... | 102 |
| Лабораторная работа № 7 «Основные приемы работы с базой данных СУБД MS Access»..... | 111 |
| Лабораторная работа № 8 «Решение многокритериальных задач оптимизации на ЭВМ»..... | 141 |
| Лабораторная работа № 9 «Методы принятия решений при многих критериях. Метод ЭЛЕКТРА»..... | 147 |
| Литература | 162 |

Введение

Прогресс науки и техники, потребности общества в новых промышленных изделиях обуславливают необходимость выполнения проектных работ большого объема. Требования к качеству проектов и срокам их выполнения становятся все более жесткими по мере увеличения сложности проектируемых объектов и повышения ответственности выполняемых ими функций. Удовлетворить эти требования с помощью простого увеличения численности конструкторов и технологов нельзя, так как возможность параллельного проведения проектных работ ограничена и численность инженерно-технических работников в проектных организациях страны не может быть существенно увеличена.

Решение этой проблемы возможно только на основе широкого применения систем автоматизированного проектирования (САПР). Однако широкое внедрения САПР и их дальнейшее развитие сдерживается недостатком кадров конструкторов и технологов, имеющих соответствующие знания для запуска и эффективного использования систем на практике. Современные технологические САПР базируются на информационных системах, использующих в основе банки данных.

Настоящий практикум по выполнению лабораторных работ предназначен для студентов специальности 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» и соответствует программе курса «Информационные системы в САПР»

В настоящем практикуме представлен теоретический и практический материал необходимый для формирования у студентов навыков создания и использования банков данных и оптимизационных моделей различных технических объектов, параметрических моделей на основе информационных технологий.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1 «СОЗДАНИЯ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ В AUTOCAD. СОЗДАНИЕ ФОРМАТА ЛИСТА ЧЕРТЕЖА, ОСНОВНОЙ НАДПИСИ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ГРАФ К ОСНОВНОЙ НАДПИСИ»

Цель работы. Освоить основные навыки создание шаблона рисунка (файла *.dwt). Приобрести навыки создания формата листа чертежа, основной и дополнительных граф к основной надписи.

Постановка задачи

Часть 1

Создать четыре файла шаблона рисунка для форматов листа А4, А3, А2, А1.

Часть 2

1. Создать формат листа чертежа А4, основной и дополнительных граф к основной надписи.
2. Изучить графические примитивы: *Отрезок, Прямоугольник, Текст.*
3. Изучить команды редактирования *Подобие, Обрезать, Разорвать, Расчлнить.*
4. Изучить работу с блоками и атрибутами.
5. Вывод чертежей на печать (на принтер)

Порядок выполнения работы

Часть 1

Начало работы с графическим редактором

Запустить программу AutoCAD (рисунок 1.1).

Для создания нового чертежа нажать на вкладку «+» (рисунок 1.2).

Команда: (Command:).

Графический редактор готов к работе.

Чтобы изменить цвет фона на вкладке «Модель», необходимо, например, нажать на обозреватель меню , выбрать кнопку

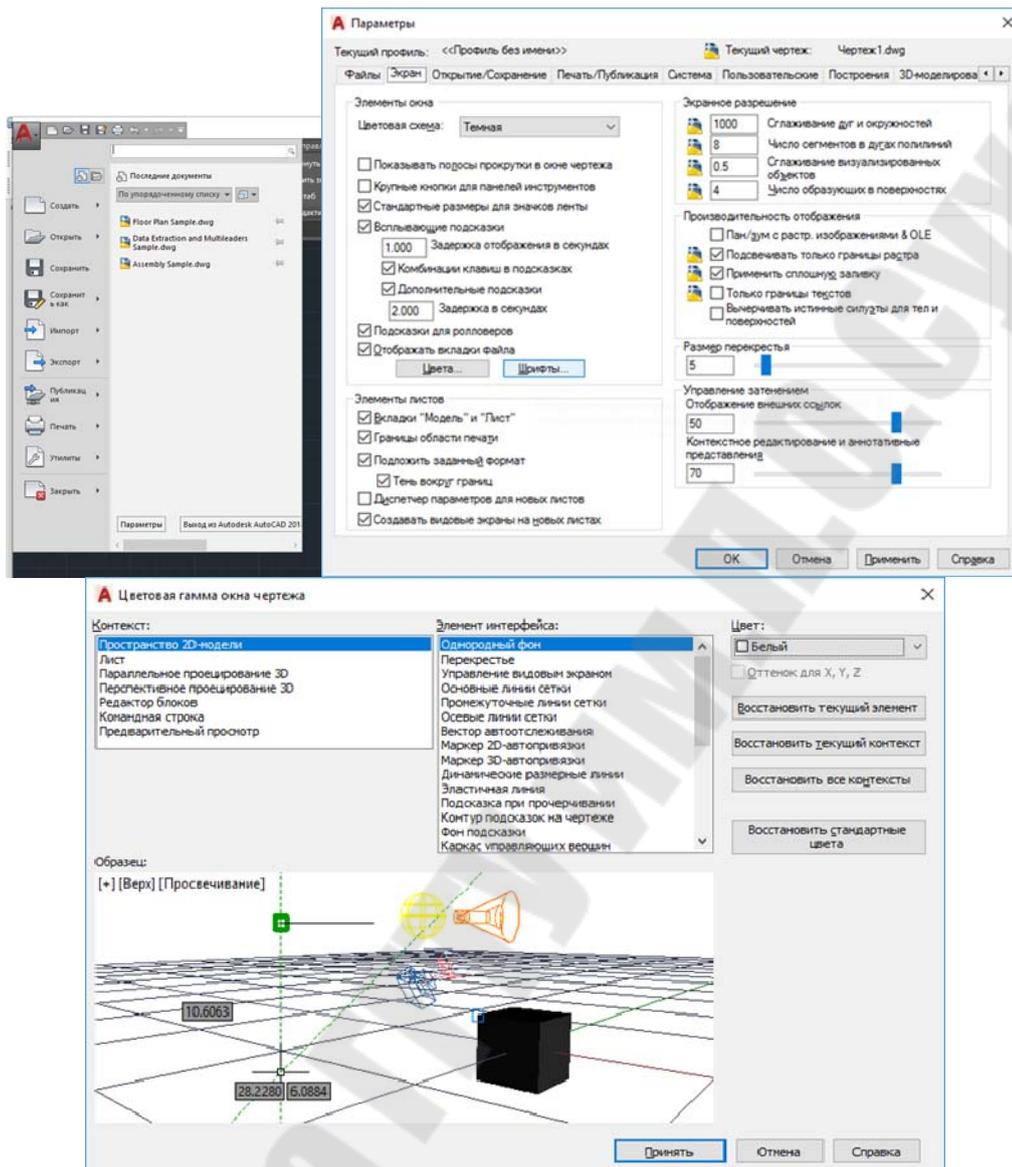


Рисунок 1.3 – Изменение цвета пространства 2D модели

Для установки нужного рабочего пространства в строке состояния нажать на кнопку .

Для добавления/исключения в строке состояния кнопок необходимо нажать на кнопку  адаптация

Создание рабочей среды

Возможная последовательность действий пользователя при подготовке рабочей среды. Ниже будут указаны команды (выделены жирным шрифтом), которые набираются в командной строке.

1. **Выбрать формат представления числовых значений координат точек, линейных и угловых величин – Единицы.**

Необходимо в диалоговом окне «Единицы рисунка» задать привычный для пользователя формат представления единиц измерения линейных величин (**десятичный**) с точностью до одной сотой (**0,00**), формат представления единиц измерения угловых величин (**десятичный**) с точностью до единицы (**0**), выбрать ось начала отсчета угловых величин, указать положительное направление отсчета угловых величин (**против часовой стрелки**) (см. рисунок 1.4)

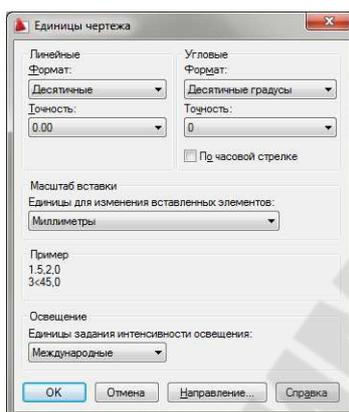


Рисунок 1.4 – Единицы чертежа

2. Установить границы чертежа, где
- A4 -210x297 мм;
 - A3-420x297мм;
 - A2- 420x594 мм; 594x420 мм
 - A1-841x594 мм; 594 x841 –Лимиты

Для формата A4 необходимо задать прямоугольник шириной 210 мм и высотой 297 мм, указав координаты его противоположных вершин.

Вводимые данные:

0,0 – координаты левого нижнего угла чертежа, затем нажать клавишу <Enter>;

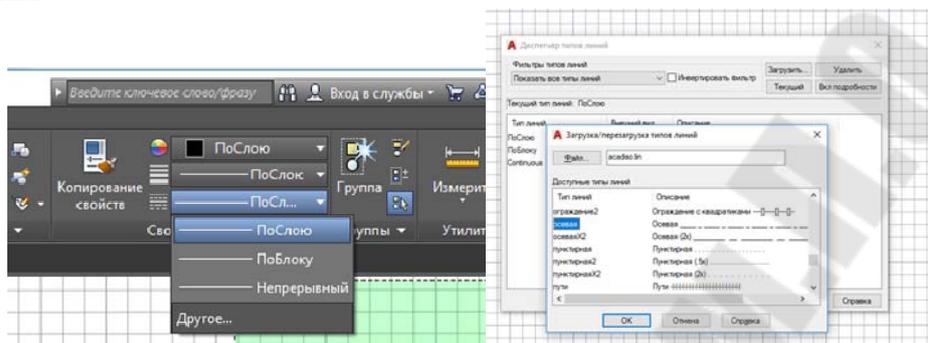
210,297 – координаты правого верхнего угла чертежа, затем нажать клавишу <Enter>.

Примечание. В угловых скобках <..> указываются параметры по умолчанию и, если они устраивают, то достаточно нажать клавишу <Enter>.

3. Загрузка необходимых типов линий - Типлини

По умолчанию в программе AutoCAD загружен единственный тип линий – *CONTINUOUS* (сплошные). При выполнении чертежей

необходимы штриховые линии *Невидимая2 (DASHED2)* – для вычерчивания линий невидимого контура, а также штрих-пунктирные линии *Осевая2(CENTER2)* – для вычерчивания осевых и центровых линий. Эти типы линий выбирают в диалоговом окне «Диспетчер типов линий», которое открывается командой **Типлин**. В этом окне щелкните по кнопке «Загрузить» – откроется диалоговое окно «Загрузка/перезагрузка типов линий», затем выбрать указанные типы линий.



4. Ввести масштабный коэффициент, устанавливающий длину штрихов и промежутков в штриховых и штрих-пунктирных линиях. Ввести команду **Типлин**. В диалоговом окне «Диспетчер типов линий» нажать кнопку «Вкл подробности»; ввести глобальный масштаб – 0.5(см. рисунок 1.5).

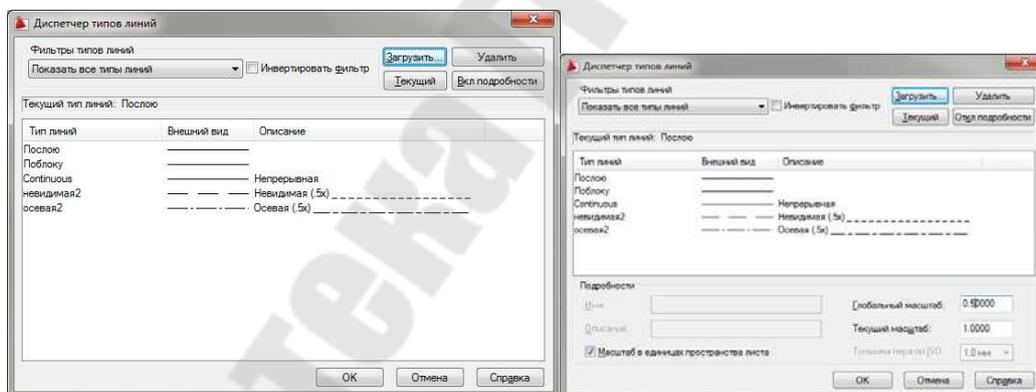
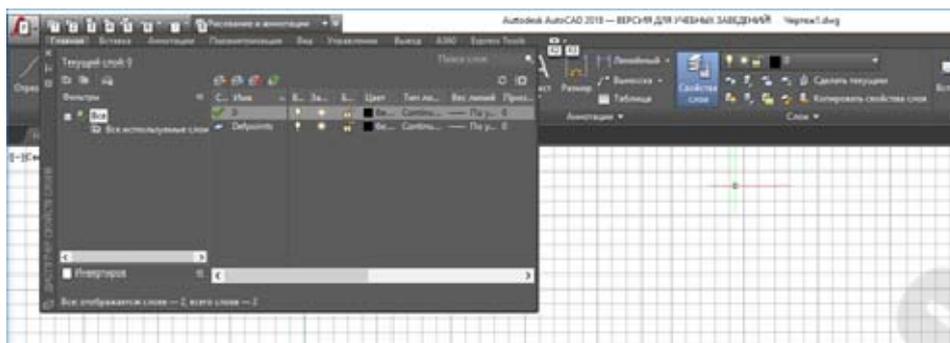


Рисунок 1.5 – Диспетчер типов линий

5. Создать необходимые слои.



- пиктограмма или команда **Слой**



По умолчанию рабочая среда содержит только один слой под именем 0 с предварительно настроенными параметрами. Этот слой является родительским для всех создаваемых пользователем слоев.

Например, для создаваемой рабочей среды можно назначить следующие имена слоев и связанных с ними параметров (см таблицу 1.1 и рисунок 1.6).

Таблица 1.1 – Возможные слои рабочей среды

| Имя слоя | Назначение слоя | Цвет | Тип линии | Толщина | Вывод на печать |
|-----------------|--|-------------|-----------------------|----------------|------------------------|
| Оси | <i>Вычерчивание осевых линий</i> | Красный | Осевая2 | По умолчанию | да |
| Основной | <i>Вычерчивание основных линий контура</i> | Синий | Continuous (сплошная) | 0.70 мм | да |
| Размеры | <i>Нанесение размерных линий</i> | Черный | Continuous | По умолчанию | да |
| Текст | <i>Нанесение текстов</i> | Черный | Continuous | По умолчанию | да |
| Штриховка | <i>Выполнение штриховок</i> | Черный | Continuous | По умолчанию | да |
| Вспомогательный | <i>Выполнение вспомогательных построений</i> | Фиолетовый | Continuous | По умолчанию | нет |

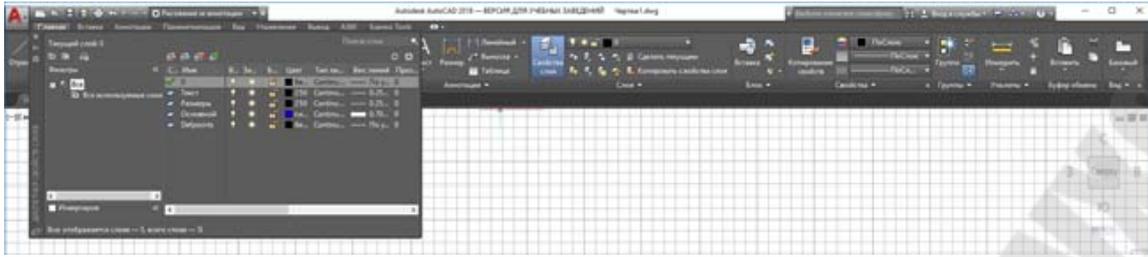
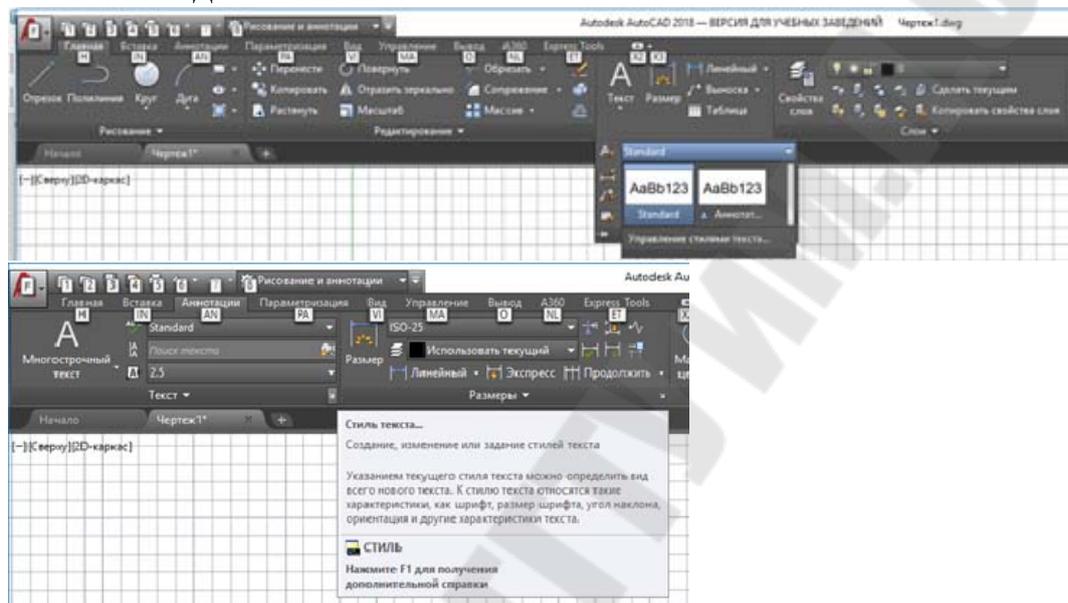


Рисунок 1.6 – Свойства слоев

6. Создать необходимые текстовые стили

Команда –Стиль



Возможны два подхода:

- создать набор текстовых стилей согласно ГОСТ 2.304-81 с фиксированной высотой прописных букв;
- создать текстовый стиль согласно ГОСТ 2.304-81, высота букв которого определяется каждый раз при обращении к команде **ТЕКСТ** (**_TEXT**) см рисунок 1.7.

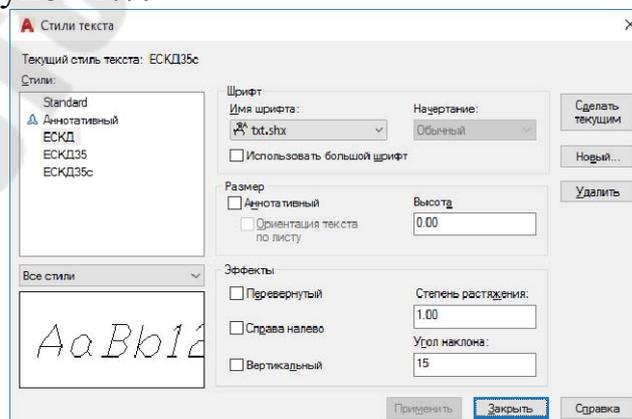


Рисунок 1.7 – Диалоговое окно «Текстовые стили»

В связи с тем, что в комплект поставки AutoCAD не входят файлы шрифтов, соответствующих ГОСТ 2.304-81, то *рекомендуется* при выполнении чертежей использовать шрифт txt.shx (в зависимости от версии AutoCAD можно подобрать другой шрифт, например, simplex.shx).

Покажем примеры создание текстовых стилей.

Команда **Формат/Текстовые стили...**

- нажать кнопку «Новый...» и ввести имя текстового стиля – **A35**;
- выбрать в раскрывающемся списке «Шрифт» имя файла шрифта – **txt.shx** (simplex.shx),
- установить в поле ввода «Высота» высоту прописной буквы – **3.5** мм;
- установить в поле ввода «Степень растяжения» коэффициент сжатия буквы – **1**;
- установить в поле ввода «Угол наклона» угол наклона буквы относительно вертикального положения – **15°**;
- последовательно нажать кнопки «Применить» и «Заккрыть».

Команда **Формат/Текстовые стили...**

- нажать кнопку «Новый...» и ввести имя текстового стиля – **ЕСКД**;
- выбрать в раскрывающемся списке «Шрифт» имя файла шрифта – **txt.shx** (simplex.shx),
- установить в поле ввода «Высота» высоту прописной буквы – **0**мм;
- установить в поле ввода «Степень растяжения» коэффициент сжатия буквы – **1** ;
- установить в поле ввода «Угол наклона» угол наклона буквы относительно вертикального положения – **15°**;
- последовательно нажать кнопки «Применить» и «Заккрыть».

7. Создать размерный стиль (установить необходимые значения системных переменных режима нанесения размеров).

_dimstyle

Настройка размерных переменных обычно осуществляется с помощью диалогового окна «Диспетчер размерных стилей» (см. рисунок 1.8).

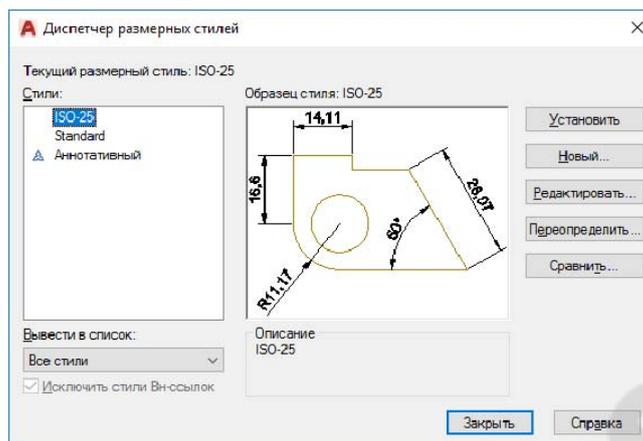


Рисунок 1.8 – Диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей»

Возможная последовательность действий пользователя при создании, нового размерного стиля с именем **ЕСКД** приведена ниже:

- нажать кнопку «Новый»;
- ввести имя создаваемого размерного стиля - **ЕСКД** в поле ввода «Имя нового размерного стиля»;
- выбрать исходный размерный стиль - *ISO-25* в раскрывающемся списке «На основе»;
- выбрать пункт *Все размеры* в раскрывающемся списке «Размеры» (предполагаем, что настройки действительны для всех типов размеров создаваемого стиля);
- нажать кнопку «Далее», чтобы перейти в режим настройки характеристик нового стиля.

Изменим значения переменных на вкладке «Линии» см рисунок 1.9:

- выбрать пункт «Послою» в раскрывающемся списке «Цвет» на панели «Размерные линии»;
- выбрать пункт «Послою» в раскрывающемся списке «Вес линий» на панели «Размерные линии»;
- установить в поле ввода «Шаг в базовых размерах» на панели «Размерные линии» значение **10**;
- выбрать пункт «Послою» в раскрывающемся списке «Цвет» на панели «Выносные линии»;
- выбрать пункт «Послою» в раскрывающемся списке «Вес линий» на панели «Выносные линии»;
- установить в поле ввода «Удлинение за размерные» на панели «Выносные линии» значение **3.5**;

- установить в поле ввода «Отступ от объекта» на панели «Выносные линии» значение 0.

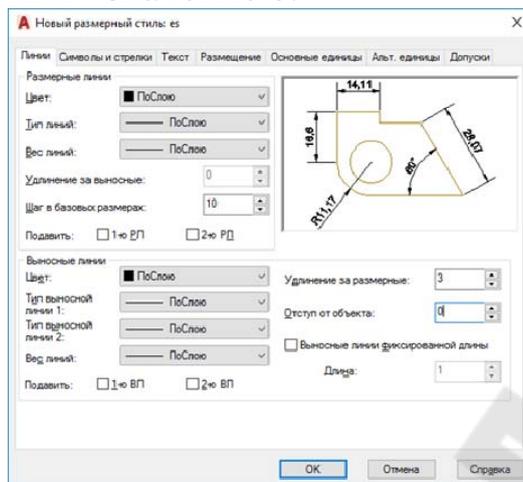


Рисунок 1.9 – Вкладка Линии

Выбрать вкладку «Символы и стрелки» (рисунок 1.10):

- установить в поле ввода «Размер стрелки» на панели «Стрелки» значение 5;
- выбрать переключатель «Маркер» на панели «Маркеры центров».

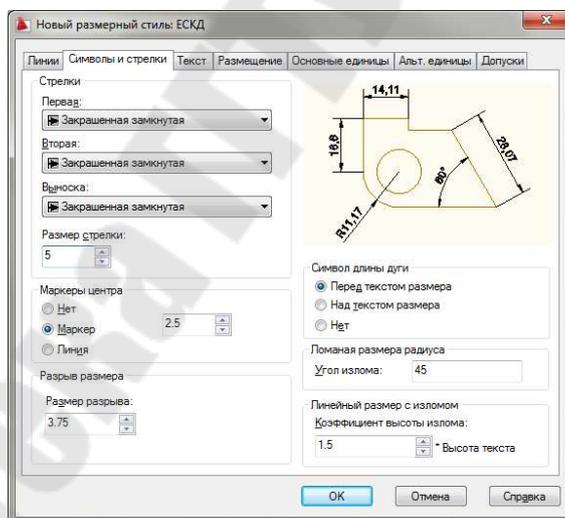


Рисунок 1.10 – Вкладка «Символы и стрелки»

Изменим значения переменных на вкладке «Текст» см. рисунок 1.11:

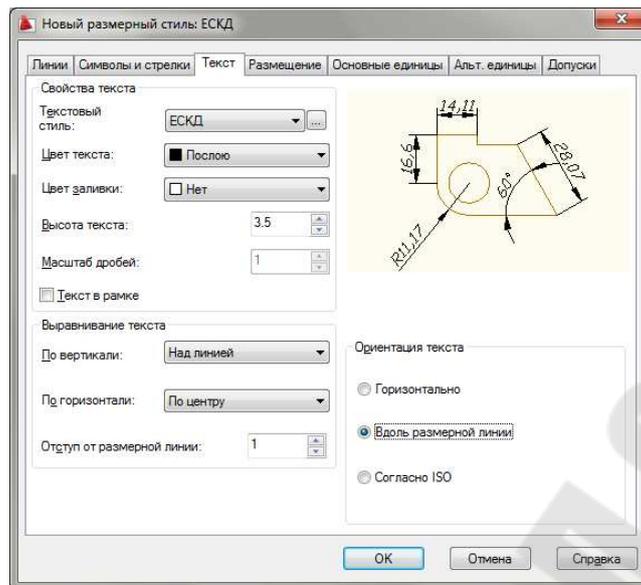


Рисунок 1.11 – Вкладка «Текст»

- выбрать пункт **ЕСКД** в раскрывающемся списке «**Текстовый стиль**» на панели «**Свойства текста**»;
- выбрать пункт «**По слою**» в раскрывающемся списке «**Цвет текста**» на панели «**Свойства текста**»;
- установить в поле ввода «**Высота текста**» на панели «**Свойства текста**» значение **3.5**;
- установить в поле ввода «**Отступ на размерной линии**» на панели «**Выравнивание текста**» значение **1**;
- установить «**Вдоль размерной линии**» на панели «**Ориентация Текста**».

Изменим значения переменных на вкладке «Размещение» см рисунок 1.2.

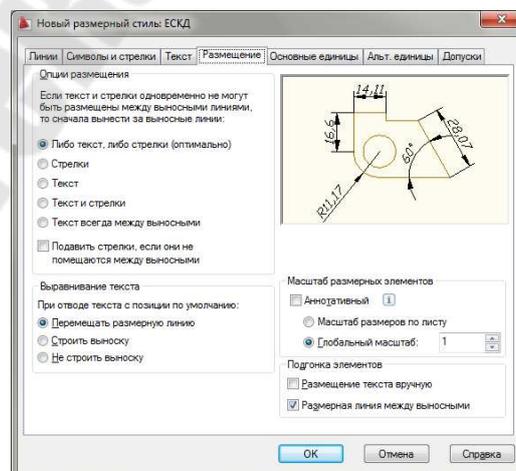


Рисунок 1.12 – Вкладка «Размещение»

Изменим значения переменных на вкладке «Основные единицы» см рисунок 1.13:

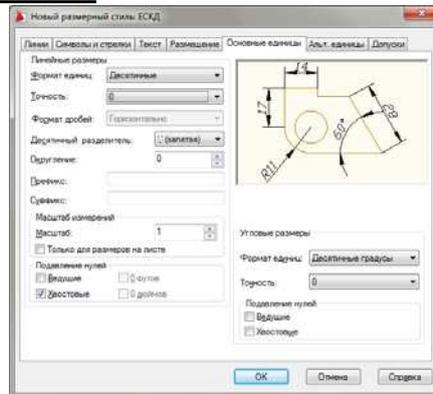


Рисунок 1.13 – Вкладка «Основные единицы»

- выбрать пункт **0** в раскрывающемся списке «Точность» на панели «Линейные размеры»;
- выбрать пункт **'(Запятая)** в раскрывающемся списке «Десятичный разделитель» на панели «Линейные размеры».

Для размерного стиля ЕСКД создадим два дочерних стиля на радиусы и диаметры.

Возможная последовательность действий пользователя при создании этих стилей, приведена ниже:

- нажать кнопку «Новый»;
- ввести имя создаваемого размерного стиля - *Радиусы* в поле ввода «Имя нового размерного стиля»;
- выбрать исходный размерный стиль - *ЕСКД* в раскрывающемся списке «На основе»;
- выбрать пункт *Радиусы* в раскрывающемся списке «Размеры»;
- нажать кнопку «Далее», чтобы перейти в режим настройки характеристик нового стиля.

Изменим значения переменных на вкладке «Текст» см рисунок 1.14:

- установить «Согласно ISO» на панели «Ориентация Текста».

Аналогичным образом создать дочерний стиль «Диаметры». В итоге на рисунке 1.15 показан результат проделанной работы по созданию стилей.

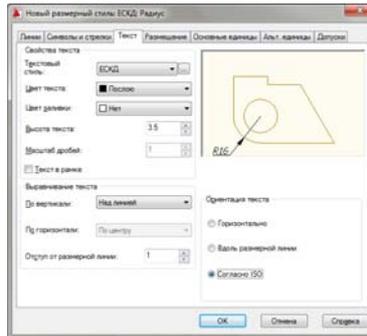


Рисунок 1.14 – Вкладка «Текст» для стиля «Радиусы»

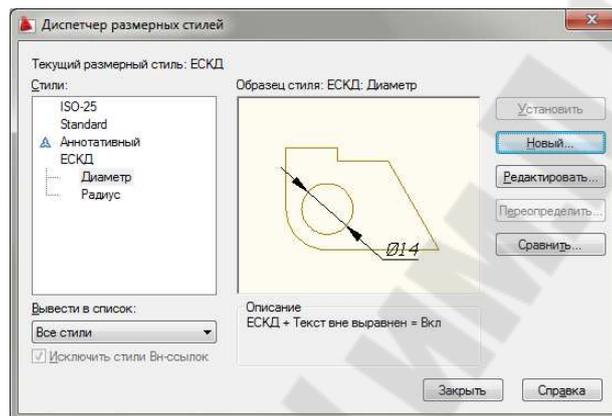
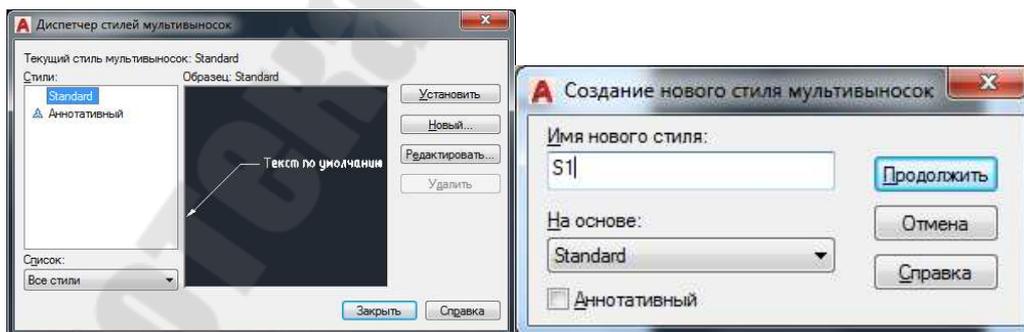


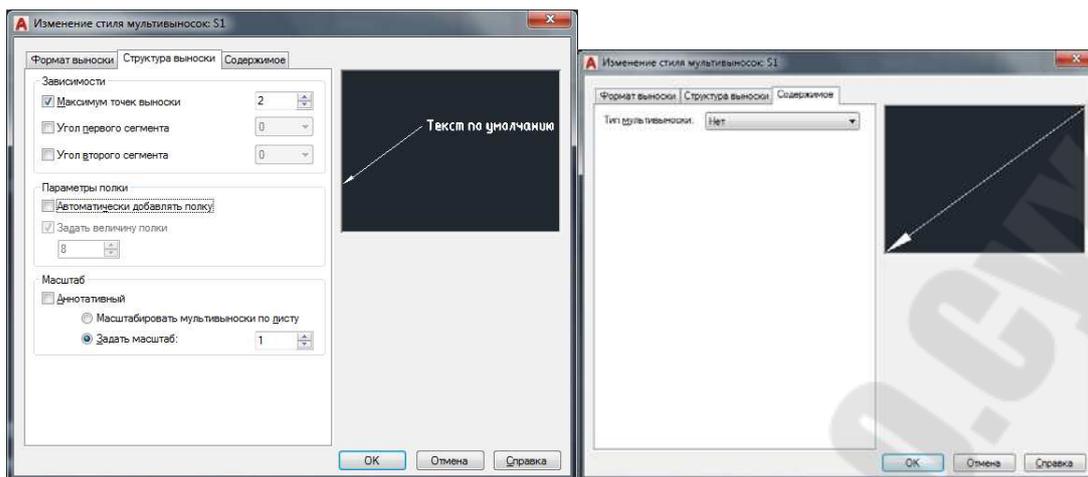
Рисунок 1.15 – Диалоговое окно «Диспетчер размерных стилей»

8. Создать стили выносок (установить необходимые значения системных переменных режима нанесения размеров).

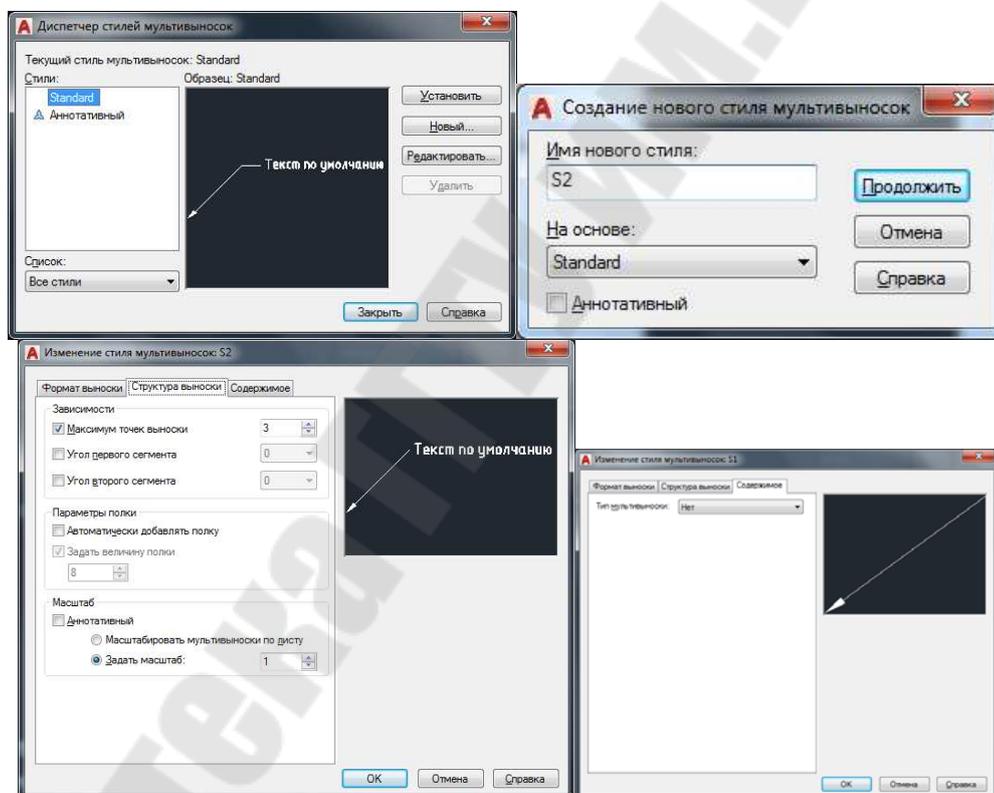
Команда `_mleaderstyle`

Стиль SI- выноска по двум точкам без содержимого текста.

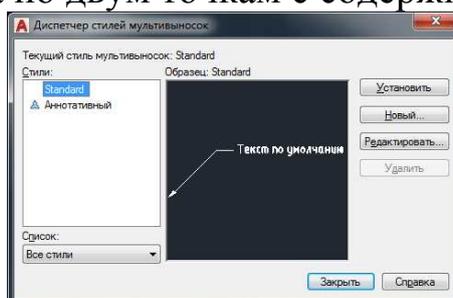


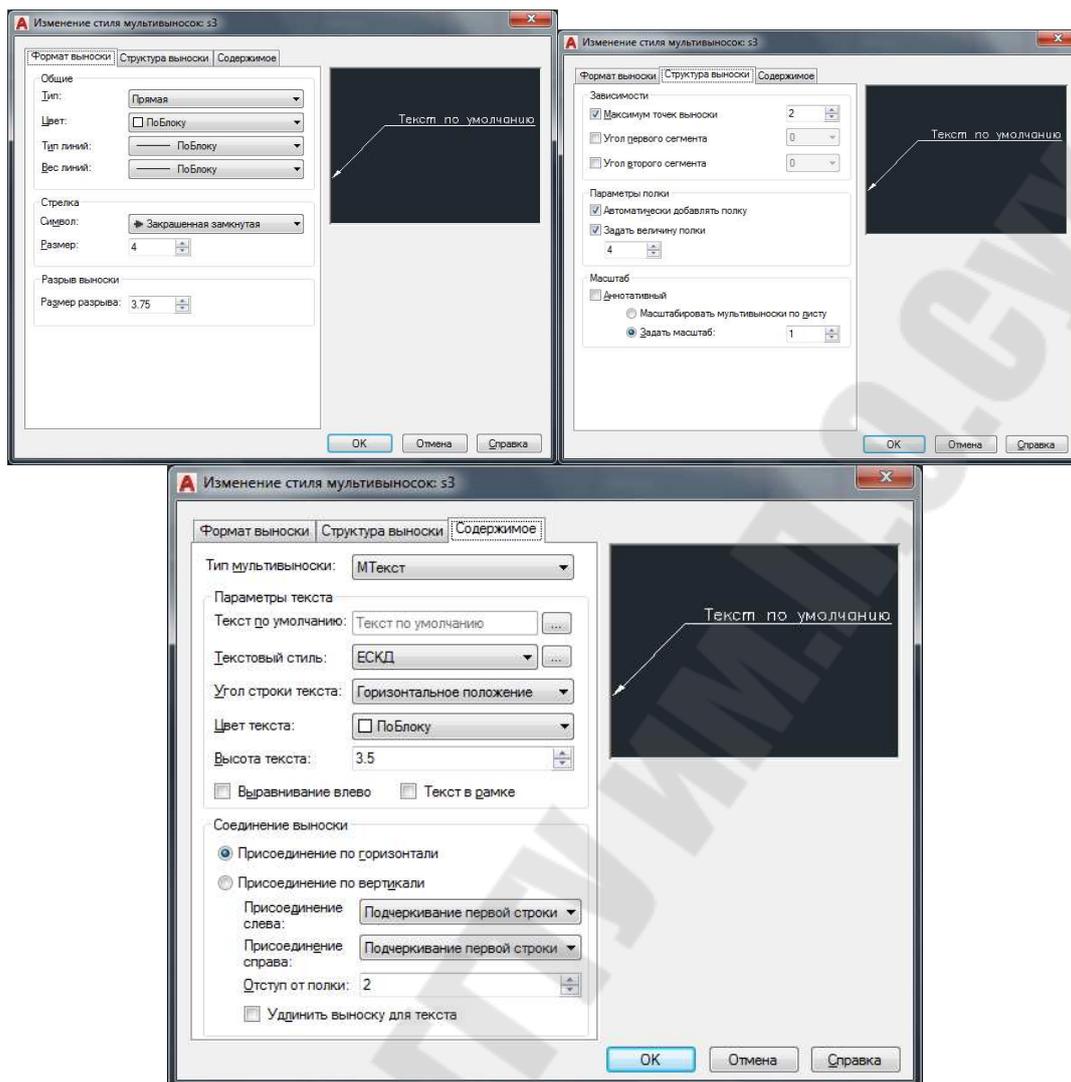


Стиль S2- выноска по трем точкам без содержимого текста.



Стиль S3- выноска по двум точкам с содержимым текста.





9 Выполнить настройки режима черчения.

Команда: **Режимрис**

Настройка режимов черчения представляет пользователю возможность:

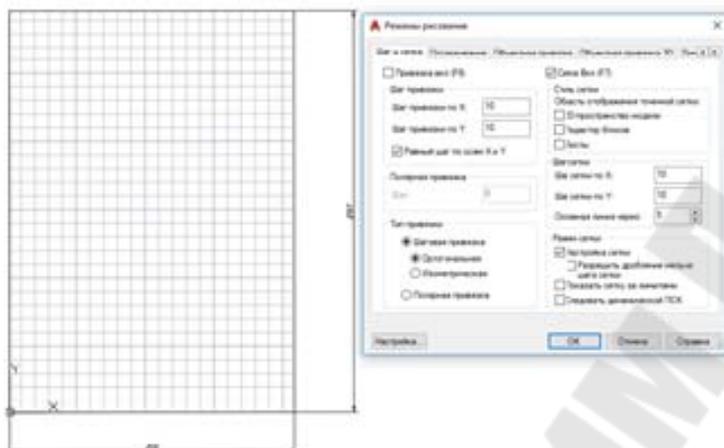
- устанавливать числовые значения фиксированного шага перемещения графического курсора;
- устанавливать параметры полярной трассировки;
- включать и выключать изображение фоновой сетки на экране монитора.

Настройка выполняется в диалоговом окне «Режимы рисования». В этом окне необходимо выполнить следующие действия.

На вкладке «Шаг и сетка»:

- установить шаг фоновой сетки 10 мм (панель «Сетка»);

- установить фиксированный шаг перемещения графического курсора 10 мм (панель «Шаговая привязка»).



На вкладке «Отслеживание»:

- выбрать в раскрывающемся списке «Шаг углов» (панель «Полярные углы») направление трассировки 30° и включить режим полярной трассировки (флажок «Полярное отслеживание» Вкл).

На вкладке «Объектная привязка»:

- установить постоянные параметры объектной привязки – **Конточка, Пересечение, Середина, Центр, Ближайшая;**
- включить автоматические режимы «Объектное отслеживание» Вкл и «Объектная привязка» Вкл.

10. Выполнить команду *Статус* для получения текстовой информации о текущем состоянии рабочей среды.

Команда: Статус

Команда переключает экран монитора в текстовый режим, после чего на экране появляется таблица с текущими значениями параметров рабочей среды.

10. Сохранить подготовленную рабочую среду.

Команда: Файл/Сохранить как

Команда открывает диалоговое окно «Сохранение рисунка», где в раскрывающемся списке «Тип файла» нужно выбрать строку **AutoCAD Шаблон рисунка AutoCAD (*.dwt)**, а затем указать имя файла в текстовом поле «Имя файла» указать «Папку», после чего щелкнуть на кнопке «Сохранить».

Не рекомендуется сохранять новую пользовательскую рабочую среду в файле acad.DWT, являющемся системным шаблоном по умолчанию.

Если предполагается в дальнейшем использовать созданную рабочую среду как некий стандарт, рекомендуется повторить команду **SAVEAS**, а затем в раскрывающемся списке **Files of Type** нужно выбрать строку **AutoCAD 2000 Drawing Standard (*.DWS)**.

Порядок выполнения Часть 2

Рассмотрим действия пользователя при выполнении основного формата листа чертежа А4 по ГОСТ 2.301-68.

1. Создать новый файл, используя свой шаблон рисунка *имя.dwt*.
2. Выполним внешнюю рамку формата А4.

Команда Прямоугольник(*_.RECTANG*)

Формат листа чертежа вычерчиваем в слое 0 с толщиной линии *ПоСлою* (тонкой линией).

Вводимые данные:

0,0 – координаты левого нижнего угла прямоугольника;

210,297 – координаты правого верхнего угла прямоугольника.

3. Установим текущую толщину линии *0.7* мм.

На инструментальной панели *Свойства* открыть раскрывающийся список *Выбор веса линий* и выбрать в предлагаемом перечне указанную толщину линий для объектов, принадлежащих слою 0.

4. Выполним внутреннюю рамку формата А4.

Команда Прямоугольник(*_.RECTANG*)

Внутренняя рамка чертежа выполняется толстой основной линией, поэтому предварительно была установлена текущая толщина линии *0.7* мм.

Вводимые данные:

20,5 – координаты левого нижнего угла прямоугольника;
205,292 – координаты правого верхнего угла прямоугольника.

5. Вычертим дополнительные графы основной надписи чертежа (см рисунок 1.16).

 Команда Отрезок (*_.LINE*)

Вводимые данные:

20,5 – координаты точки начала ломаной линии (*можно привязаться к левому нижнему углу внутреннего прямоугольника с помощью объектной привязки Конточка*);

12 – расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, затем переместите графический курсор в нужном направлении (влево) и нажмите «Enter». Предварительно рекомендуется включить режим «ОРТО»;

145 – расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, затем переместите графический курсор в нужном направлении (вверх) и нажмите «Enter»;

12 – расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, а затем переместите графический курсор в нужном направлении (вправо) и нажмите «Enter», «Enter».

 Команда Подобие (*_.OFFSET*)

Вычерчивание параллельных линий.

Вводимые данные:

25 – величина смещения выбранного отрезка и нажмите «Enter»;

- выбрать нижний отрезок ломаной линии, ограничивающей дополнительную графу;
- указать направление смещения – *вверх*;
- прервать выполнение команды «ESC».

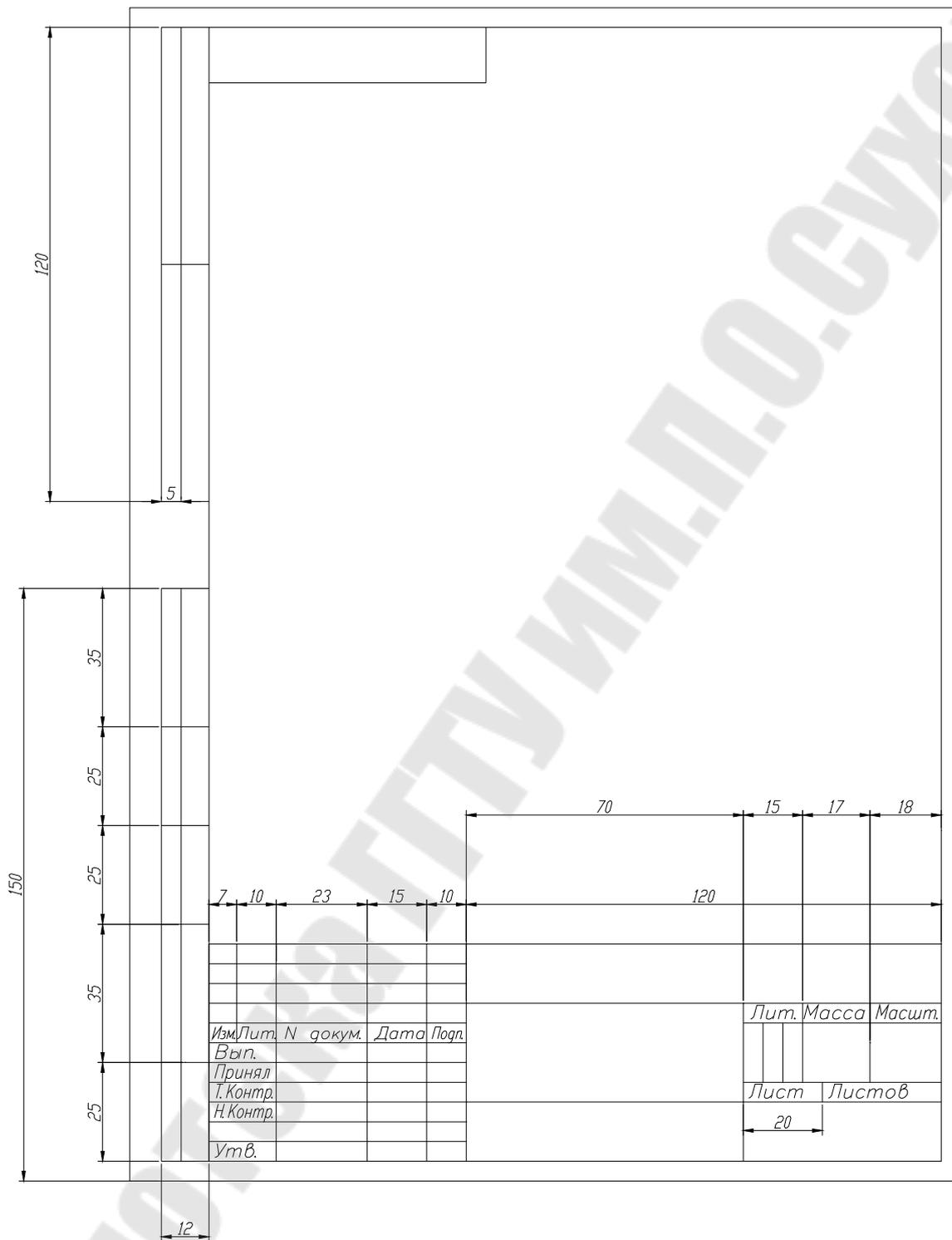


Рисунок 1.16 – Размеры формата листа А4

Повторить команду (Подобие).

Достаточно нажать клавишу «Enter» для вызова последней выполненной команды.

Вводимые данные:

- 35 – величина смещения выбранного отрезка;
- выбрать последний вычерченный отрезок;
 - указать направление смещения – *вверх*;
 - прервать выполнение команды «ESC».

Повторить команду (Подобие).

Вводимые данные:

- 25 – величина смещения выбранного отрезка;
- выбрать последний вычерченный отрезок;
 - указать направление смещения – *вверх*;
 - снова выбрать последний вычерченный отрезок;
 - указать направление смещения – *вверх*;
 - прервать выполнение команды «ESC»

Повторить команду (Подобие).

Вводимые данные:

- 5 – величина смещения выбранного отрезка;
- выбрать левый отрезок ломаной линии, ограничивающей дополнительную графу;
 - указать направление смещения – *вправо*;
 - прервать выполнение команды «ESC».

 **Команда Отрезок (*_.LINE*)**

Вводимые данные:

20,172 – координаты точки начала ломаной линии;

12- расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, затем переместите графический курсор в нужном направлении (влево) и нажмите «Enter». Предварительно рекомендуется включить режим «ОРТО»;

120 – расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, затем переместите графический курсор в нужном направлении (вверх) и нажмите «Enter»;

12 – расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, а затем переместите графический курсор в нужном направлении (вправо) и нажмите «Enter», «Enter».

 **Команда Подобие (*_.OFFSET*)**

Вычерчивание параллельных линий.

Вводимые данные:

- 60 – величина смещения выбранного отрезка;
- выбрать нижний отрезок ломаной линии, ограничивающей дополнительную графу;

- указать направление смещения – вверх;
- прервать выполнение команды «ESC».

Повторить команду (Подобие).

Вводимые данные:

5 – величина смещения выбранного отрезка;

- выбрать левый отрезок ломаной линии, ограничивающей дополнительную графу;
- указать направление смещения – вправо;
- прервать выполнение команды «ESC».

 **Команда Отрезок (_LINE)**

Вычерчивание дополнительной графы для внесения обозначения чертежа, повернутого на 180°.

Вводимые данные:

90,292 – координаты точки начала ломаной линии;

14 – расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, затем переместите графический курсор в нужном направлении (вниз) и нажмите «Enter». Предварительно рекомендуется включить режим «ОРТО»;

70 – расстояние до конечной точки отрезка (длина отрезка) в мм, затем переместите графический курсор в нужном направлении (влево) и нажмите «Enter», «Enter».

6. Вычертим основную надпись чертежа – основной штамп (рисунок 1.17).

Сделаем вес линии ПоСлою.

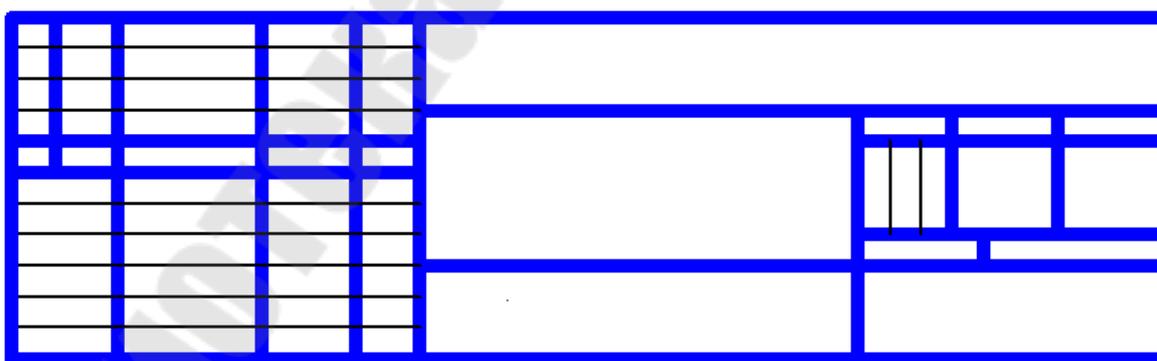


Рисунок 1.17 –Толстые и тонкие линии в штампе

В соответствии с ГОСТ 2.104-71 основная надпись в конструкторских документах выполняется сплошными основными и сплошными тонкими линиями. Размеры и содержание граф основной надписи приведены в указанном стандарте.

Для создания основного штампа необходимо к изученным ранее командам, рассмотреть еще следующие команды.



Расчленить (*_.EXPLODE*)

Запросы:

Выбрать объекты – навести маркер в виде квадратика, например, на одну из сторон внутреннего прямоугольника и нажать клавишу «Enter».



Обрезать (*_.TRIM*)

Запросы:

Выбрать объекты: на графическом поле нажать **правую клавишу мыши** (все объекты являются режущими кромками);

Выберите обрезаемый объект – указать при помощи мыши, что надо обрезать, затем нажать клавишу «ESC» когда нечего больше обрезать.



Разорвать с промежутком (*_.BREAK*)

Запросы:

Выберите объект: указать на объекте предположительно первую точку разрыва;

Вторая точка разрыва или [Первая точка]: указать на объекте предположительно вторую точку разрыва.



Разорвать в точке (*_.BREAK*)

Запросы:

Выберите объект: указать объект;

Первая точка разрыва: указать точку разрыва.

Перед заполнением наименования основной надписи чертежа необходимо, чтобы веса линий в штампе были такие как на рисунок 1.17.

7. Заполним наименования граф основной надписи чертежа.

Сделать текущий слой *Текст*, Вес линий – *ПоСлою*.

Названия граф основной надписи вычертим с настройками режима черчения, выполненными командой **Сервис/Режимы рисования** или щелкнуть правой клавишей мыши на одном из

индикаторов ПРИВЯЗКА, СЕТКА, ОТС-ПОЛЯР, ШАГ, ОТС-ОБЪЕКТ строки состояния, а затем выбрать в контекстном меню позицию *Настройка...* В открывшемся диалоговом окне на вкладке «Шаг и сетка» установить требуемые параметры.

Выполняемые действия:

- ввести в окнах ввода X, Y панелей «Шаг и сетка» численное значение шага l мм;
- включить режим шаговой привязки ШАГ «Вкл» и разрешить отображение фоновой сетки на экране монитора Сетка «Вкл»;
- нажать кнопку «ОК».



Команда ТЕКСТ(*_.TEXT*) (или Рисование/Текст/Однострочный)

Вводимые параметры:

Вводимые параметры (для длинных наименований):

- V - выравнивание
- $П$ – ПоШирине,
- затем на дополнительные запросы системы указать графическим курсором точки начала и конца строки текста;
- 3.5 - высота вводимого текста;
- ввести текст;
- *ENTER* – завершить ввод строки текста;
- *ENTER* – завершить работу с командой.

Вводимые параметры (для коротких наименований):

- указать графическим курсором точку начала строки текста;
- 3.5 - высота вводимого текста;
- 0 - угол поворота строки вводимого текста;
- ввести текст;
- *ENTER* – завершить ввод строки текста;
- *ENTER* – завершить работу с командой.

В приведенном примере предполагается, что установлен текущий текстовый стиль, высота вводимого текста равна 0 . Если текущий текстовый стиль имеет явно заданную высоту текста, то вводимых параметрах она не будет запрашиваться.

8. Установим атрибуты для создаваемого локального блока основной надписи чертежа (рисунок 1.18).

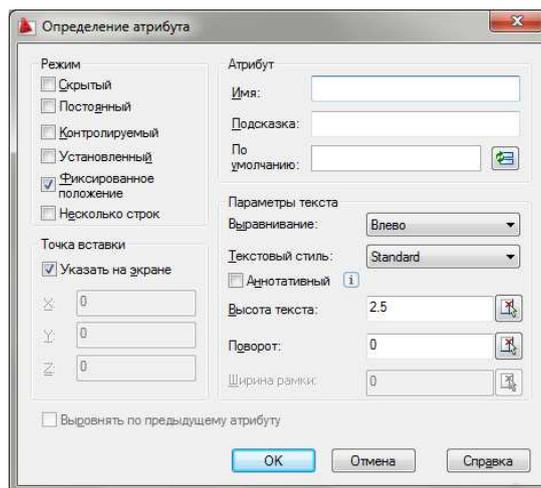


Рисунок 1.19 – Описание атрибута

Возможные значения атрибутов смотри в таблице 1.2.

Выполняемые действия:

- ввести имя атрибута **Имя** (например, *S1*);
- ввести текст подсказки-приглашения **Подсказка** (например, *Разработал*);
- ввести значение атрибута **Значение** (например, *Иванов*);
- выбрать способ выравнивания текста атрибута в раскрывающемся списке **Выравнивание** (например, *Влево*);
- выбрать стиль текста атрибута в раскрывающемся списке **Текстовый стиль** (например, *ЕСКД*);
- установить высоту текста атрибута в поле ввода **Высота** (например, *3.5*);
- установить угол поворота текста атрибута в поле ввода **Поворот** (например, *0*);
- нажать кнопку **Указать**;
- указать на чертеже точку вставки атрибута (необходимо заранее спланировать, где будут размещаться атрибуты блока основной надписи);
- нажать **ОК**.

Повторить команду **АТОПР**.

Выполняемые действия:

- ввести имя атрибута **Имя** (например, *S2*);
- ввести текст подсказки-приглашения **Подсказка** (например, *Проверил*);
- ввести значение атрибута **Значение** (например, *Петров*);

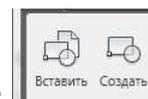
- выбрать способ выравнивания текста атрибута в раскрывающемся списке **Выравнивание** (например, *ПоШирине*);
 - выбрать стиль текста атрибута в раскрывающемся списке **Текстовый стиль** (например, *ЕСКД*);
 - установить высоту текста атрибута в поле ввода **Высота** (например, 3.5);
 - нажать кнопку ОК;
 - Первая конечная точка базовой линии текста – *указать точку*;
 - Вторая конечная точка базовой линии текста – *указать точку*;
- Далее необходимо последовательно использовать команду *АТОПР* с целью определения параметров оставшихся атрибутов для блока основной надписи. Результат этого этапа работы представлен на рисунке 1.18.

Таблица 1.2 – Параметры атрибутов блока основной надписи

| Имя | Подсказка | Значение | Выравнивание | Стиль | Высота | Угол |
|-----|-----------------------------|-----------------|--------------|-------|--------|------|
| S1 | Разработал | Иванов | Влево | ЕСКД | 3.5 | 0 |
| S2 | Проверил | Петров | ПоШирине | ЕСКД | 3.5 | 0 |
| S3 | Т.контр | Сидоров | ПоШирине | ЕСКД | 3.5 | 0 |
| S4 | Н. контр | Кимаев | ПоШирине | ЕСКД | 3.5 | 0 |
| S5 | Утвердил | Федоренков | ПоШирине | ЕСКД | 3.5 | 0 |
| S6 | Обозначение документа | АБВГ.хххххх.ххх | Центр | ЕСКД | 7 | 0 |
| S7 | Повернутое обозначение док. | АБВГ.хххххх.ххх | ПоШирине | ЕСКД | 7 | — |
| S8 | Наим. изделия (16 зн.) | Пластина | Центр | ЕСКД | 5 | 0 |
| S9 | Наим. изделия (16 зн.) | Левая | Центр | ЕСКД | 5 | 0 |
| S10 | Наим. изделия или докум. | — | Центр | ЕСКД | 3.5 | 0 |

| | | | | | | |
|-----|--------------------------|-----------------|----------|------|-----|---|
| S11 | Масса изделия | | Центр | ЕСКД | 3.5 | 0 |
| S12 | Масштаб | 1:1 | Центр | ЕСКД | 5 | 0 |
| S13 | Порядковый номер листа | – | Влево | ЕСКД | 2.5 | 0 |
| S14 | Общее количество листов | 1 | Влево | ЕСКД | 2.5 | 0 |
| S15 | Наименование предприятия | ГГТУ им. Сухова | ПоШирине | ЕСКД | 7 | 0 |
| S16 | Марка материала | Ст3 ГОСТ 535-88 | ПоШирине | ЕСКД | 3.5 | 0 |

Блоки



Вид пиктограмм на панели инструментов «Вставка»-

Первая пиктограмма предназначена для вставки блока в область рисунка, а вторая – для создания блока.

Формирование объектов, которые часто используются, может быть произведено один раз. Затем они объединяются в блок и чертеж может выполняться с использованием их как «строительных материалов». Используя блоки, можно создавать фрагменты чертежей, часто используемых в работе. Блок может содержать любое количество графических примитивов любого типа, а восприниматься AutoCAD как один графический примитив наравне с отрезком, окружностью и т.д.

Блок может состоять из примитивов, созданных на разных слоях, с разными цветами и разными типами линий. Все эти свойства примитивов сохраняются при объединении их в блок и при вставке блока в рисунок. Однако есть три исключения из этого правила:

- примитивы, созданные на специальном слое с именем 0, при вставке блока генерируются на текущем слое;
- примитивы, созданные типом линии **BYBLOCK (ПО БЛОКУ)**, наследуют тип линии блока;
- примитивы, созданные в цвете **BYBLOCK(ПО БЛОКУ)**, наследуют цвет блока.

Блоку может быть присвоено имя. Использование блоков позволяет сэкономить память. При каждой новой вставке блока в рисунок AutoCAD добавит к имеющейся информации лишь данные о месте вставки этого блока, масштабных коэффициентах и угле поворота.

9. Создание автономного блока А4Н

Первоначально создадим локальный блок.



Создать Команда БЛОК (*_.BLOCK*)

Используем команду для сохранения полученных результатов.

Команда открывает диалоговое окно «Описание блока» (рисунок 1.20).

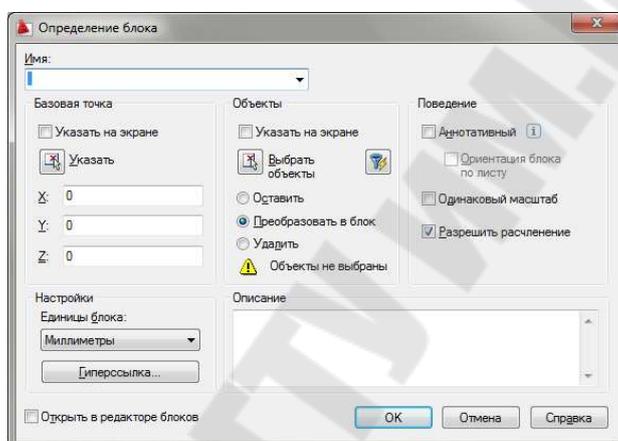


Рисунок 1.20 –Определение блока

Выполняемые действия:

- ввести имя локального блока **А4Н**;
- выбрать вариант **Удалить** (панель Объекты), чтобы можно было проконтролировать правильный выбор объектов, включаемых в блок;
- нажать кнопку **Выбрать объекты** и выбрать объекты, которые необходимо включить в блок. Заметим, что порядок, в котором выбираются атрибуты при включении их в состав блока, определяет порядок следования подсказок-приглашений на ввод их значений при вставке блока.

Поэтому рекомендуется при формировании блока чертежа - вначале указать все графические примитивы с помощью рамки или сек-рамки;

- затем исключить из набора атрибуты (держат клавишу «Shift», левой кнопкой мыши указывать на объекты, которые необходимо исключить из набора);
-а затем указывать атрибуты в порядке возрастания их номеров левой кнопкой мыши.

- нажать кнопку **Указать**;
- указать на чертеже точку вставки блока (правый нижний угол внешней рамки формата);
- нажать кнопку ОК.

Сохраним формат листа чертежа и основную надпись в виде автономного блока с тем же именем.

Команда ПБЛОК (_WBLOCK)

Используем команду для сохранения полученных результатов в своем каталоге.

Команда открывает диалоговое окно «Запись блока на диск» (рис. 2.7).

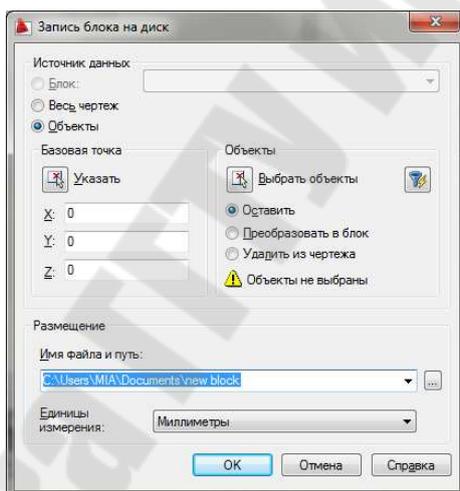


Рис. 2.7. – Запись блока на диск

Выполняемые действия:

- выбрать на панели «**Источник данных**» вариантную кнопку «**Блок**» для задания способа определения локального блока;
- выбрать в раскрывающемся списке панели **Источник данных** имя локального блока, **A4H**;
- нажать на панели «**Размещение**» кнопку с многоточием и в открывшемся диалоговом окне «**Поиск файла рисунка**» выбрать имя каталога для сохранения файла автономного блока **A4H**.
- нажать кнопку ОК;

- нажать кнопку ОК.

Системная переменная ATTDIA

Системная переменная *ATTDIA* позволяет вывести на экран монитора диалоговое окно «**Редактирование атрибутов**» (рисунок 1.21), необходимое для изменения значений атрибутов блока при использовании команды *_.INSERT*.

По умолчанию – $ATTDIA = 0$ – работа с атрибутами производится в командной строке.

Выполняемые действия:

- ввести новое значение системной переменной $ATTDIA = 1$.

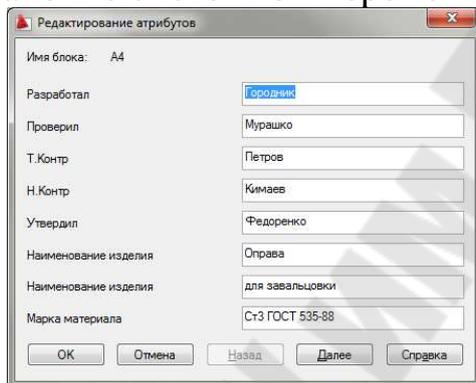


Рисунок 1.21 – Редактирование атрибутов

Вставим блок A4H в текущий чертеж.

Команда ВСТАВИТЬ (*_.INSERT*)

Используем команду для полного оформления формата A4 и проверки правильности заполнения основной надписи.

Команда открывает диалоговое окно «**Вставка блока**» (рисунок 1.22).

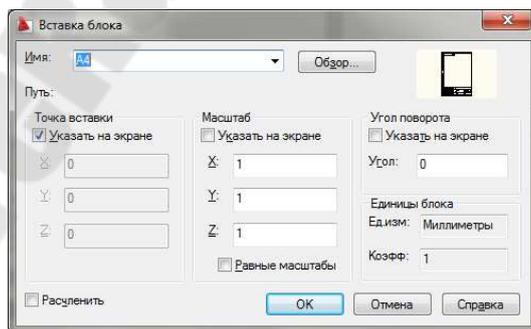


Рисунок 1.22 – Вставка блока

Выполняемые действия:

- ввести имя автономного блока *A4H*;

- установить флажок «**Указать на экране**», чтобы задать точку вставки блока с помощью объектной привязки - правый нижний угол внешней рамки чертежа $0, 0, 0$;
- нажать кнопку ОК.

Вывод чертежей на печать

На рисунке 1.23 показано диалоговое окно Печать и выноски, указывающие в каком порядке надо установить необходимые свойства для печати.

1. Выбрать имя принтера.
2. Обычно в большинстве принтеров формат А4 (если не так-выбрать нужный).
3. Область печати: *экран* (все на видимой графической части экрана), *границы* (все чтобы не было нарисовано, будет размещено формате, указанном в 2), *лимиты* (все что входит в область, указанную по команде Формат /Лимиты), *Рамка* (требуется задать нижний и верхний углы рамки –все содержимое выделенное рамкой будет выводиться на печать).
4. Поставить галочку «Центрировать».
5. Надо понимать, что идет печать на принтер, у которого есть свои границы, и можно распечатать чертеж любого формата для этого установить галочку «Вписать».
6. Выбрать ориентацию чертежа «Книжная» или «Альбомная».
7. Последним обязательным действием перед тем как нажать кнопку «ОК», нажать на кнопку «Просмотр», чтобы убедиться в том, что все сделано верно.

Самостоятельная работа

Взяв за основу автономный блок А4Н, создать следующие автономные блоки: Штмп; А3; А2_горизонтальный; А2_вертикальный; А1_горизонтальный; А1_вертикальный.

Размеры форматов приведены в стандарте ГОСТ 2.301-68 и в лабораторной работе №1.

Требования к отчету

1. Название работы.
2. Постановка задачи.

3. Перечислить все команды, которые использовались при создании рабочей среды и формата создания листа.
4. Представить копии экрана, содержащие:
 - a. «Диспетчер свойств слоев» с созданными слоями;
 - b. «Диспетчер типов линий» с выбранными типами линий;
 - c. «Текстовые стили» с раскрывающимся списком «Имя стиля»;
 - d. «Диспетчер размерных стилей»;
 - e. «Диспетчер стилей мультивыносок».
5. Представить файлы шаблонов рисунков
6. Представить копии экранов, содержащих диалоговые окна с заполненной информацией: «Определение атрибута», «Определение блока», «Запись блока на диск», «Редактирование атрибутов», «Вставка блока».
7. Распечатки форматов листов A4, A3, A2_горизонтальный, A2_вертикальный, A1_горизонтальный, A1_вертикальный и основных надписей к ним.

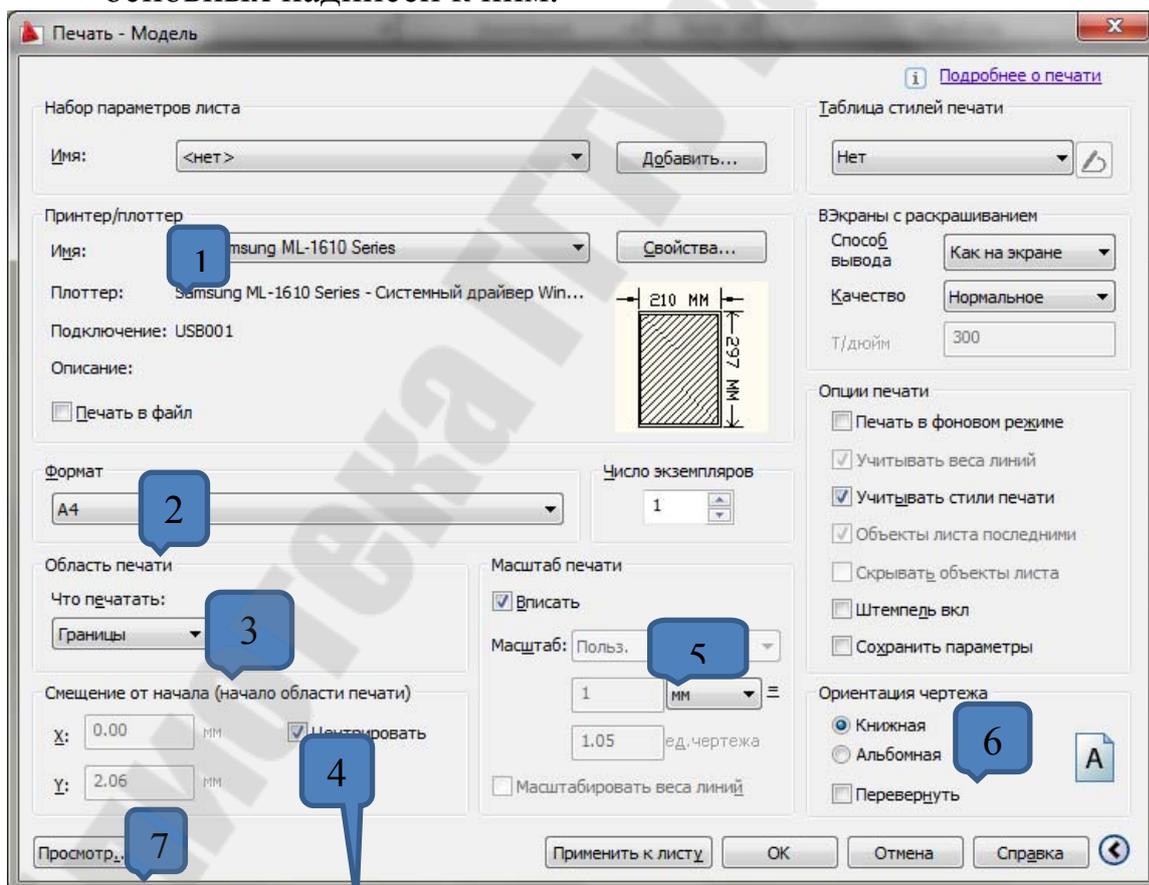


Рисунок 1.23 –Диалоговое окно «Печать –Модель»

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «СОЗДАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО БЛОКА ДЕТАЛИ «ВАЛ», АТТРИБУТОВ, ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ»

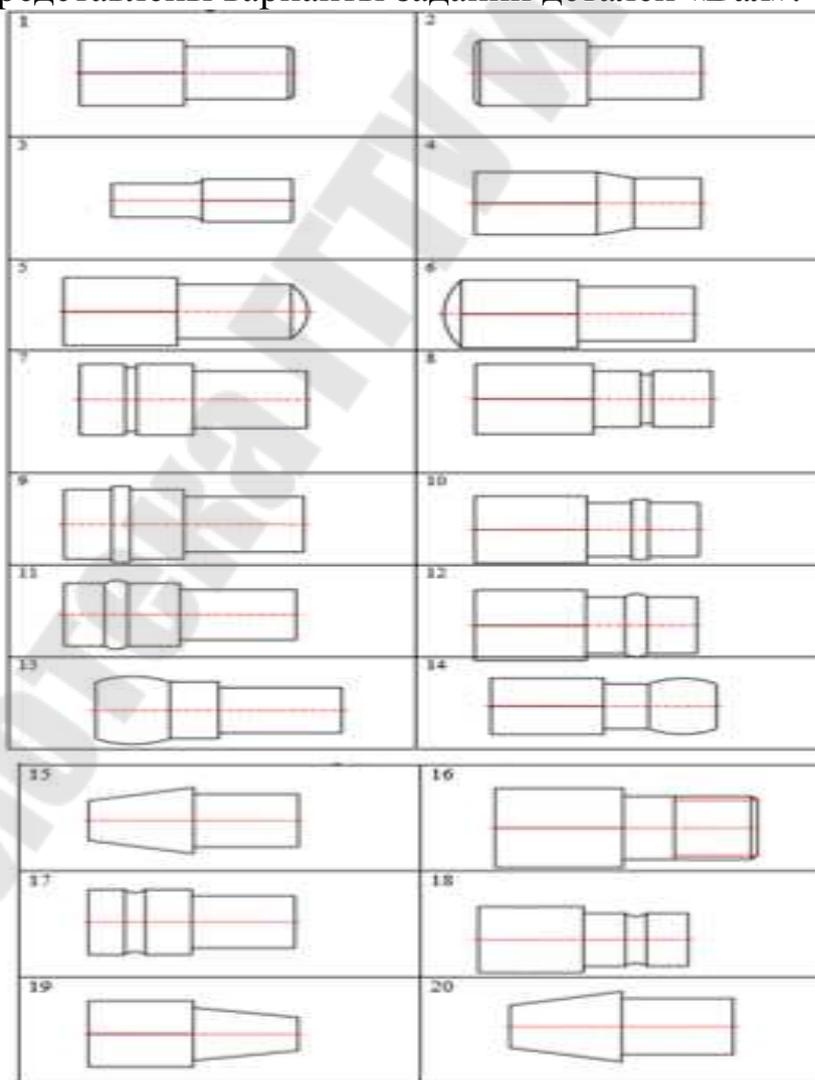
Цель работы. Освоить методику создания динамических блоков, динамических атрибутов, научиться извлекать данные.

Постановка задачи

1. Создать динамический блок «Вал» с таблицей вариантов исполнения не менее 5.
2. Атрибуты: название детали, площадь, объем – простые и динамические.
3. Извлечения данных в таблицу Excel и в таблиц AutoCAD.

Варианты заданий

Ниже представлены варианты заданий деталей «Вал».



Требование к отчету

1. Цель работы.
2. Последовательность создания
3. Основные копии экранов создания динамического блока.
4. Основные копии экранов создания атрибутов
5. Извлечения данных в таблицу AutoCAD и Excel
6. Чертежи деталей Вал с разным исполнением

Методические указания

Для оптимизации работы с блоками, уменьшения их общего количества в библиотеках и файлах, существует понятие динамического блока. Динамический блок гибкий инструмент позволяющий вставлять блок в различных вариациях (масштабах, углах поворота).

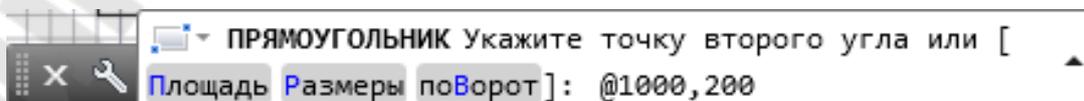
Динамические блоки позволяют указать типы и количество вариаций для каждого блока. Создание динамического блока осуществляется в **Редакторе блоков**. Для создания динамического блока необходим хотя бы один параметр оперирующий им.

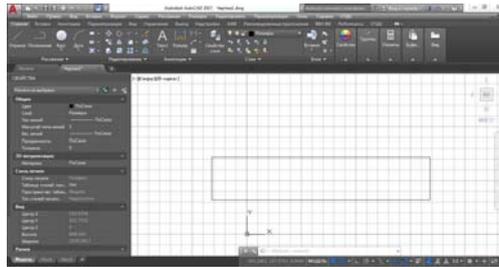
Параметрами определяют особые свойства динамического блока, в том числе позиции, расстояния и углы. Параметры так же могут ограничить значения самих параметров. Например, пользователь может переместить элемент внутри блока, указав точку на элементе и поставив параметр перемещения.

Рассмотрим создания динамического блока на примере пинома размером 1000*200 мм.

Порядок выполнения

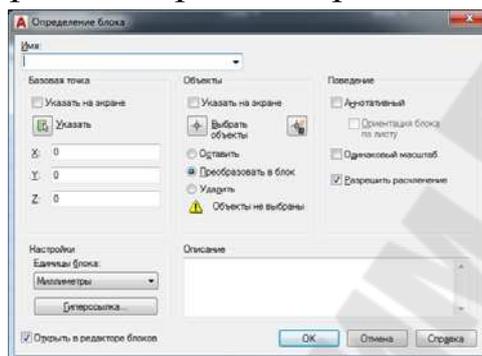
1. Построим прямоугольник размером 1000*200
Для этого выберем пиктограмму прямоугольник, первую точку укажем произвольно, для второй – относительные координаты @1000,200





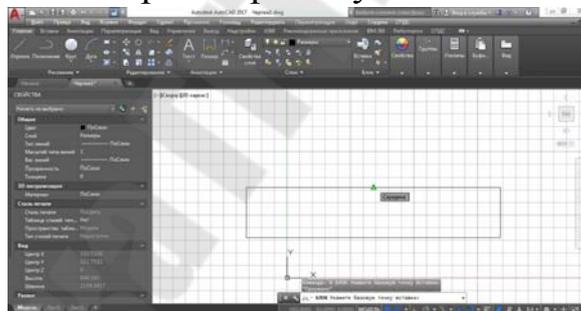
2. Создадим блок

В командной строке наберем б и пробел.

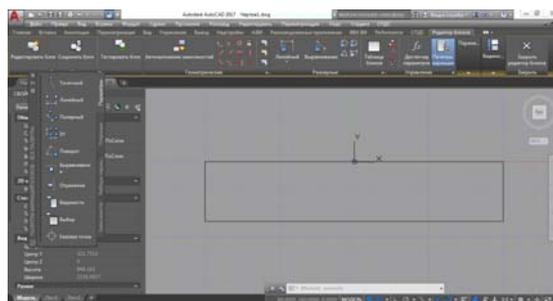


Зададим:

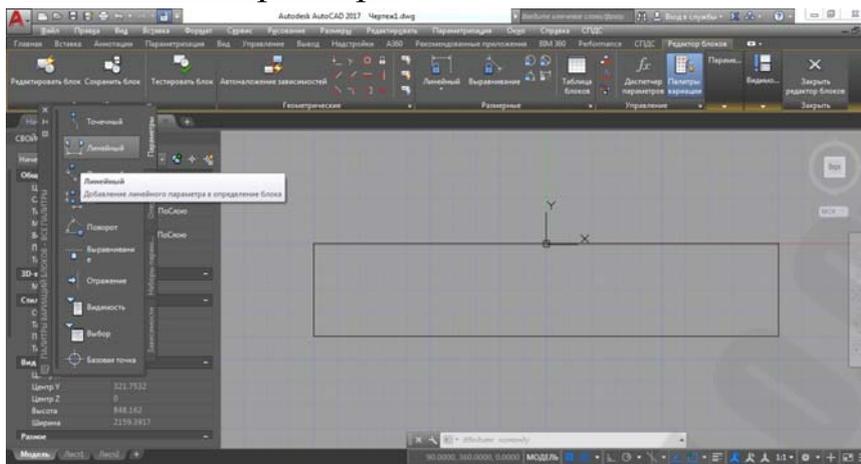
- Имя – Пином
- Указать – выберем середину



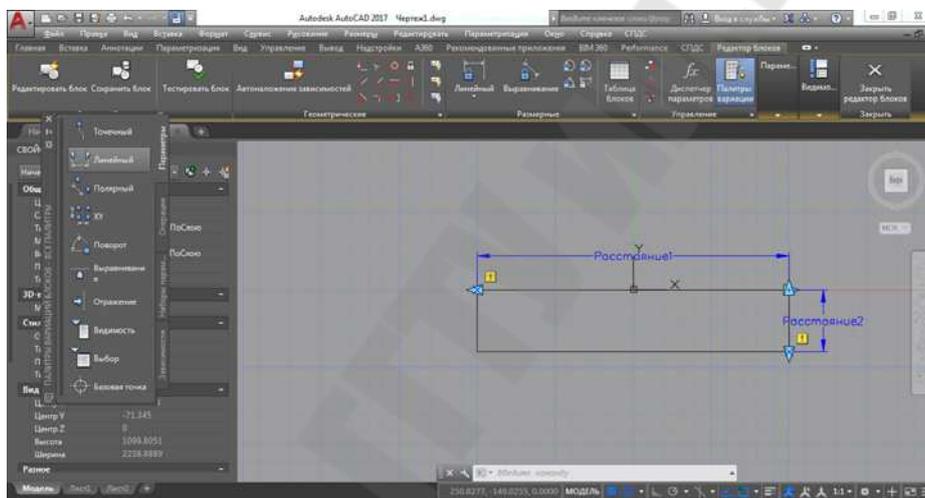
- Выбрать объекты – выберем прямоугольник
- Поставим галочку открыть в редакторе блоков
- Наждем на ОК.



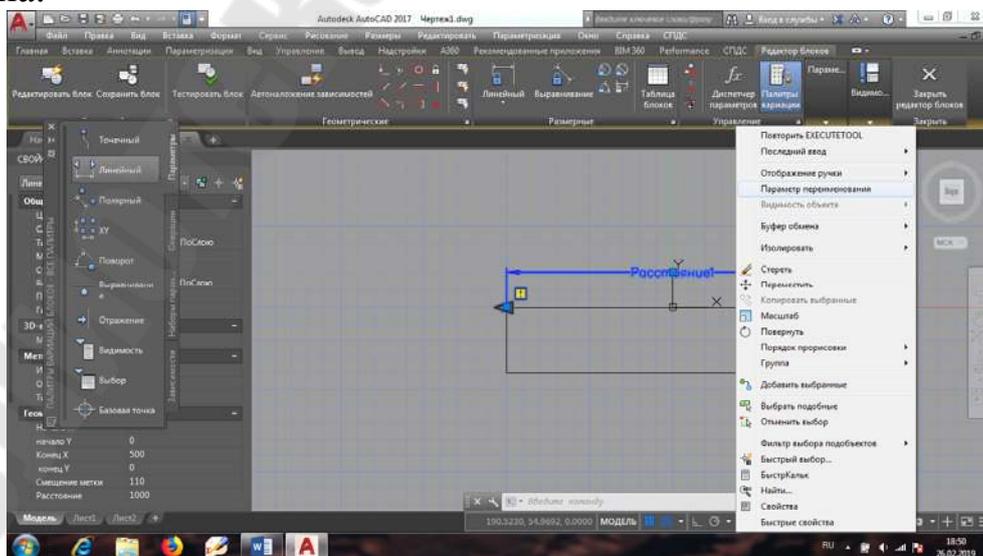
3. Зададим параметры

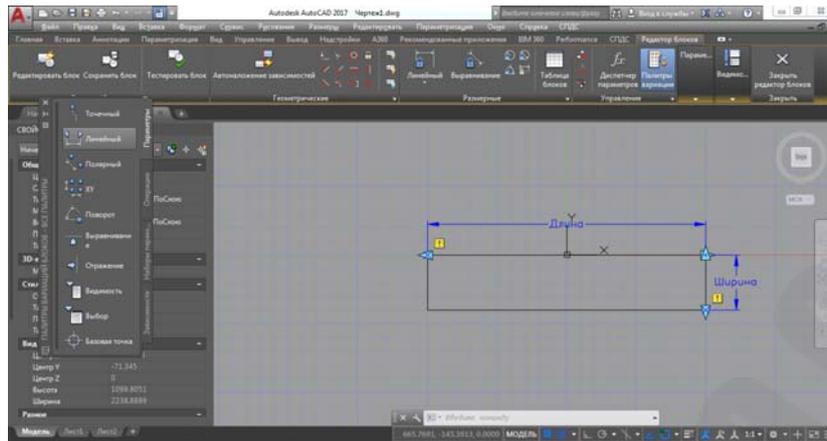


Выберем параметр Линейный.

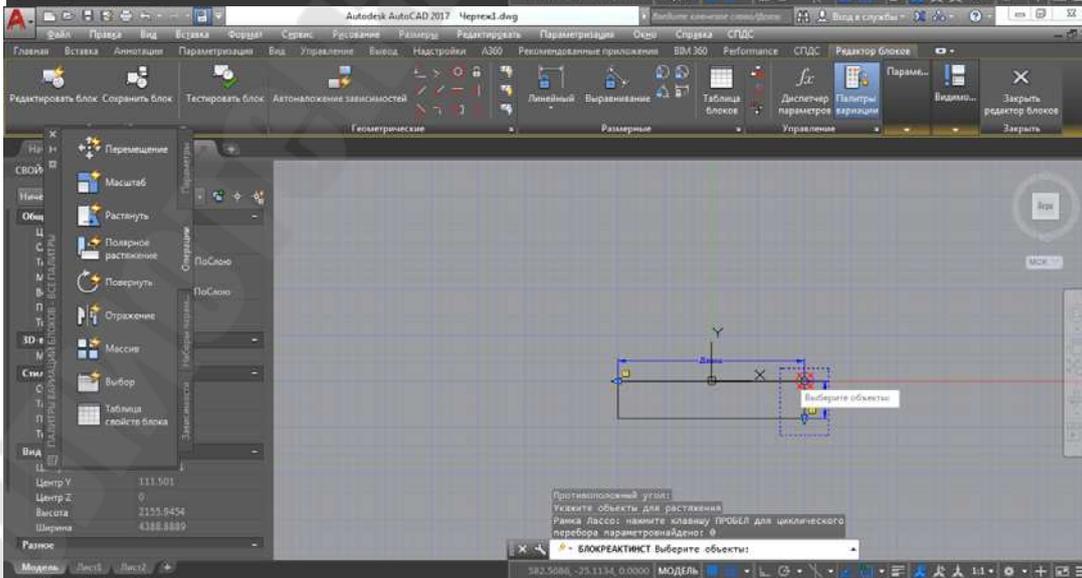
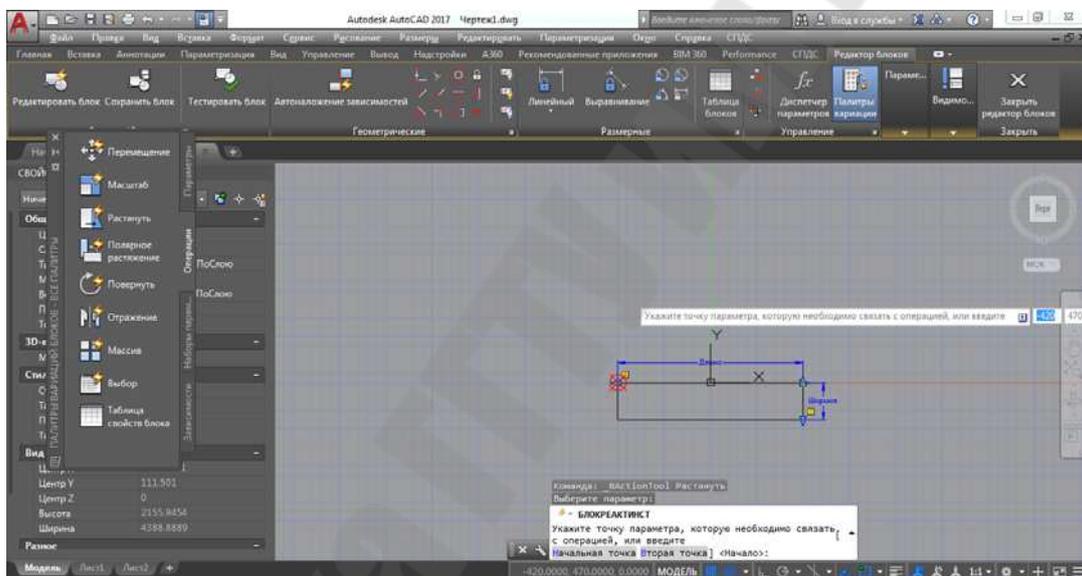


Параметр Расстояние1 переименуем на Длина, а Расстояние 2 – Ширина.

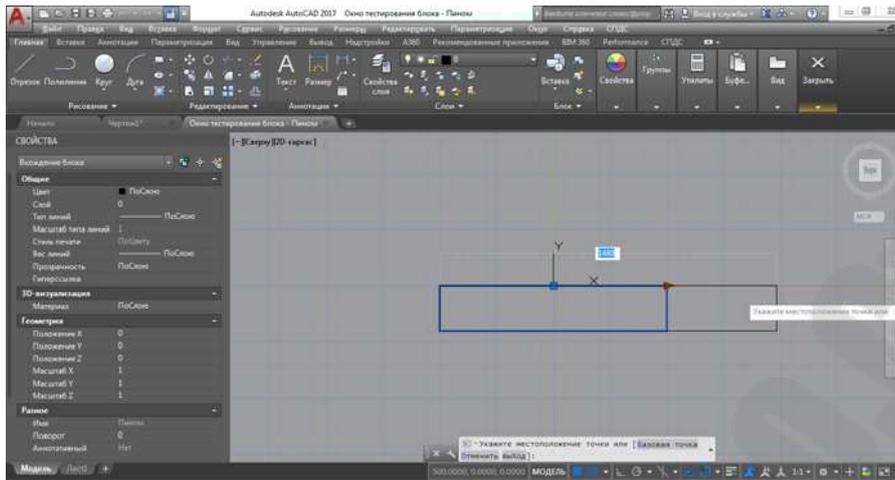




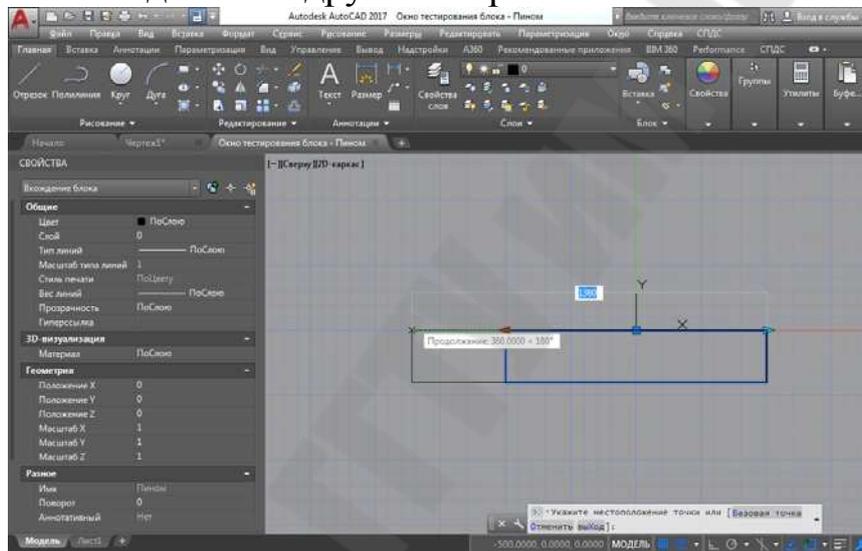
4 Выберем операцию Растянуть, для динамического изменения параметра Длина
 На запрос Выберете параметр – указать на параметр Длина.



Протестируем блок.



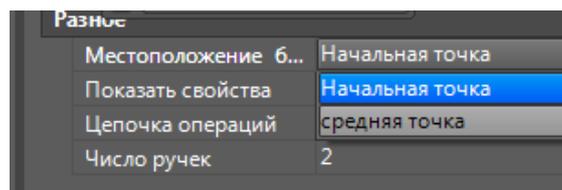
То же самое сделаем с другой стороны.



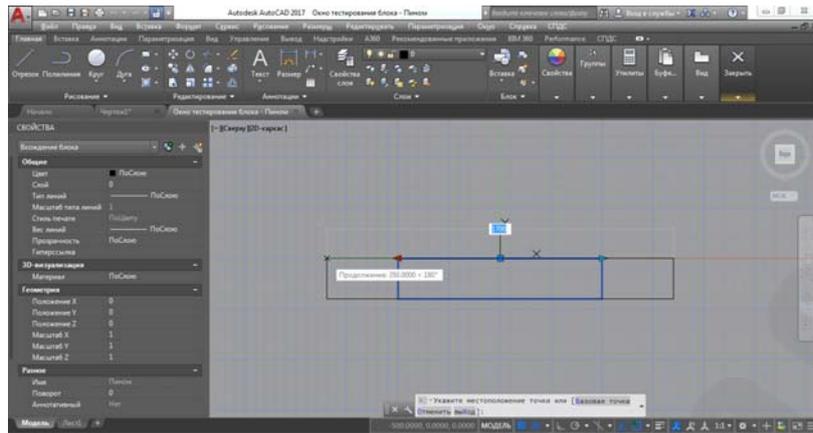
Видим наш прямоугольник растягивается влево и вправо.

Сделаем, чтобы независимо от выбранной ручки слева или справа, наш блок увеличивался от середины:

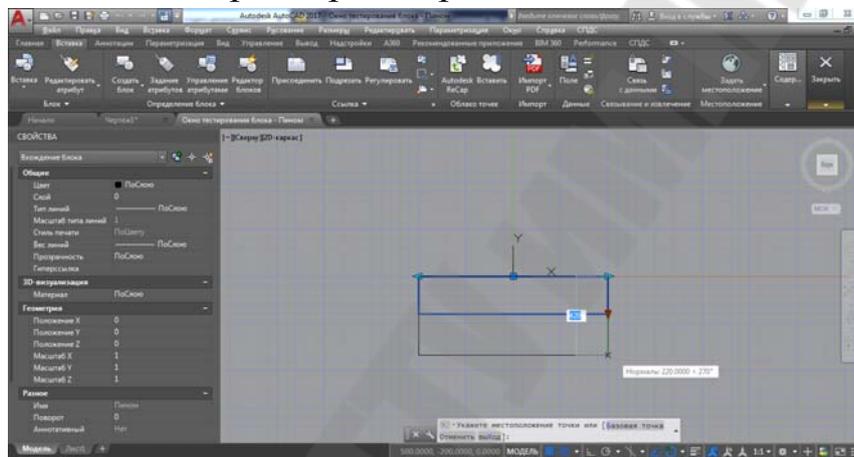
- Выделяем параметр Длина
- Вызываем окно Свойств
- Выбираем в Разное Местоположение базы –средняя точка.



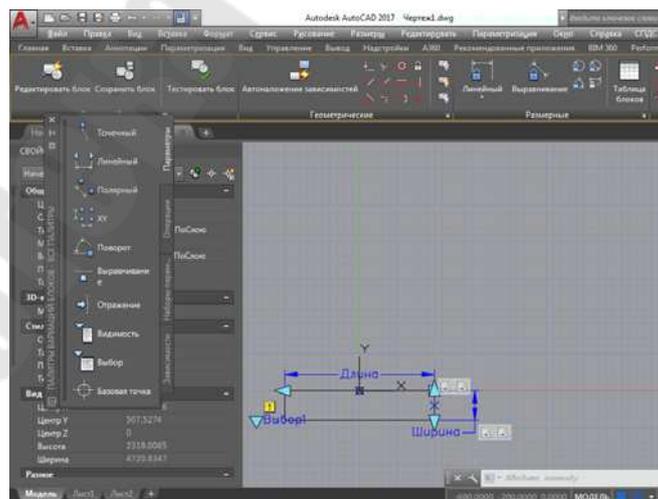
Тестируем блок.



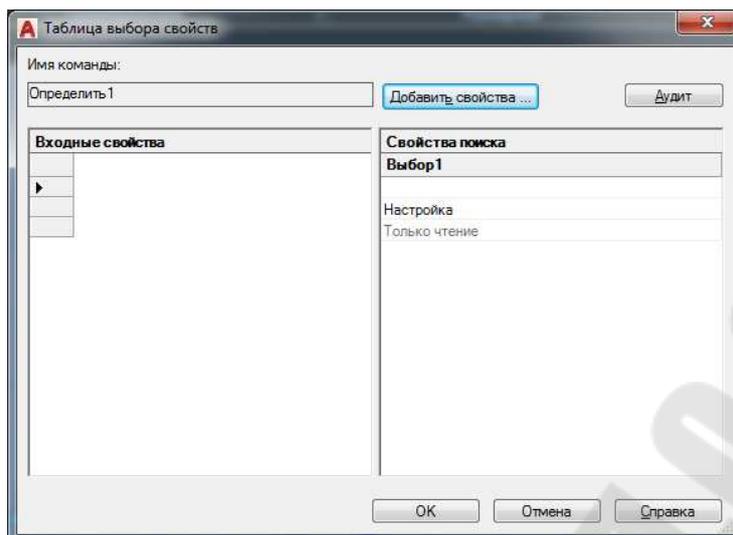
Аналогично для параметра Ширина.



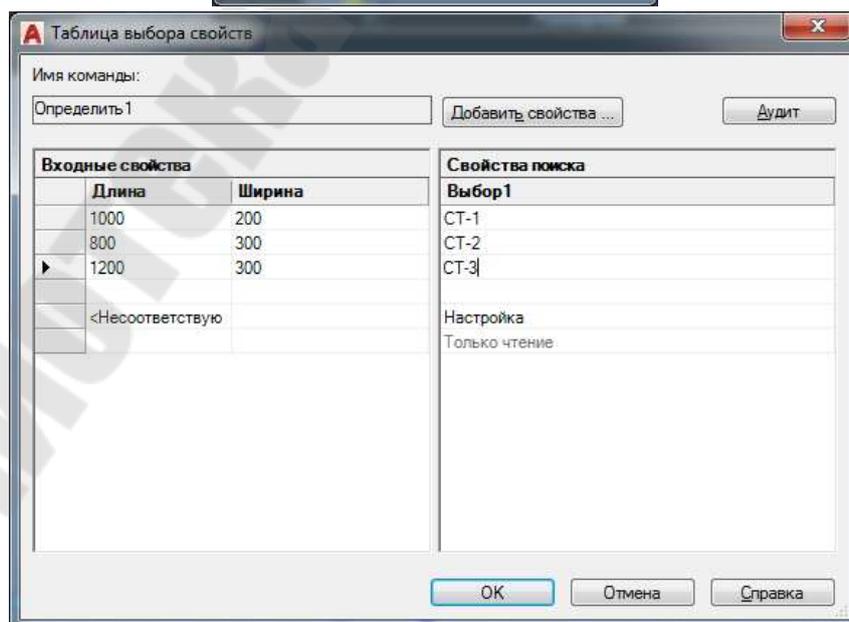
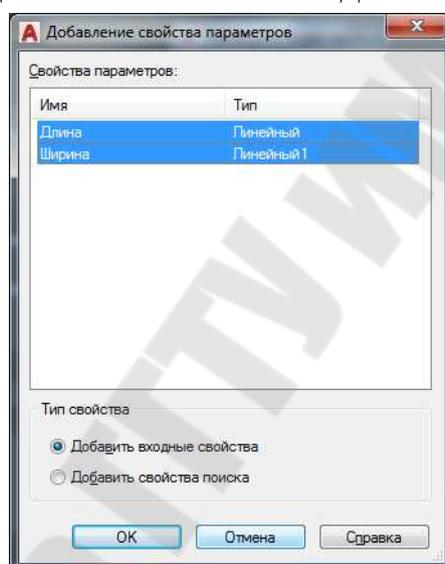
5. Создадим параметр Выбор для задания параметров нашего блока



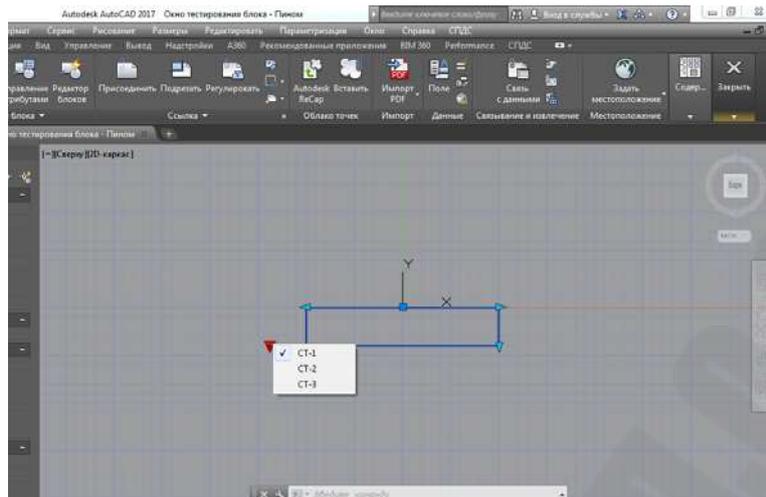
6. Для параметра Выбор зададим операцию Выбор, откроется таблица выбора свойств.



Нажмем кнопку добавить свойства и добавим

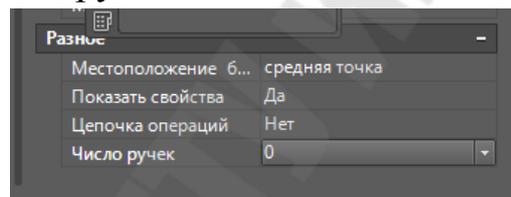


Переходим на тестирование блока

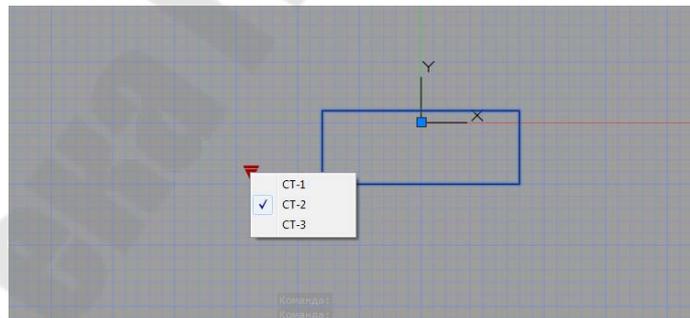


7. Уберем ручки

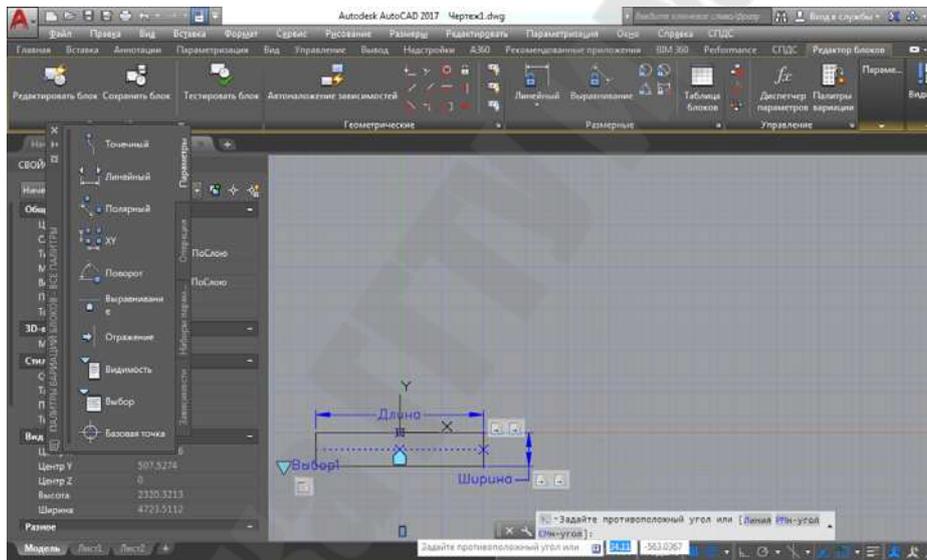
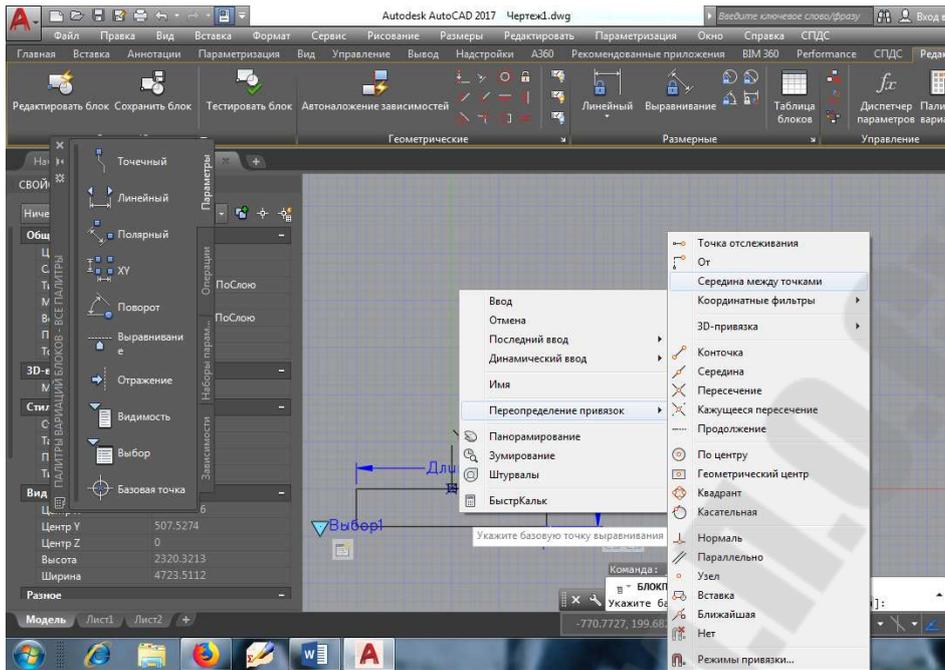
Выделяем параметры Длина и Ширина, затем вызываем окно свойств и в Разное – Число ручек -0



Тестируем блок.

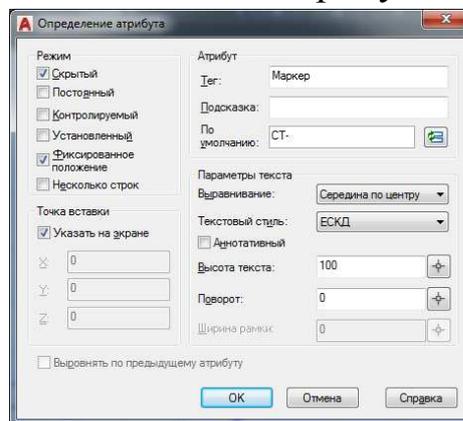


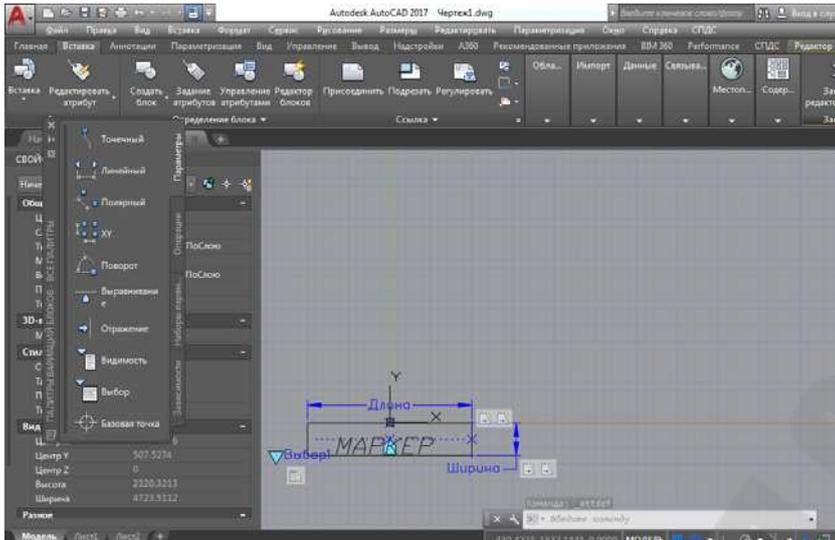
8. Добавим еще один параметр Выравнивание



9. Создадим атрибуты

Выбрать вкладку Вставка –Задание атрибута

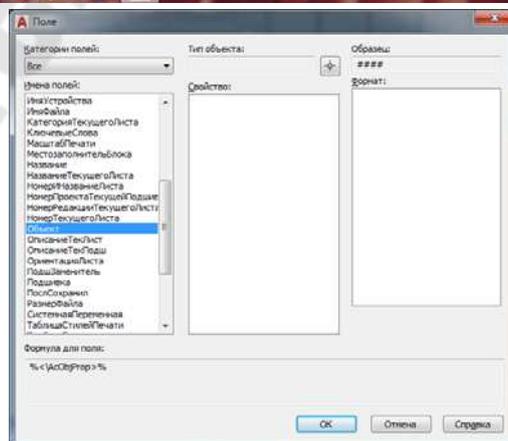
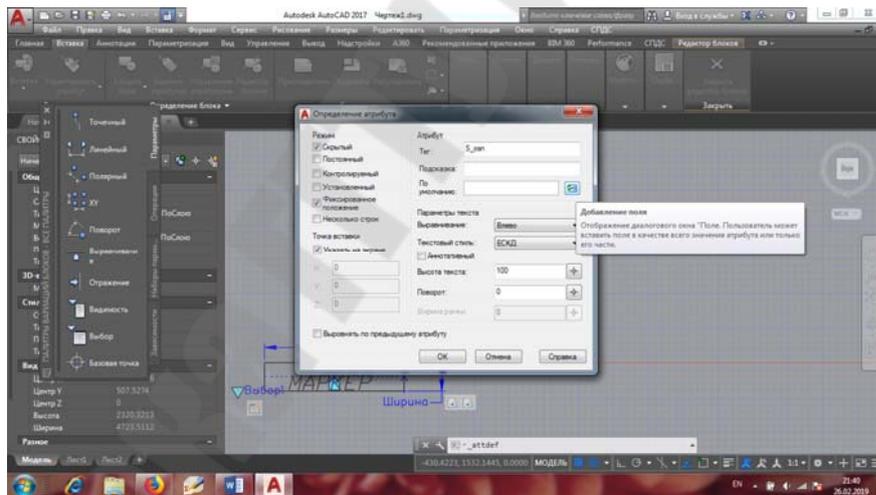


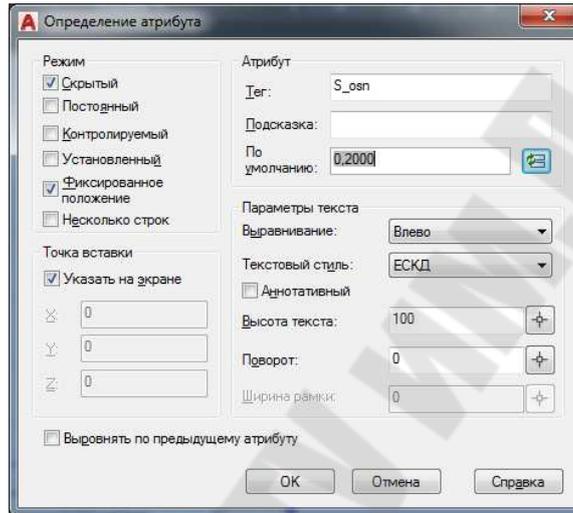
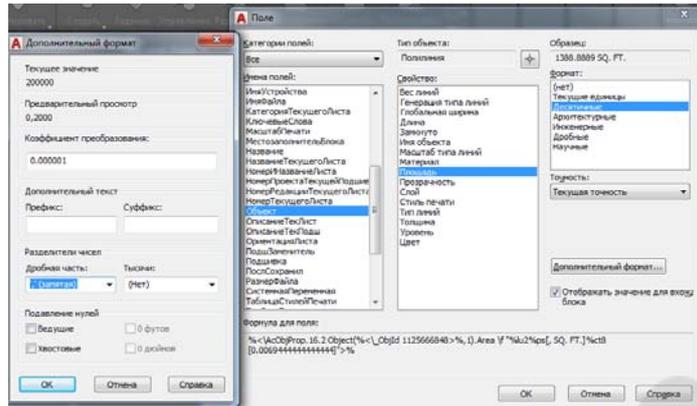


Создадим динамические атрибуты

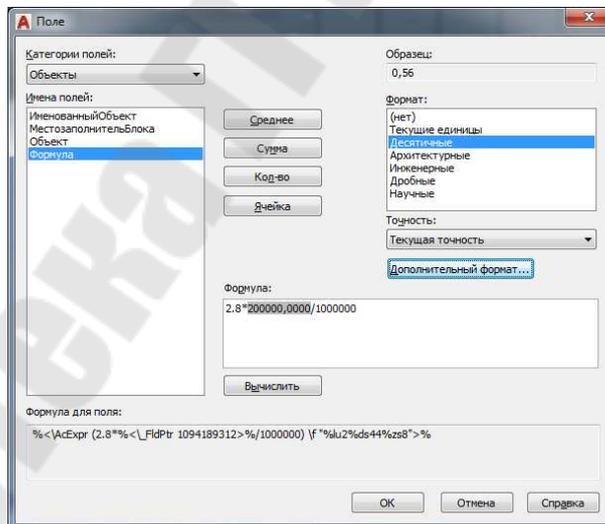
Для вычисления площади опять выбираем Определение атрибута; имя тега –S_osn

В качестве значения по умолчанию нажмем на кнопку добавление поля.

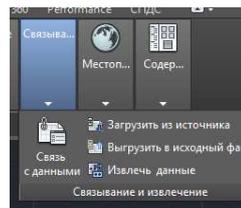


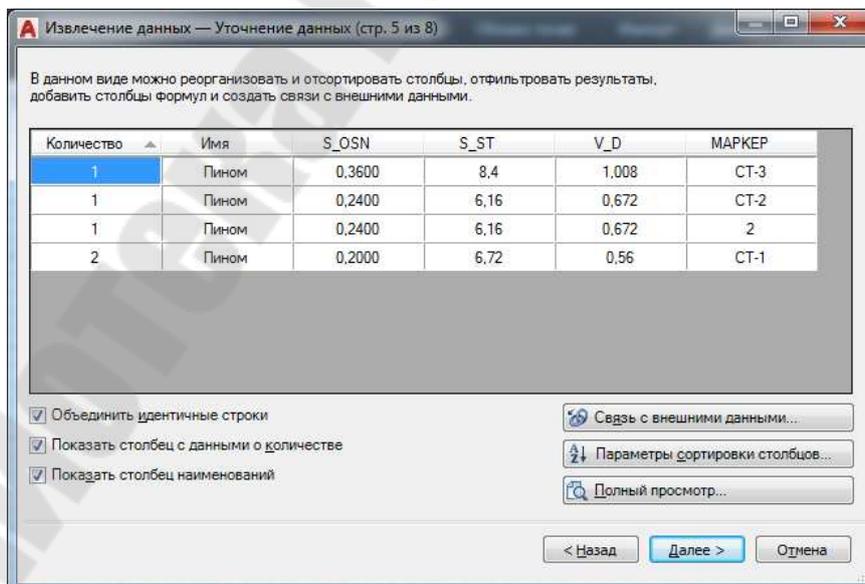
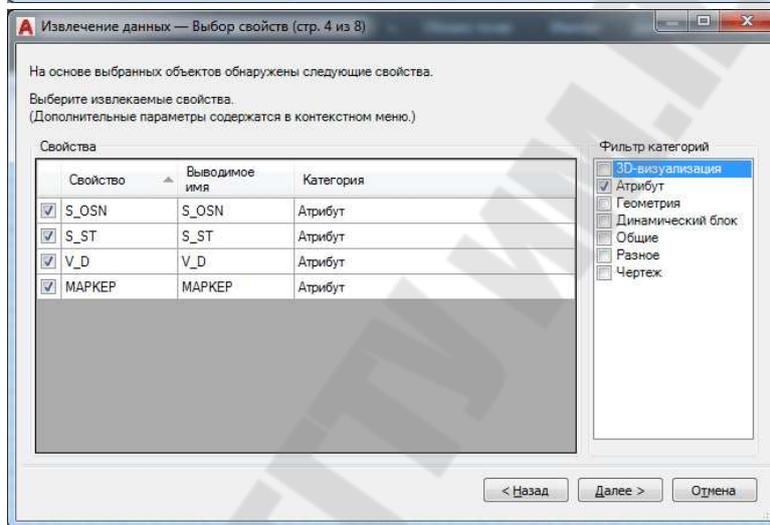
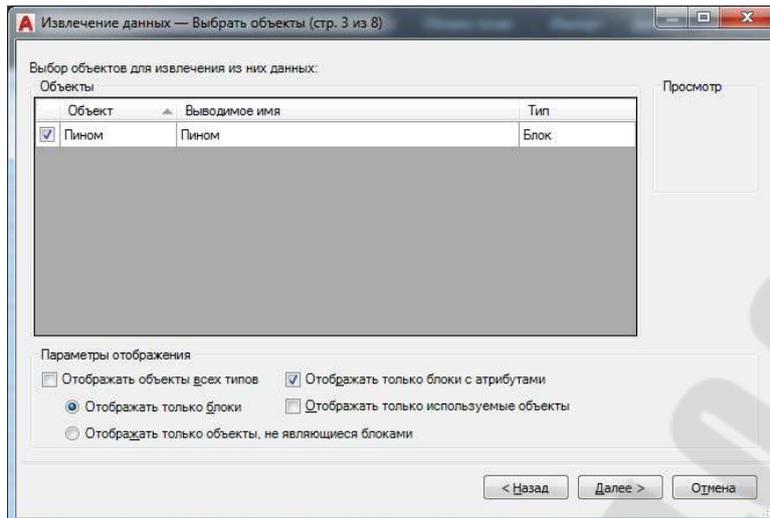


Вычислим объем.



Извлечем данные.





ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 «СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО БЛОКА ДЕТАЛИ «ВАЛ». СВЯЗЬ ТАБЛИЦ AUTOCAD С ТАБЛИЦАМИ EXCEL»

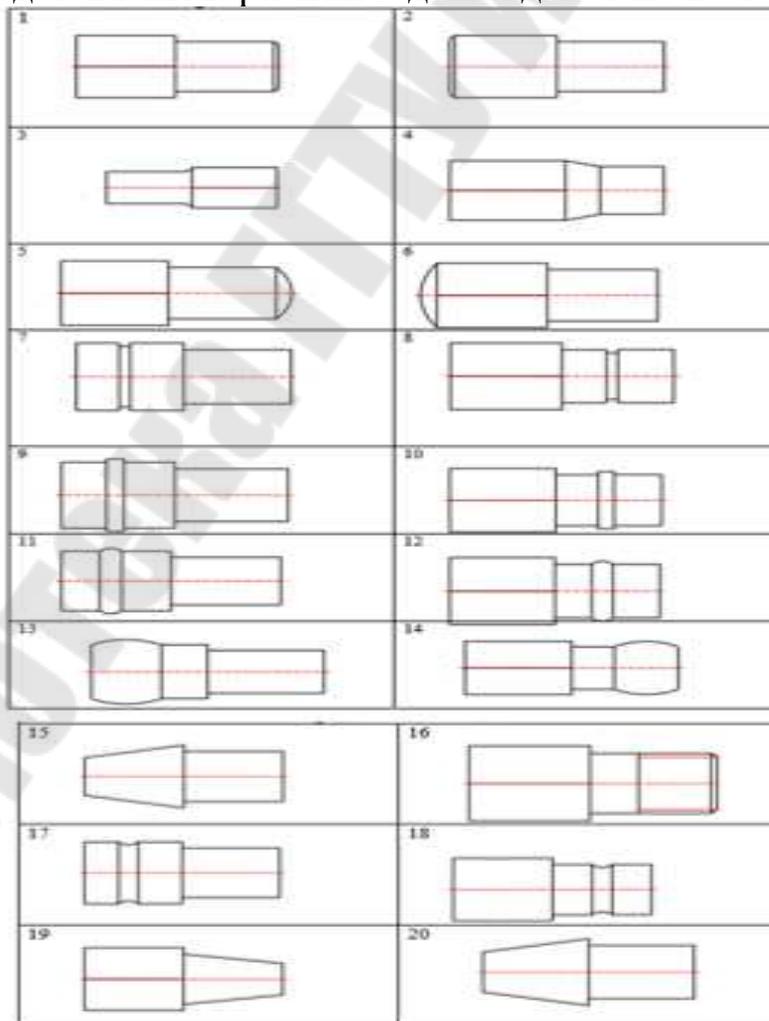
Цель работы. Освоить методику создания параметрического блока, получить навыки установки геометрических и размерных зависимостей. Научиться связывать таблицы AutoCAD с таблицами Excel

Постановка задачи

1. Создать параметрический блок «Вал» с таблицей вариантов исполнения не менее 5.
2. Установить Связь таблиц AutoCAD с таблицами Excel.

Варианты заданий

Ниже представлены варианты заданий деталей «Вал».



Требование к отчету

1. Цель работы
2. Основные копии экранов создания параметрических блоков: геометрические и размерные зависимости, диспетчер параметров.
3. Последовательность установки связи таблицы AutoCAD с таблицей Excel
4. Чертежи деталей Вал с разным исполнением

Методические указания

Параметризация в AutoCAD

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

Существует два основных типа зависимостей:

1) геометрические зависимости управляют размещением объектов по отношению друг к другу. Геометрические зависимости задаются между 2D объектами или между точками на объектах. При дальнейшем редактировании геометрии с наложенными зависимостями эти зависимости сохраняются. Таким образом, использование геометрических зависимостей обеспечивает возможность включения в чертеж требований, предъявляемых к проекту;

2) размерные зависимости управляют расстоянием, длиной, углом и радиусом объектов. При изменении значения размерной зависимости выполняется расчет всех зависимостей, наложенных на данный объект, и автоматическое обновление объектов, на которые влияет это изменение. Кроме того, зависимости могут быть наложены непосредственно на сегменты полилинии, как будто эти сегменты являются отдельными объектами. Количеством десятичных знаков, отображаемых в размерных зависимостях, управляют системные переменные *LUPREC* и *AUPREC*.

На рисунке 3.1 показаны геометрические и размерные зависимости, использующие принятый по умолчанию формат и режим видимости.

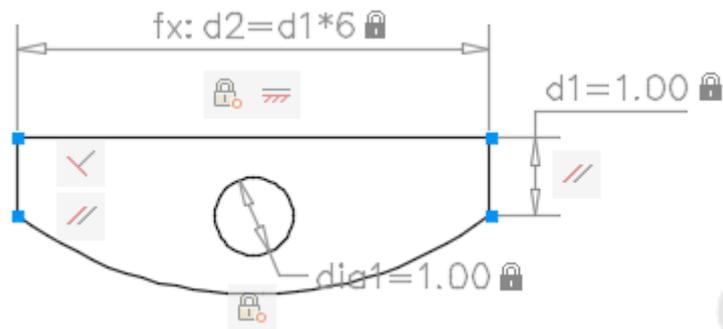


Рисунок 3.1 – Геометрические и размерные зависимости

Зависимости дают возможность:

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

Наложение зависимостей возможно между

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

Для связывания двухмерных геометрических объектов можно применить геометрические зависимости или определить фиксированное положение или угол. Например, можно задать, что отрезок всегда должен быть перпендикулярен другому отрезку, что дуга и круг всегда должны располагаться концентрично или что отрезок всегда должен быть касательным к дуге (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Геометрические зависимости объектов

При наложении зависимости можно будет заметить три изменения:

1) подстройка выбранного объекта для приведения его в соответствие с наложенной зависимостью;

2) по умолчанию возле объекта с зависимостью отображается значок зависимости, как показано на предыдущем рисунке. Совпадающие зависимости отображаются в виде небольших синих квадратов, а все остальные зависимости отображаются в виде серых значков;

3) значок курсора отображается при его наведении на объект с зависимостью.

Наложённые зависимости допускают внесение в геометрию только таких изменений, которые не нарушают параметров зависимостей. Это даёт возможность исследовать различные варианты проектных решений, а также вносить изменения, не приводящие к конфликту с требованиями и спецификациями проекта.

Геометрическую зависимость изменить невозможно, зато её можно удалить и вместо неё наложить другую. В некоторых ситуациях порядок выбора двух объектов при наложении зависимости имеет большое значение. Как правило, второй выбранный объект подстраивается под первый объект. Например, при наложении зависимости перпендикулярности положение объекта, выбранного вторым, корректируется для обеспечения перпендикулярности относительно первого объекта.

Геометрические зависимости:

1) совпадение  – совпадение двух точек или принадлежность точки объекту или продолжению объекта;

2) коллинеарность  – принадлежность двух линий одной и той же бесконечной линии;

3) концентричность  – наличие общего центра у двух окружностей, дуг или эллипсов;

4) фиксация  – закрепление точки или прямой в определенном положении или ориентации относительно мировой системы координат;

5) параллельность  – наличие одинакового угла у двух линий;

6) перпендикулярность  – сохранение угла 90° между двумя линиями или сегментами полилиний;

7) горизонтальность  – параллельность линии или двух точек, расположенных параллельно оси X, текущей ПСК (плоской системе координат);

8) вертикальность  – параллельность линии или двух точек, расположенных параллельно оси Y, текущей ПСК (плоской системе координат);

9) касание  – взаимное касание двух прямых или их продолжений;

10) гладкость  – сохранение для сплайна непрерывности, обеспечивающие наличие плавной непрерывной кривой с другим сплайном, дугой линией или полилинией;

11) симметрия  – симметричность двух прямых или точек на объектах относительно выбранной линии;

12) равенство  – равенство двух длин сегментов полилинии или равенство радиуса дуг и окружностей.

Размерные зависимости бывают следующие:

1) линейная  – создание зависимости горизонтальности или вертикальности пользовательского свойства;

2) выравнивание  – наложение зависимости на длину отрезка или на расстояние между двум отрезками, точкой на объекте и отрезком или между двумя точками на различных объектах;

3) радиус  – наложение зависимости по радиусу на окружность или дугу;

4) диаметр  – наложение зависимости на диаметр окружности или дуги;

5) угловая  – наложение зависимости на угол между двумя отрезками или полилиниями;

б) преобразовать  – преобразование размерной зависимости в параметр зависимости.

Так же для облегчения наложения геометрических зависимостей предусмотрена функция «Автоналожение зависимостей» .

Пример 3.1 Создание динамического блока «ШВЕЛЛЕР»

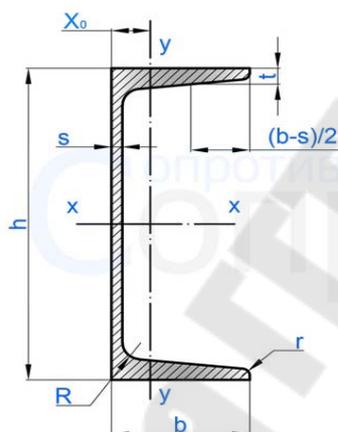
Итак, начнем создавать швеллер.

Создавать будем по этапам:

- вычерчивание основы блока;
- создание блока;
- параметризация ее в плоскости модели;
- добавление таблицы значений.

За основу был взят швеллер 5У

Швеллеры стальные горячекатаные с уклоном внутренних граней полков по ГОСТ 8240-97



- h** - высота швеллера
- b** - ширина полки
- s** - толщина стенки
- t** - толщина полки
- A** - площадь поперечного сечения
- R** - радиус внутреннего закругления
- r** - радиус закругления полки
- I** - момент инерции
- W** - момент сопротивления
- S** - статический момент полусечения
- i** - радиус инерции

ssopromat.ru

В данной таблице представлены геометрические характеристики швеллеров стальных горячекатаных с уклоном внутренних граней полков (серия У)

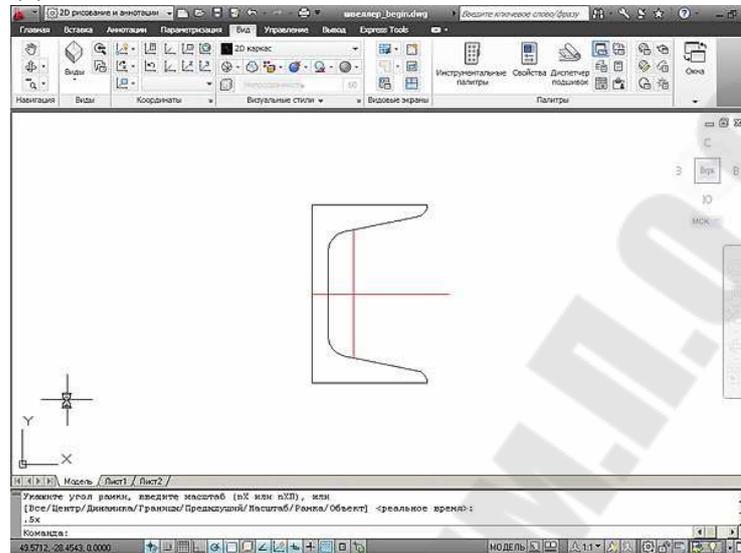
Таблица 1 - Швеллеры с уклоном внутренних граней полков

| Номер швеллера серии У | h | b | s | t | R r | | Площадь поперечного сечения F, см ² | Масса 1 м, кг | Справочные значения для осей | | | | | | | | |
|------------------------|-----|-----|-----|------|----------|-----|--|---------------|----------------------------------|---|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|---------------------|------|---------------------|
| | | | | | не более | | | | X-X | | | | Y-Y | | | | X ₀ , см |
| | | | | | mm | mm | | | I _x , см ⁴ | W _x ^{1/2} , см ³ | i _x , см | S _x , см ³ | I _y , см ⁴ | W _y ^{1/2} , см ³ | i _y , см | | |
| 5У | 50 | 32 | 4,4 | 7,0 | 6,0 | 2,5 | 6,16 | 4,84 | 22,8 | 9,1 | 1,92 | 5,59 | 5,61 | 2,75 | 0,95 | 1,16 | |
| 6,5У | 65 | 36 | 4,4 | 7,2 | 6,0 | 2,5 | 7,51 | 5,90 | 48,6 | 15,0 | 2,54 | 9,00 | 8,70 | 3,68 | 1,08 | 1,24 | |
| 8У | 80 | 40 | 4,5 | 7,4 | 6,5 | 2,5 | 8,98 | 7,05 | 89,4 | 22,4 | 3,16 | 13,30 | 12,80 | 4,75 | 1,19 | 1,31 | |
| 10У | 100 | 46 | 4,5 | 7,6 | 7,0 | 3,0 | 10,90 | 8,59 | 174,0 | 34,8 | 3,99 | 20,40 | 20,40 | 6,46 | 1,37 | 1,44 | |
| 12У | 120 | 52 | 4,8 | 7,8 | 7,5 | 3,0 | 13,30 | 10,40 | 304,0 | 50,6 | 4,78 | 29,60 | 31,20 | 8,52 | 1,53 | 1,54 | |
| 14У | 140 | 58 | 4,9 | 8,1 | 8,0 | 3,0 | 15,60 | 12,30 | 491,0 | 70,2 | 5,60 | 40,80 | 45,40 | 11,00 | 1,70 | 1,67 | |
| 16У | 160 | 64 | 5,0 | 8,4 | 8,5 | 3,5 | 18,10 | 14,20 | 747,0 | 93,4 | 6,42 | 54,10 | 63,30 | 13,80 | 1,87 | 1,80 | |
| 16аУ | 160 | 68 | 5,0 | 9,0 | 8,5 | 3,5 | 19,50 | 15,30 | 823,0 | 103,0 | 6,49 | 59,40 | 78,80 | 16,40 | 2,01 | 2,00 | |
| 18У | 180 | 70 | 5,1 | 8,7 | 9,0 | 3,5 | 20,70 | 16,30 | 1090,0 | 121,0 | 7,24 | 69,80 | 86,00 | 17,00 | 2,04 | 1,94 | |
| 18аУ | 180 | 74 | 5,1 | 9,3 | 9,0 | 3,5 | 22,20 | 17,40 | 1190,0 | 132,0 | 7,32 | 76,10 | 105,00 | 20,00 | 2,18 | 2,13 | |
| 20У | 200 | 76 | 5,2 | 9,0 | 9,5 | 4,0 | 23,40 | 18,40 | 1520,0 | 152,0 | 8,07 | 87,80 | 113,00 | 20,50 | 2,20 | 2,07 | |
| 22У | 220 | 82 | 5,4 | 9,5 | 10,0 | 4,0 | 26,70 | 21,00 | 2110,0 | 192,0 | 8,89 | 110,00 | 151,00 | 25,10 | 2,37 | 2,21 | |
| 24У | 240 | 90 | 5,6 | 10,0 | 10,5 | 4,0 | 30,60 | 24,00 | 2900,0 | 242,0 | 9,73 | 139,00 | 208,00 | 31,60 | 2,60 | 2,42 | |
| 27У | 270 | 95 | 6,0 | 10,5 | 11,0 | 4,5 | 35,20 | 27,70 | 4160,0 | 308,0 | 10,90 | 178,00 | 262,00 | 37,30 | 2,73 | 2,47 | |
| 30У | 300 | 100 | 6,5 | 11,0 | 12,0 | 5,0 | 40,50 | 31,80 | 5810,0 | 387,0 | 12,00 | 224,00 | 327,00 | 43,60 | 2,84 | 2,52 | |
| 33У | 330 | 105 | 7,0 | 11,7 | 13,0 | 5,0 | 46,50 | 36,50 | 7980,0 | 484,0 | 13,10 | 281,00 | 410,00 | 51,80 | 2,97 | 2,59 | |
| 36У | 360 | 110 | 7,5 | 12,6 | 14,0 | 6,0 | 53,40 | 41,90 | 10820,0 | 601,0 | 14,20 | 350,00 | 513,00 | 61,70 | 3,10 | 2,68 | |
| 40У | 400 | 115 | 8,0 | 13,5 | 15,0 | 6,0 | 61,50 | 48,30 | 15220,0 | 761,0 | 15,70 | 444,00 | 642,00 | 73,40 | 3,23 | 2,75 | |

(Поправка. ИУС 12-2004 г.).

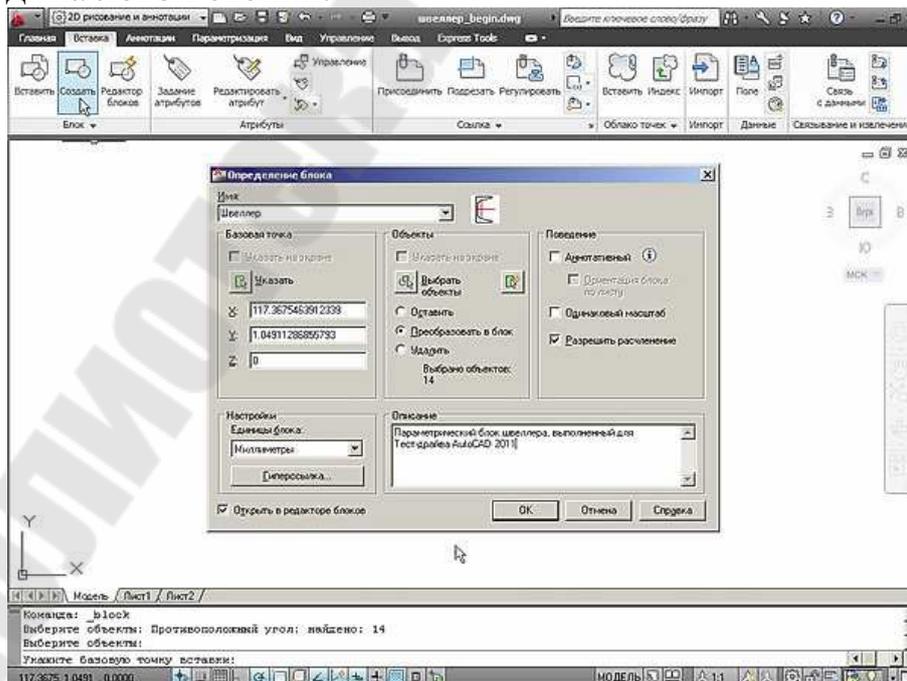
Для упрощения нашей задачи, геометрия швеллера уже вычерчена.

Обратите внимание на красные линии – это оси швеллера, они нам также пригодятся.

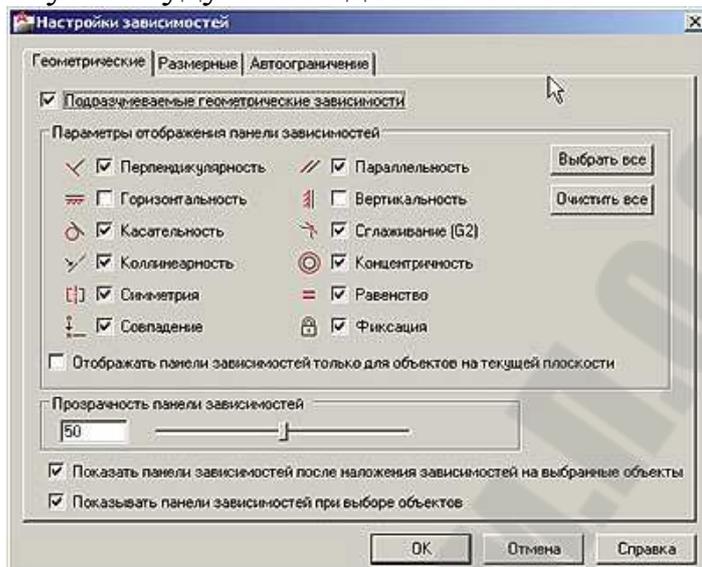


Геометрические зависимости можно накладывать как до преобразования объекта в блок, так и после. Наложённые **ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ** зависимости сохраняются. При создании эскиза уже были наложены **ПОДРАЗЕМЕВАЕМЫЕ ЗАВИСИМОСТИ**, которые Вы сможете увидеть, нажав на кнопку **ПОКАЗАТЬ ВСЁ** панели **Геометрические** вкладки **Параметризация**.

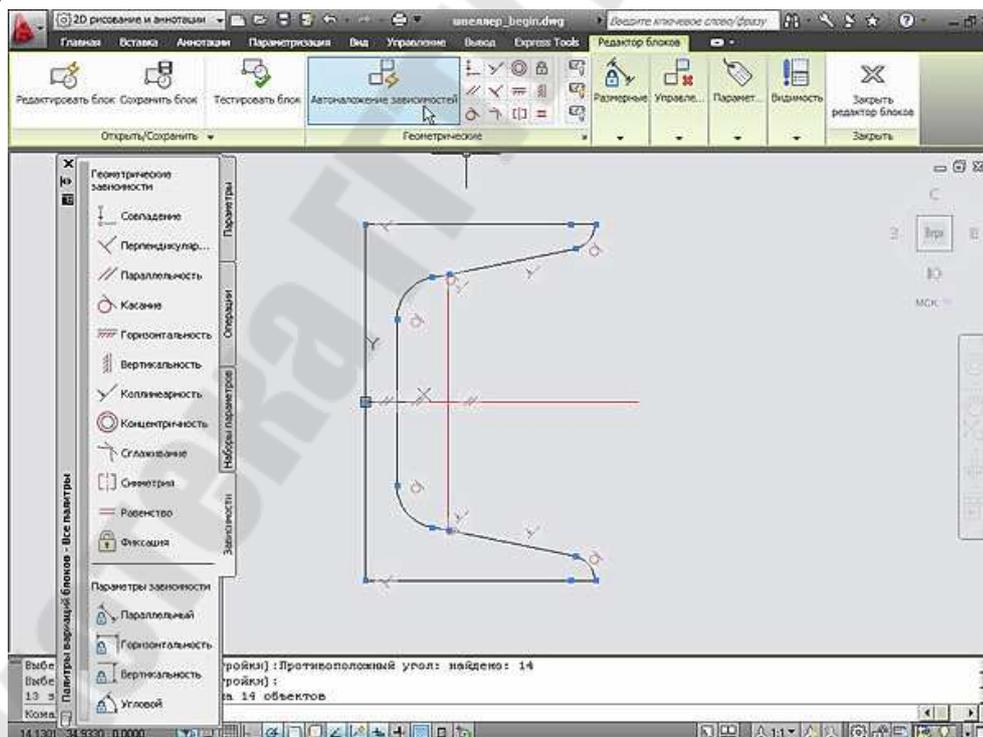
Создайте блок **ШВЕЛЛЕР**, где в качестве точки вставки будет середина левой стенки.



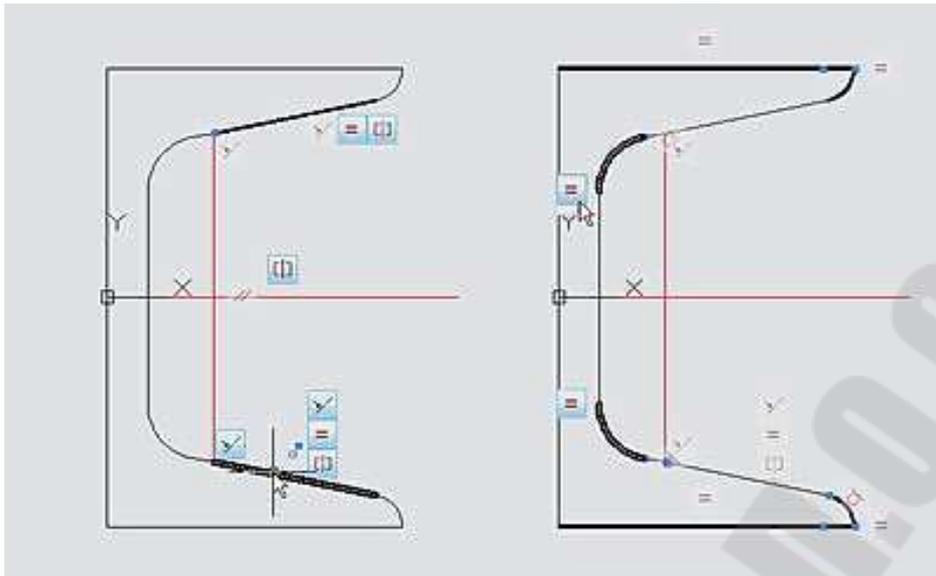
Используйте **АВТОНАЛОЖЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ** для параметризации Швеллера. Предварительно, проконтролируйте, какие зависимости у вас будут накладываться.



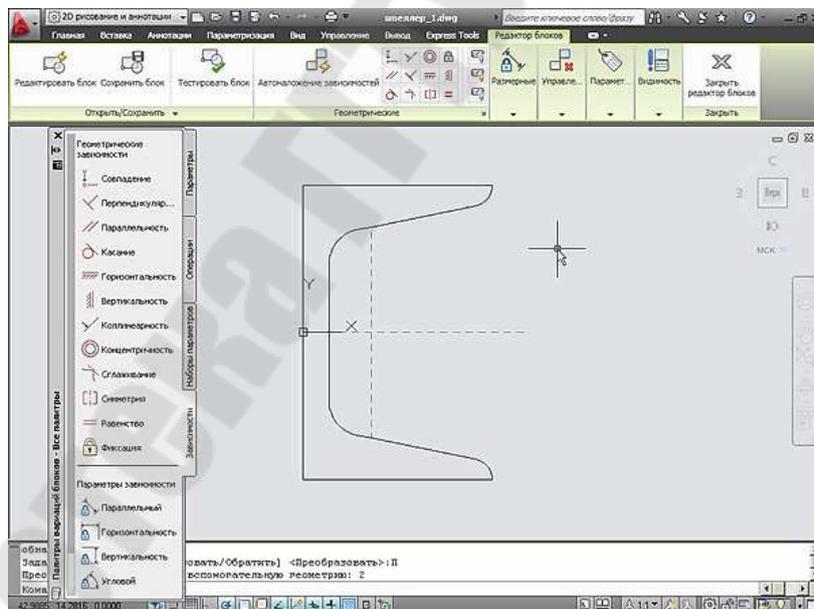
После автоналожения зависимостей вы получите следующую картину.



Дополните полученные ограничения Симметрией полок (относительно ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ оси) и равенством радиусов.

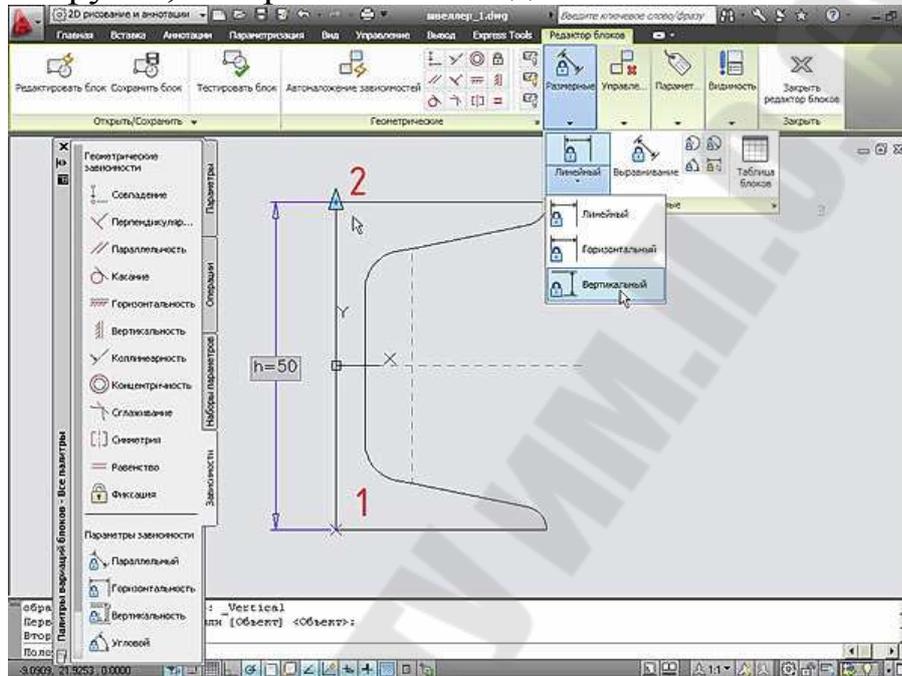


Оси швеллера преобразуйте во **ВСПОМОГАТЕЛЬНУЮ ГЕОМЕТРИЮ**. В результате чего оси внутри блока будут отображаться штриховой линией, а при вставке блока их не будет видно. И, чтобы геометрические зависимости в дальнейшем не мешали вам накладывать размерные зависимости – отключите их **ВИДИМОСТЬ**.

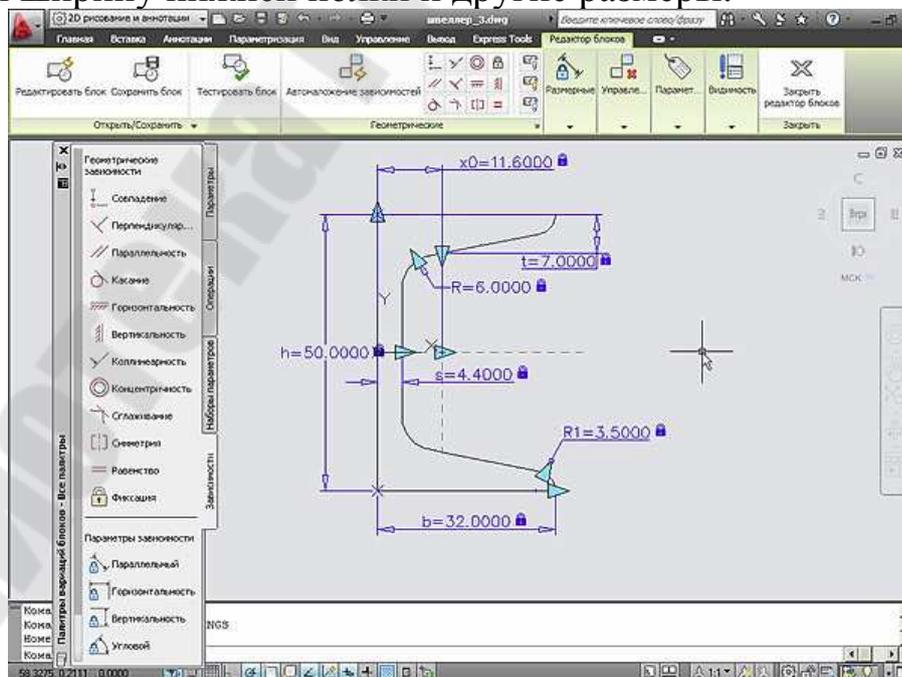


Задаем первую зависимость – высоту швеллера **h**. Для этого во вкладке **Параметризация**, в панели **Размерные**, выбираем размер **Вертикальный** и накладываем на высоту стенки параметр **h**. Также можно воспользоваться **Палитрой вариаций блоков**, вкладкой **зависимости**. Первая точка – нижняя. Вторая – верхняя.

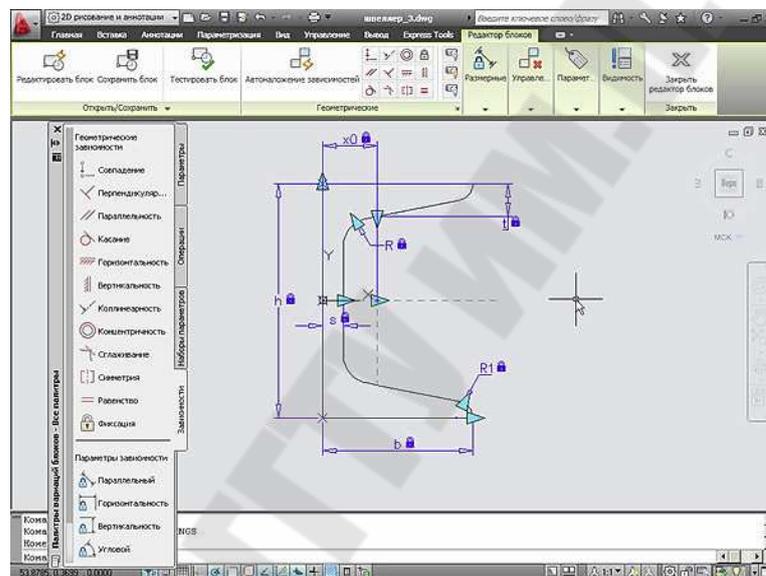
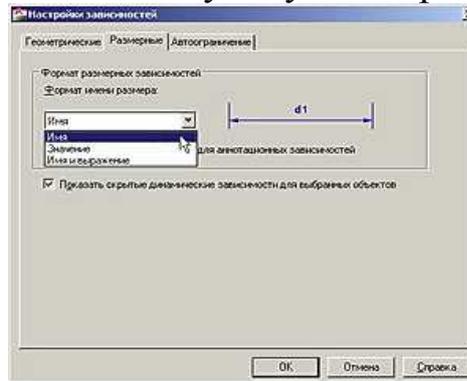
Как правило, при задании размерных зависимостей очень важно отслеживать последовательности задания точек, что достаточно не просто. Дело в том, что при размерной параметризации очередность задания точек означает, от какой точки к какой будет меняться длина отрезка при изменении размера: это будет влиять на расположение ручек, которые вы впоследствии отключите.



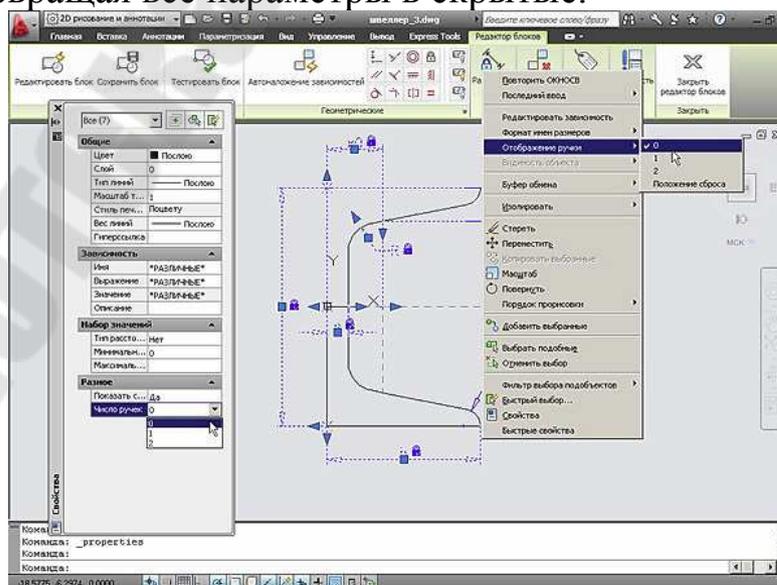
Задаём ширину нижней полки и другие размеры.



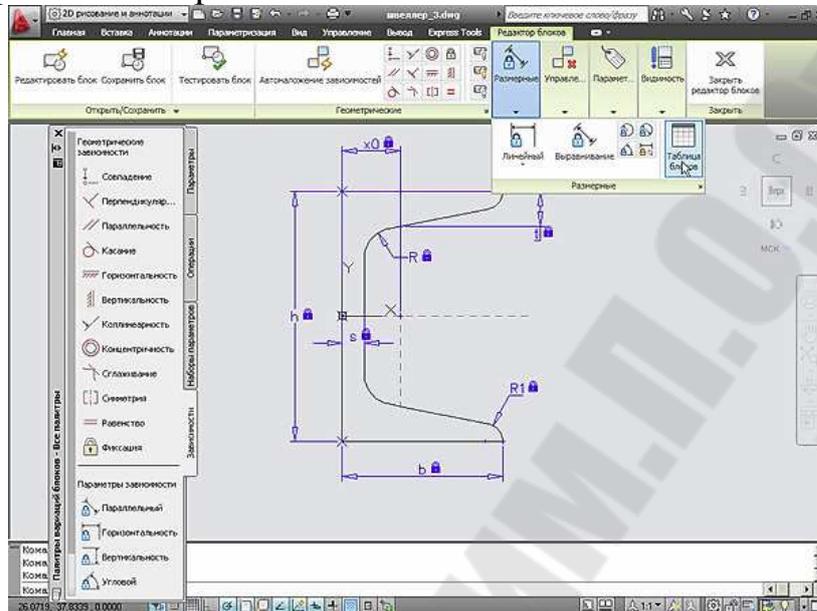
Чтобы на экране отображались только имя величин (без размеров). Произведите соответствующую настройку зависимостей.



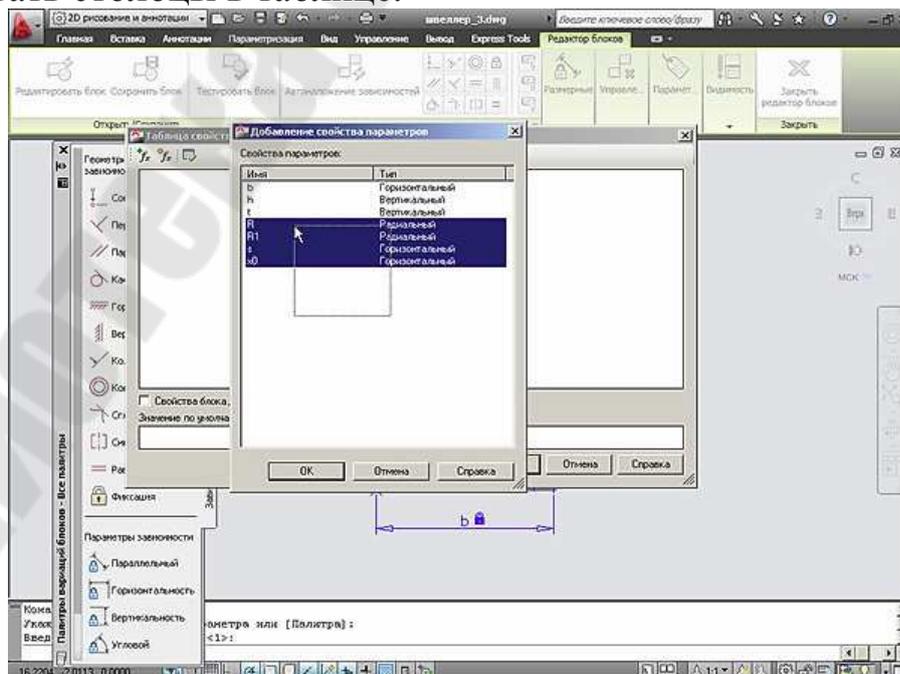
Отключите у каждой размерной зависимости отображение ручек, тем самым превращая все параметры в скрытые.



Теперь создадим таблицу значений параметров. Размещаем таблицу блоков нажав на кнопку ТАБЛИЦА БЛОКОВ и указываем место её размещения. Желательно, чтобы это была точка рядом с центром швеллера.



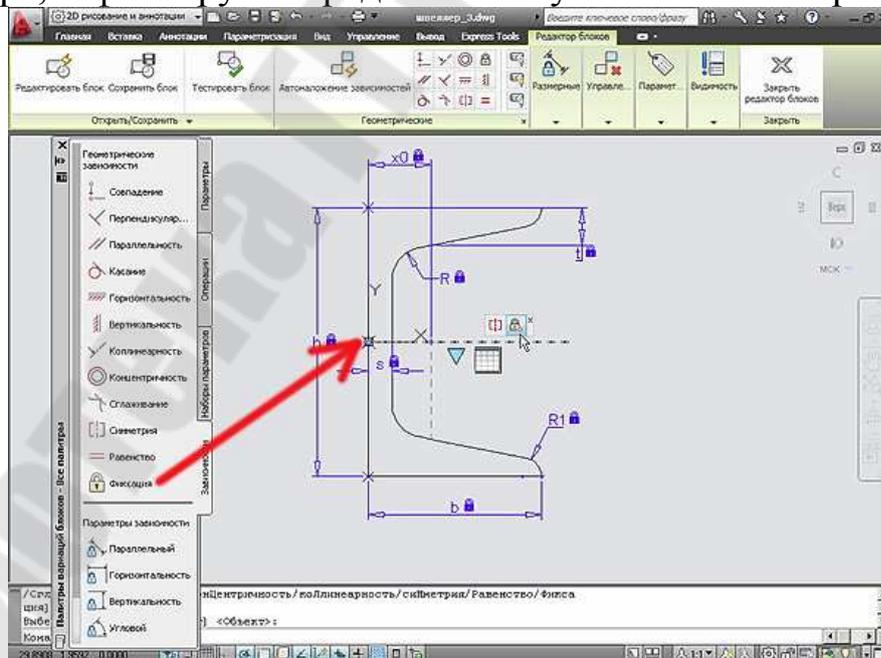
Входим в режим создания таблицы блока (если вы при создании таблицы вышли из окна, повторно нажмите ТАБЛИЦА БЛОКОВ). Нажимаем кнопку добавления свойств и выбираем нужные нам параметры. Выбор можно осуществлять последовательно, указывая нужный порядок, а можно выбрать сразу все параметры и отсортировать столбцы в таблице.



Создаём Новый пользовательский параметр НОМЕР_ШВЕЛЛЕРА (тип СТРОКА) и размещаем его в первом столбце. После чего открываем файл Швеллер/Швеллер ГОСТ8240-97.xlsx и, скопировав диапазон значений, вставляем его в таблицу блока. Обратите внимание, что все десятичные числа написаны через точку.

| номер_швеллера | h | b | s | t | R |
|----------------|-----|----|-----|-----|-----|
| 5У | 50 | 32 | 4.4 | 7 | 6 |
| 6.5У | 65 | 36 | 4.4 | 7.2 | 6 |
| 8У | 80 | 40 | 4.5 | 7.4 | 6.5 |
| 10У | 100 | 46 | 4.5 | 7.6 | 7 |
| 12У | 120 | 52 | 4.8 | 7.8 | 7.5 |
| 14У | 140 | 58 | 4.9 | 8.1 | 8 |
| 16У | 160 | 64 | 5 | 8.4 | 8.5 |
| 16аУ | 160 | 68 | 5 | 9 | 8.5 |
| 18У | 180 | 70 | 5.1 | 8.7 | 9 |
| 18аУ | 180 | 74 | 5.1 | 9.3 | 9 |
| 20У | 200 | 76 | 5.2 | 9 | 9.5 |

Тестируем блок. А чтобы деформация проходила относительно оси швеллера, зафиксируйте среднюю точку стенки швеллера.



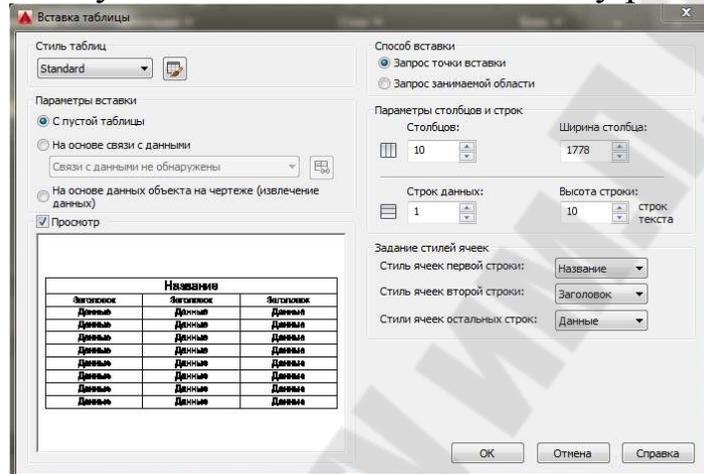
Связь таблиц AutoCAD и таблиц Excel

В AutoCAD можно вставить существующую таблицу Excel, при этом сохраняется двусторонняя связь между программами. Если

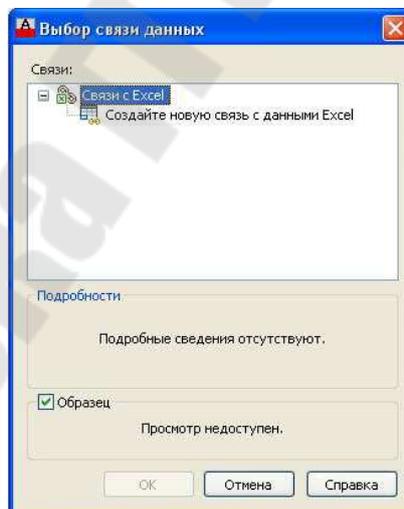
изменить исходную Excel-таблицу, то изменится и связанная с ней таблица в AutoCAD, аналогично при изменении таблицы в AutoCAD поменяется и исходная. Связь поддерживается на уровне данных и форматирования таблиц.

Создание связи с данными и вставка таблицы.

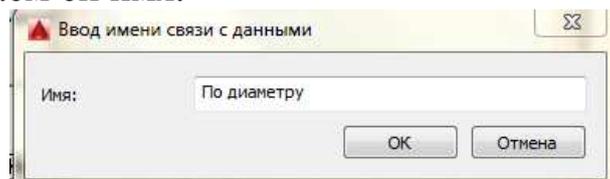
1) Запускаем в AutoCAD команду Таблица. В диалоговом окне выбираем пункт «На основе связи с данными». В выпадающем списке еще нет никаких связей, для создания новой необходимо выбрать соответствующий пункт меню или нажать кнопку рядом.



2) В окне Выбор связи данных создаем новую связь с данными Excel.

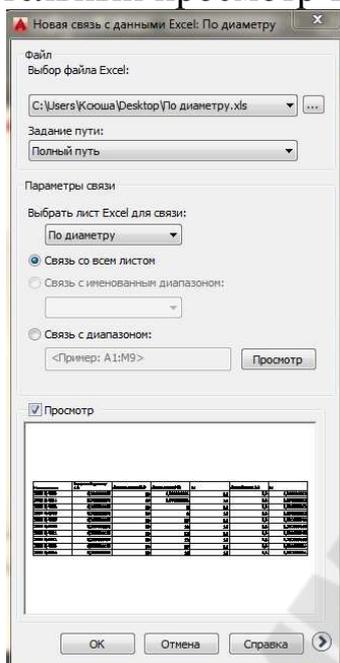


3) Присваиваем ей имя.

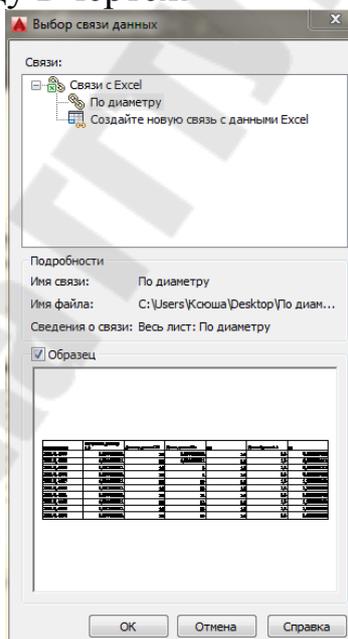


4) Выбираем файл с перечнем элементов. Для многостраничных таблиц нужно указать необходимый лист с данными, выбрать опцию

Связь со всем листом или с диапазоном. После введения всех данных будет доступен предварительный просмотр таблицы.



5) Теперь в окне *Выбор связи данных* выбираем нашу созданную связь и вставляем таблицу в чертеж



| Наименование | Внутренний диаметр d.D | Диаметр детали D.D | Длина детали H.h | D1 | Длина буртика h.h | h1 | | | |
|--------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------|-------------------|----|--|-----|-------------|
| 7051 Ц 4983 | 6,300000191 | | 10 | 6,300000191 | | 14 | | 1,5 | 0,800000012 |
| 7051 Ц 4984 | 6,300000191 | | 10 | 6,300000191 | | 14 | | 1,5 | 0,800000012 |
| 7051 Ц 4985 | 6,300000191 | | 10 | 8 | | 14 | | 1,5 | 0,800000012 |
| 7051 Ц 4986 | 6,300000191 | | 10 | 8 | | 14 | | 1,5 | 0,800000012 |
| 7051 Ц 4987 | 6,300000191 | | 10 | 10 | | 14 | | 1,5 | 1,200000048 |
| 7051 Ц 4988 | 6,300000191 | | 10 | 10 | | 14 | | 1,5 | 1,200000048 |
| 7051 Ц 4991 | 6,300000191 | | 10 | 12 | | 14 | | 1,5 | 1,200000048 |
| 7051 Ц 4992 | 6,300000191 | | 10 | 12 | | 14 | | 1,5 | 1,200000048 |
| 7051 Ц 4993 | 6,300000191 | | 10 | 16 | | 14 | | 1,5 | 1,600000024 |
| 7051 Ц 4994 | 6,300000191 | | 10 | 16 | | 14 | | 1,5 | 1,600000024 |

Использование двусторонней связи

Вставленная в AutoCAD таблица заблокирована, о чем символизирует символ замка около курсора. В этом случае работает только прямая связь – из Excel в AutoCAD и в самом AutoCAD править таблицу нельзя.

Чтобы изменить блокировку необходимо из контекстного меню таблицы выбрать меню Блокирование, где доступно четыре опции:

1) разблокирование–снятие всех блокировок с таблицы (при этом связь с Excel сохраняется);

2) содержимое заблокировано– блокировка содержимого таблицы, но не ее формата;

3) формат заблокирован – запрет изменения формата, но возможность редактирования данных таблицы;

4) содержимое и формат заблокированы - полная блокировка таблицы (этот параметр установлен по умолчанию для всех вновь созданных таблиц).

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 «ФОРМИРОВАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»

Цель работы. Получение основных навыков формирования чертежей с использованием трехмерного моделирования.

Постановка задачи

1. Построить 3D-модель с помощью выдавленного тела, представляющую верхнюю и нижнюю плиты, соединенные насквозь полыми цилиндрами. С помощью мастера Компоновки Листа получить в видовых экранах конструкторский набор.
2. Построить 3D-модель детали из лабораторной работы № 3 с помощью тела вращения. С помощью мастера Компоновки Листа получить в видовых экранах конструкторский набор.

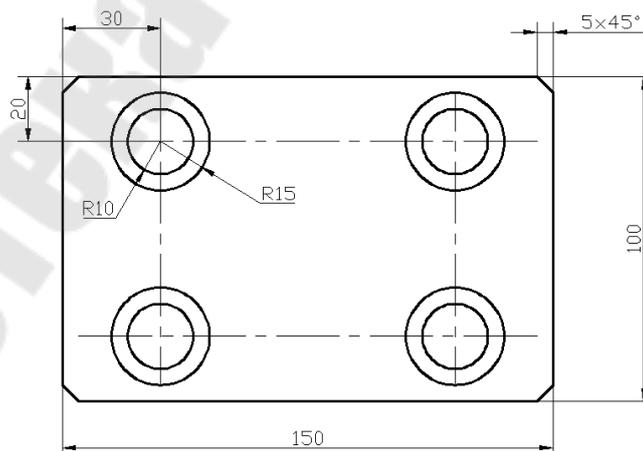
Исходные данные

Часть 1

Для каждого варианта представлен эскиз плиты, а также указана толщина плиты S и общая высота цилиндров H .

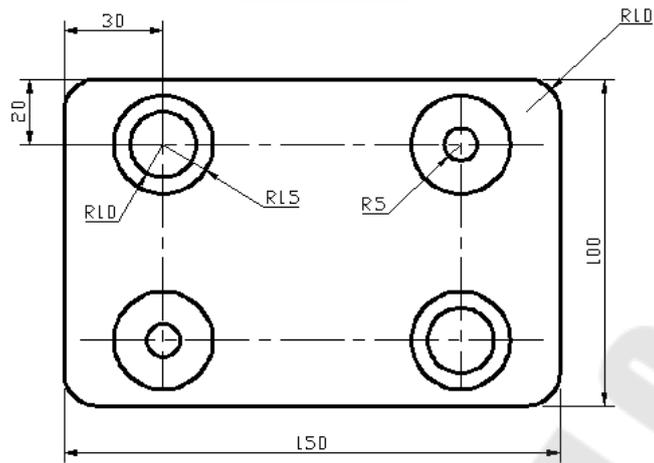
Варианты заданий

Вариант 1



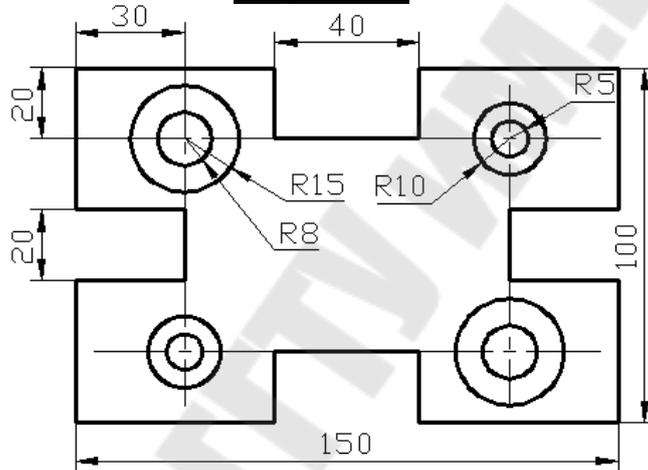
$S=30, H=120$

Вариант2



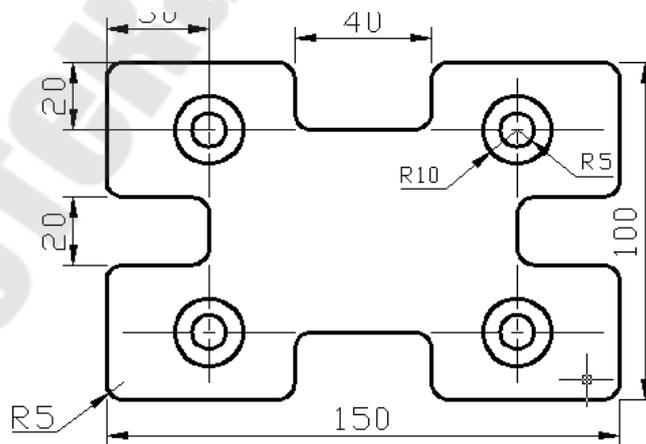
S=35, H=140

Вариант3



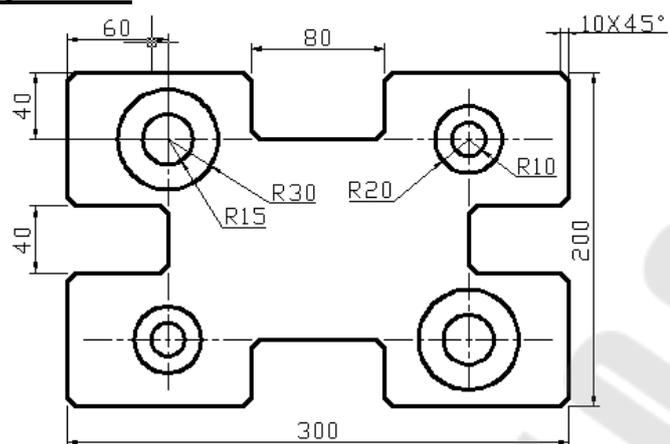
S=25, H=135

Вариант4



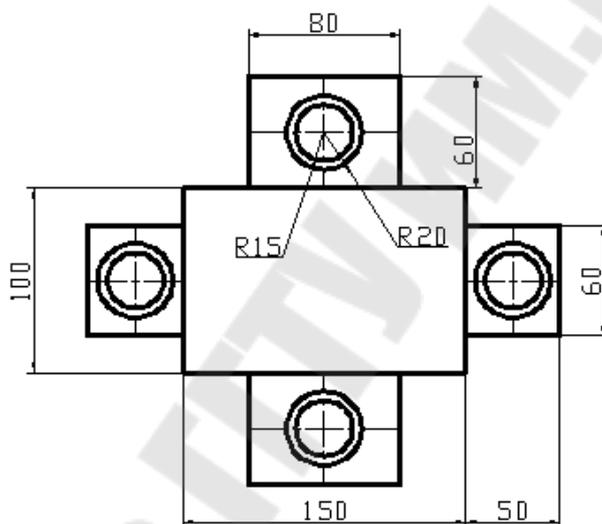
S=40, H=150

Вариант5



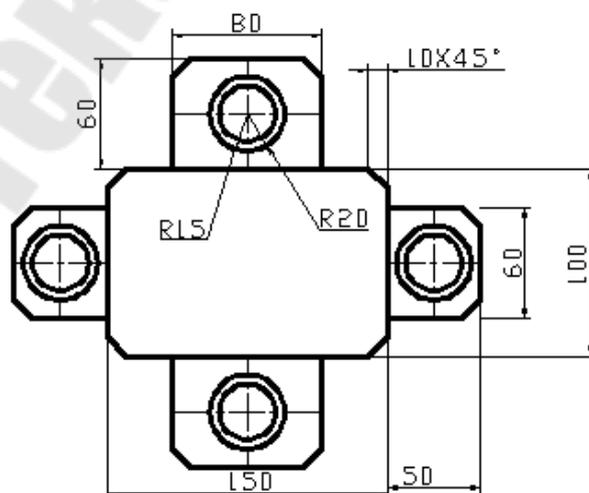
S=20, H=145

Вариант6



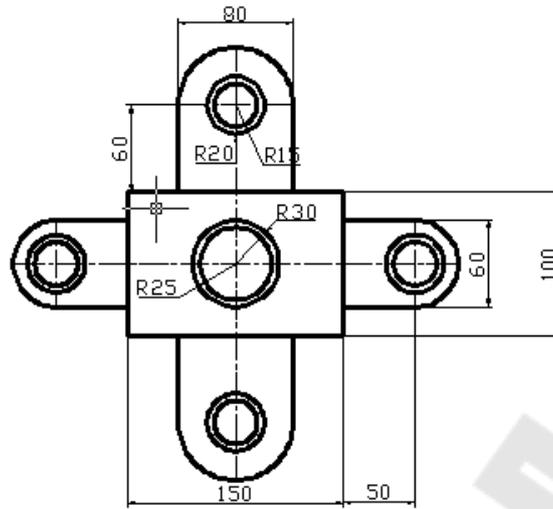
S=45, H=155

Вариант7



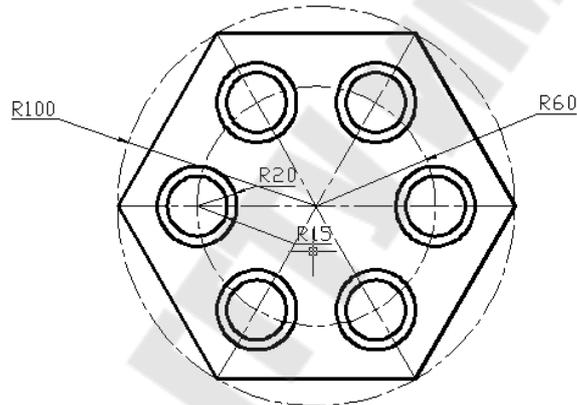
S=25, H=170

Вариант8



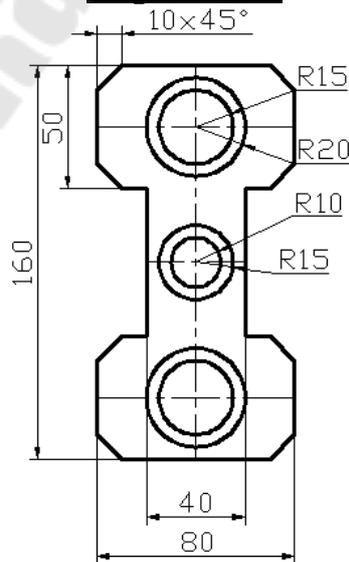
S=42, H=146

Вариант9



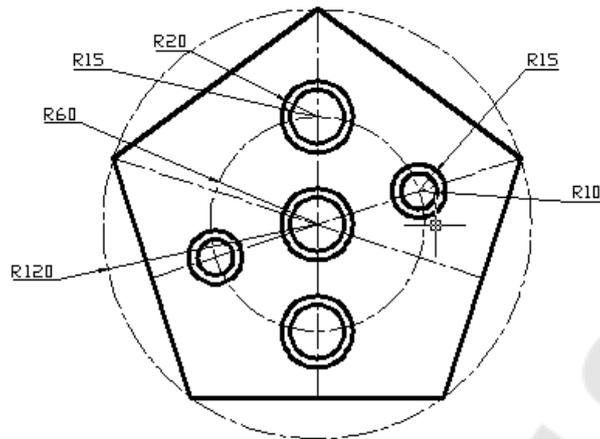
S=30, H=130

Вариант10



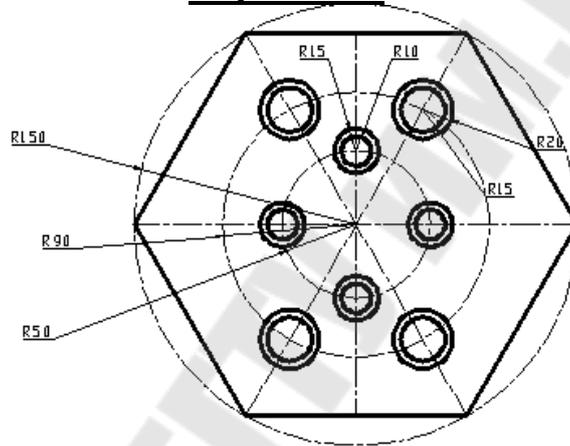
S=30, H=120

Вариант 11



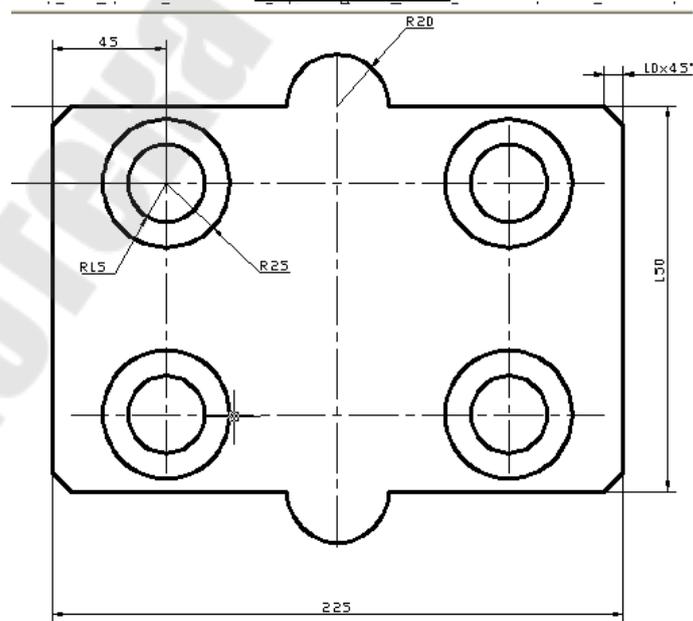
S=25, H=150

Вариант 12



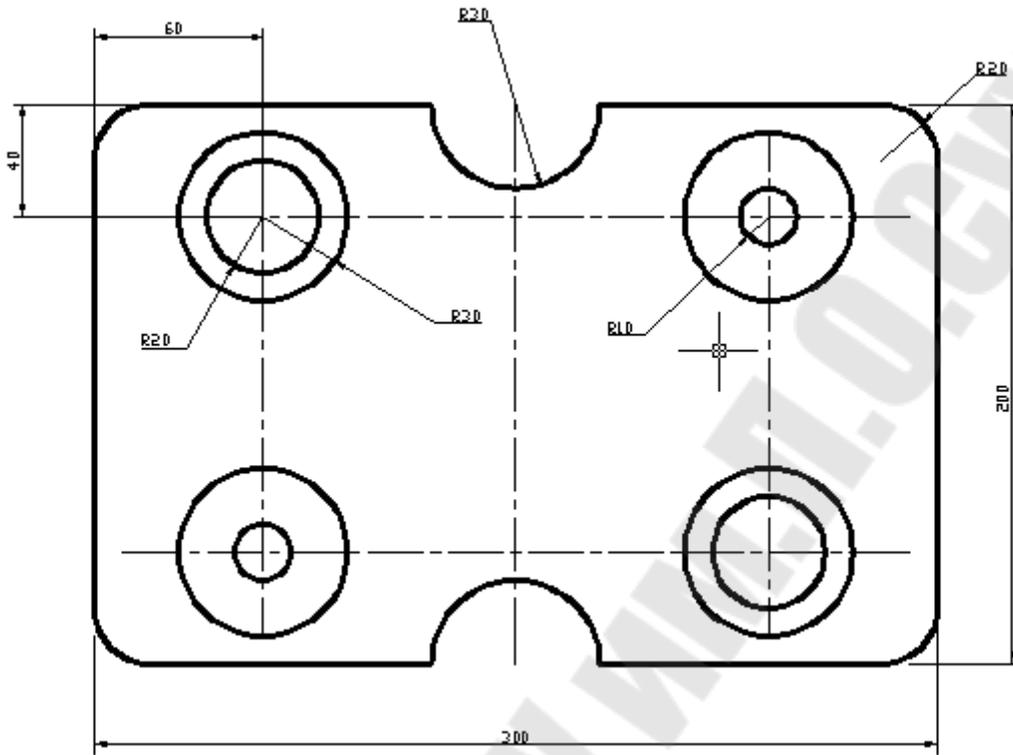
S=35, H=140

Вариант 13



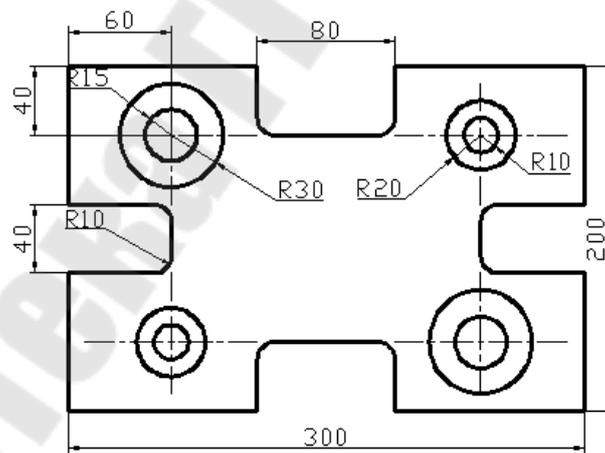
S=25, H=150

Вариант14



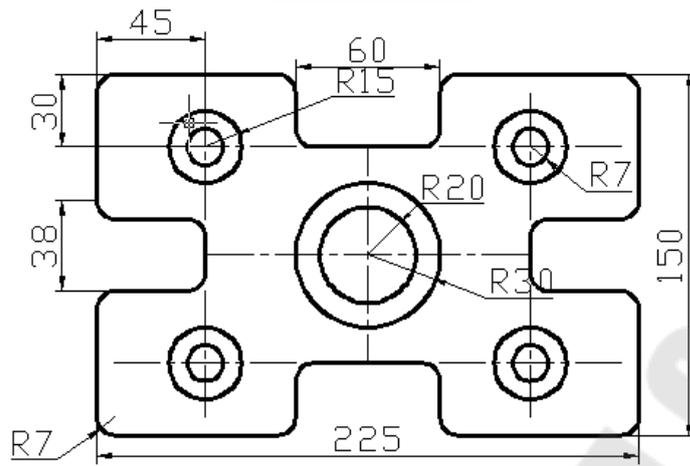
S=35, H=140

Вариант15



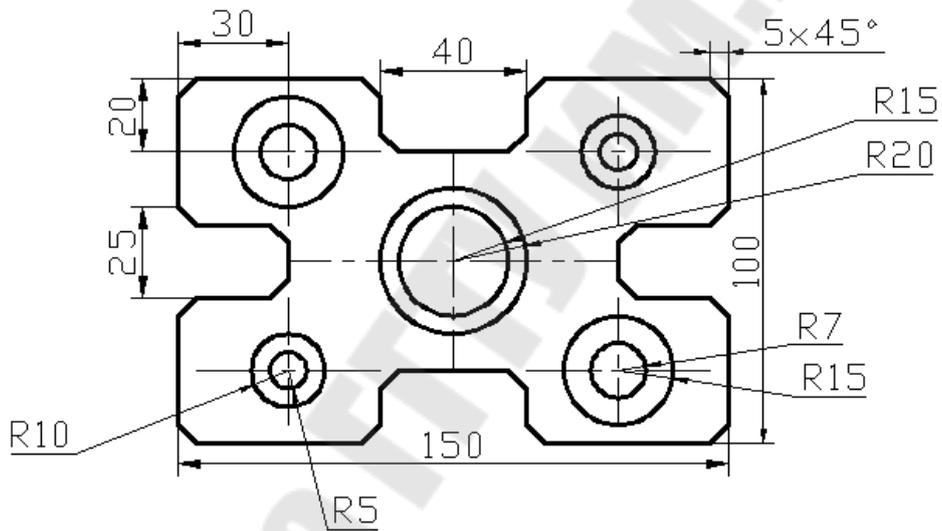
S=35, H=160

Вариант16



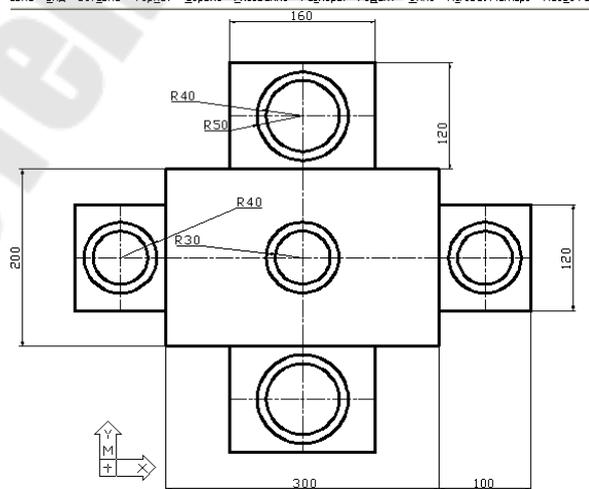
S=45, H=150

Вариант17



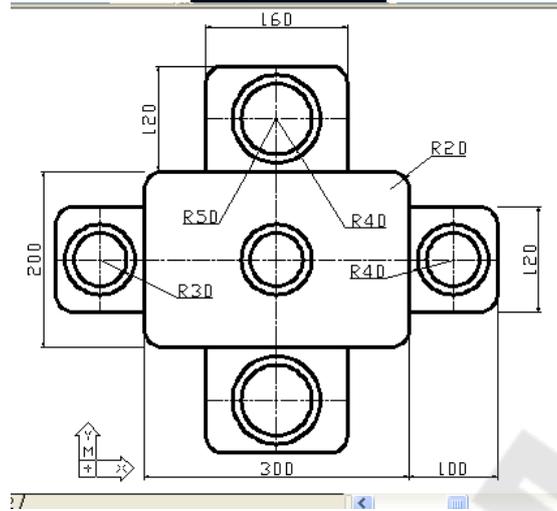
S=35, H=160

Вариант18



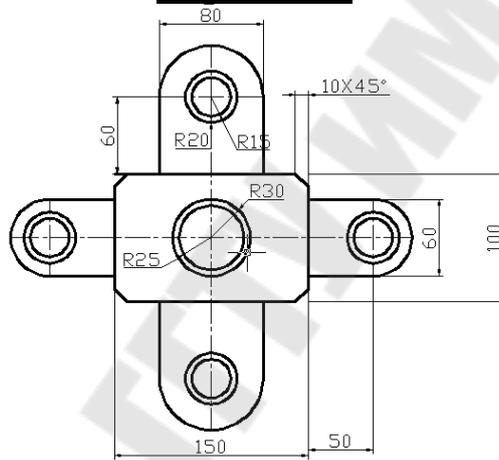
S=45, H=150

Вариант19



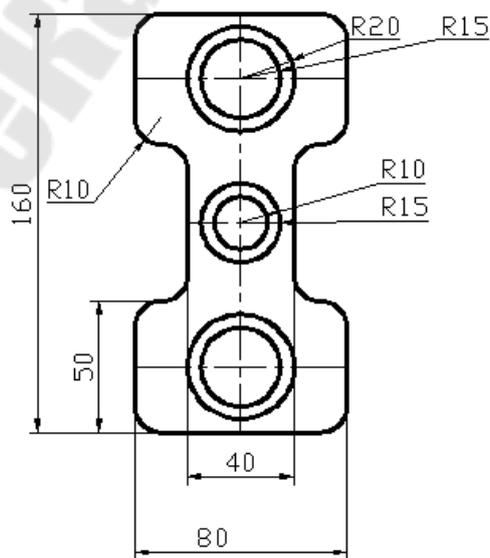
S=25, H=150

Вариант20



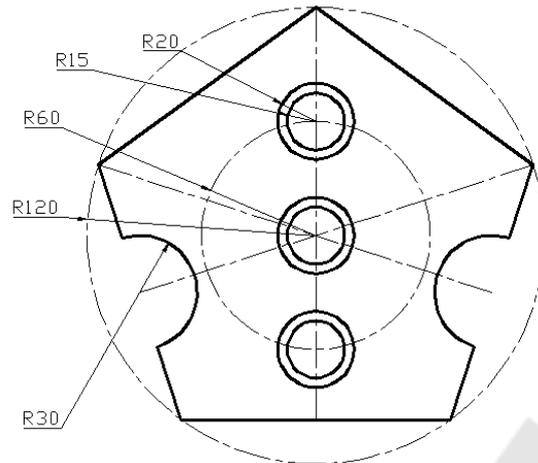
S=35, H=140

Вариант21



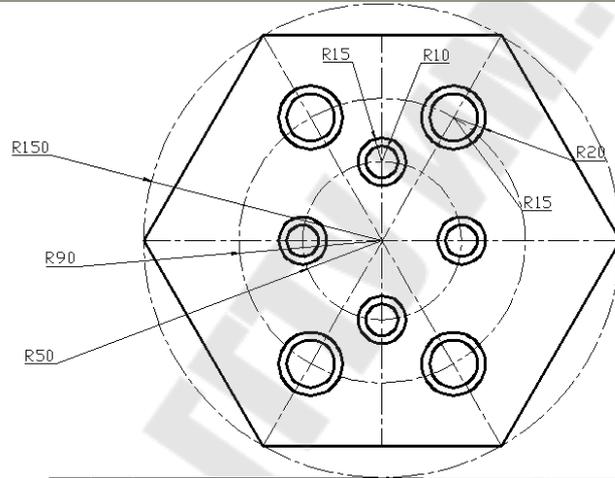
S=30, H=120

Вариант22



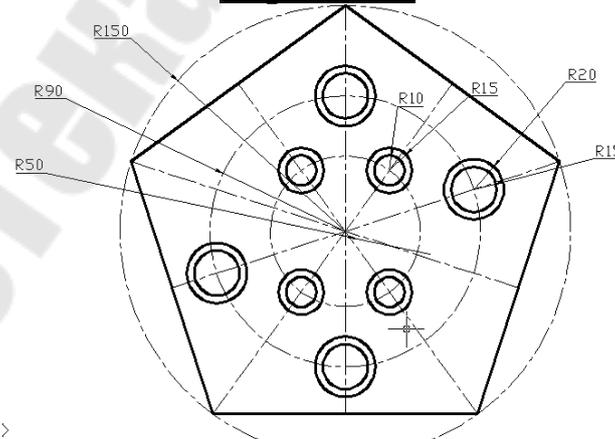
S=30, H=130

Вариант23



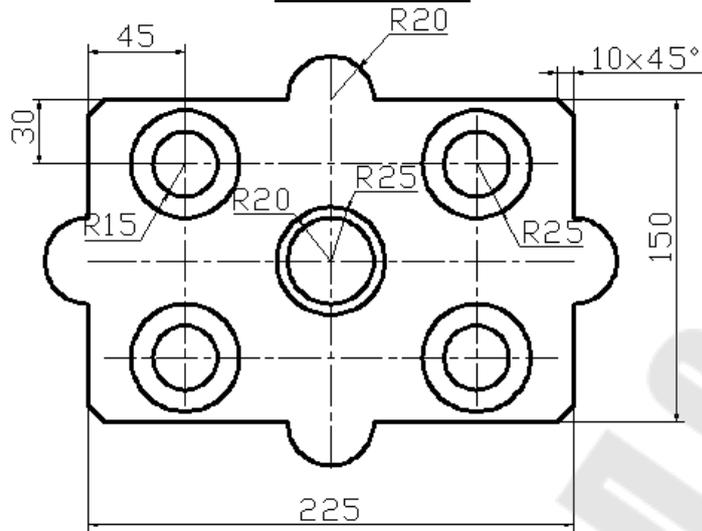
S=35, H=160

Вариант24



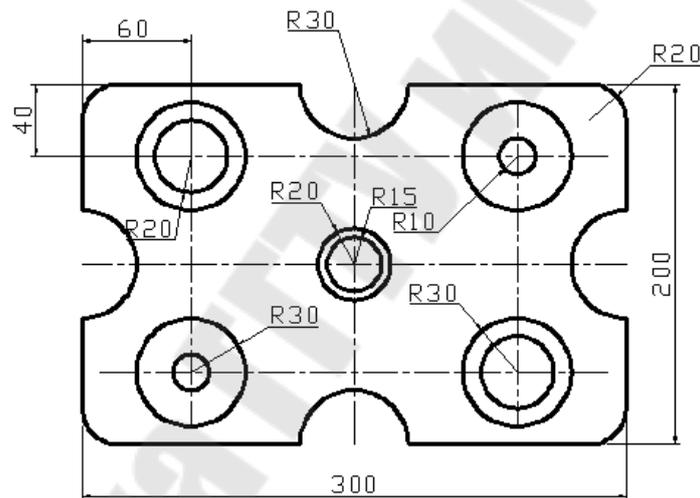
S=45, H=150

Вариант25



S=25, H=150

Вариант26



S=35, H=140

Требования к отчету

1. Название работы.
2. Постановка задачи.
3. Описание порядка создания 3D-модели деталей. Указать все новые команды создания и редактирования объектов.
4. Для формата А3 распечатка 3D-модели детали.
5. Распечатка видов модели с помощью Мастера компоновки Листа.

Методические указания Формирование трехмерных объектов. Построение тел

Моделирование с помощью тел – это самый простой способ трехмерного моделирования. Средства AutoCAD позволяют создавать трехмерные объекты на основе базовых пространственных форм: *параллелепипедов, конусов, цилиндров, сфер, клинов, торов (колец)*. Из этих форм путем их объединения, вычитания и пересечения строятся более сложные пространственные тела. Кроме того, тела можно строить, сдвигая плоский объект вдоль заданного вектора или вращая вокруг оси.

Модификация тел осуществляется путем сопряжения их граней и снятия фасок. В AutoCAD имеются также команды с помощью которых тело можно разрезать на две части или получить его двумерное сечение.

У тел можно анализировать массовые свойства: объем, момент инерции, центр масс и т.п. Данные о теле могут экспортироваться в такие приложения, как системы числового программного управления (ЧПУ) и анализа методов конечных элементов (МКЭ). Тела могут быть преобразованы в более простые типы моделей – сети и каркасные модели.

Плотность линий искривления, используемых для визуализации криволинейных элементов модели, определяется системной переменной ISOLINES. Системная переменная FACETRES задает степень сглаживания тонированных объектов с подавленными скрытыми линиями.

Простейшие «кирпичики», из которых строятся сложные трехмерные объекты, называют твердотельными примитивами. К ним относятся ящик (параллелепипед, куб), цилиндр (круговой, эллиптический), конус, шар, тор.

Примитивы заданной формы создаются также путем выдавливания, осуществляемого командой EXTRUDE, или вращения двумерного объекта – командой REVOLVE. Из примитивов получают более сложные объемные модели объектов.

Для установки рабочего пространства 3D-моделирования в строке состояния нажать на кнопку .

Простое тело. Выдавленное тело



Команда позволяет создавать твердотельные объекты методом «выдавливания» двумерных примитивов (см рисунок 4.1).

Предварительный шаг 1. Создать двумерный примитив.

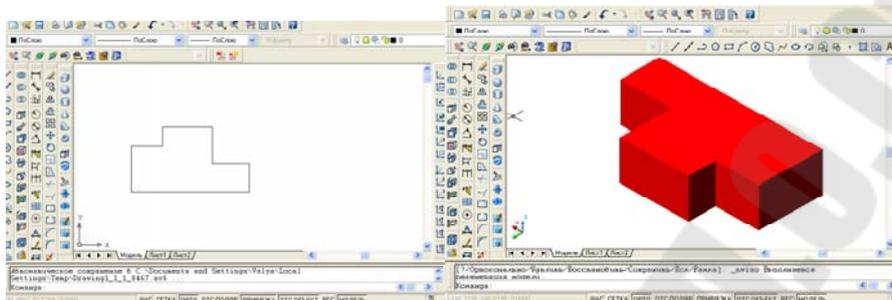


Рисунок 4.1 – Создание тела путем выдавливания

2. Создать область. Команда: Область или на панели Рисование нажать пиктограмму

3. Запросы команды Выдавить

Выберите объекты: указать область и нажать клавишу «Enter»

Глубина выдавливания или [Траектория]: указать глубину выдавливания

Угол сужения для выдавливания <0>: указать угол

Допускается выдавливание таких примитивов как многоугольник, прямоугольник, эллипс, замкнутый сплайн, кольцо, область, полилиния. С помощью одной команды можно выдавить сразу несколько объектов. Направление выдавливания определяется траекторией или указанием глубины и угла конусности.

Команда Выдавить часто используется для создания таких объектов как шестерни или звездочки. Удобна при создании объектов, имеющих сопряжения, фаски и аналогичного рода элементы.

Конусное выдавливание часто применяют при рисовании объектов с наклонными сторонами, например литейных форм.

Тело вращения



Команда Вращать формирует твердотельные объекты путем вращения существующих двумерных объектов или областей на заданный угол вокруг оси X или Y (см пример рисунок 4.2).

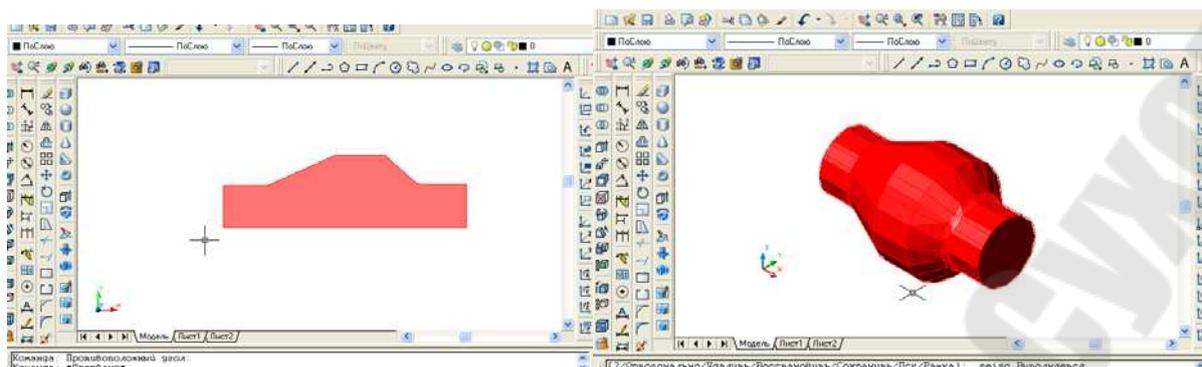


Рисунок 4.2 – Создание тела путем вращения

Запросы команды Вращать

Выберите объекты: *указать область и нажать клавишу «Enter»*

Начальная точка оси вращения или

[Объект/Х (ось)/Y (ось)]:

Конечная точка оси:

Угол вращения <360>:

Объект можно вращать вокруг отрезка, полилинии или двух точек. Эту команду удобно применять к объектам, имеющим сопряжения и другие аналогичные элементы. Команда Вращать позволяет вращать лишь один объект: полилинию, многоугольник, прямоугольник, круг, эллипс, область.

Сложное тело. Объединение объектов



Команда предназначена для объединения объектов. Она позволяет создавать новые составные тела или области из нескольких существующих тел или областей, в том числе не имеющих общего объема или площади (т.е. не пересекающихся).

Запросы команды

Выберите объекты: *-выбрать объекты*

Выберите объекты: *-выбрать объекты*

Выберите объекты: *-нажать клавишу <Enter> для завершения команды*

Вычитание объектов



Команда обеспечивает вычитание одного объекта из другого. Таким образом она позволяет сформировать новое составное тело или область. Области создаются путем вычитания одного набора областей из площади другого набора. Тела создаются путем вычитания одного набора объемных тел из другого подобного набора.

Запросы команды.

Выберите тела и области, из которых будет выполняться вычитание...

Выберите объекты: -выбрать объекты

Выберите объекты: - нажать клавишу <Enter> для завершения выбора объектов

Выберите тела или области для вычитания .

Выберите объекты: -выбрать объекты

Выберите объекты: -нажать клавишу <Enter> для завершения команды

Пересечение объектов



Команда позволяет при пересечении нескольких существующих объектов создать новые составные тела и области.

Запросы команды

Выберите объекты: -выбрать объекты

Выберите объекты: -выбрать объекты

Выберите объекты: -нажать клавишу <Enter> для завершения команды

Пространство модели и пространство листа

Пространство модели (Model Space) – это пространство AutoCad, где формируются модели объектов как при двумерном, так и при трехмерном моделировании.

Пространство листа (Paper Space) – это пространство AutoCad, необходимое для отображения объекта, сформированное в пространстве модели.

Листом называется компонент среды AutoCad, имитирующий лист бумаги и хранящий в себе набор установок, используемых при выводе на плоттер.

Видовой экран (viewport) представляет собой участок графического экрана, на котором отображается некоторая часть пространства модели рисунка.

Работа в пространстве листа

После щелчка мышью по закладке Лист1 AutoCad переходит в среду пространства листа (рисунок 4.3).

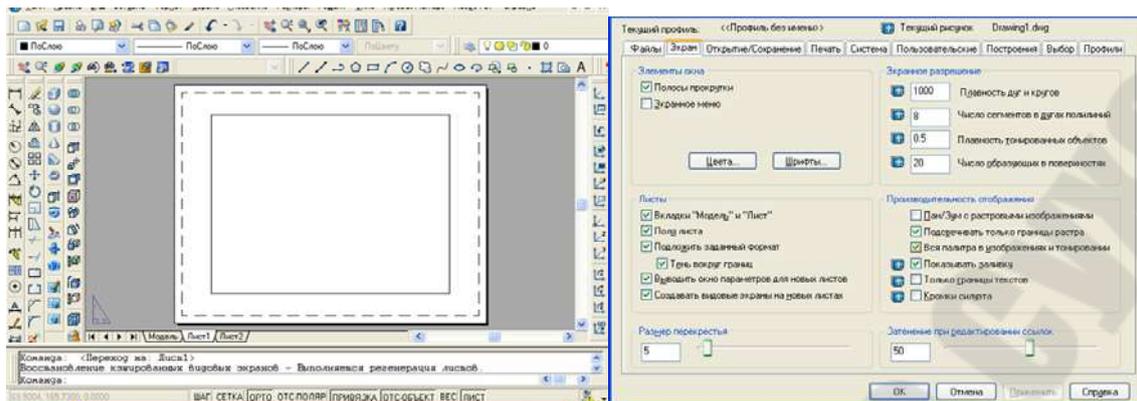


Рисунок 4.3 – Работа в пространстве Листа

Прямоугольник с тенью соответствует на экране формату бумаги, на который настроено устройство печати. Границы области печати обозначены штриховыми линиями.

Управление отображением полей и разметки листа производится по команде Сервис/Настройка/Экран

Часто проект не ограничивается одним листом: для одной и той же модели предусмотрено создание дополнительных листов, на которых размещаются ее различные виды и комбинации.

Мастер компоновки листа

Настройка параметров листа может производиться с помощью Мастера компоновки листа. Для этого необходимо выбрать команду МастерЛист

Мастер компоновки листа позволяет задать устройство печати, формат листа бумаги (т.е. размеров его сторон), ориентацию чертежа (книжная или альбомная), установить параметры каждого из имеющихся видовых экранов, а также добавить рамку и основную надпись (см. рисунки 4.4 и 4.5). Рамка чертежа вместе с основной надписью выбирается из списка, где представлены все стандартные блоки рамок формата ANSI и ISO. Рекомендуется, чтобы рамка согласовывалась с установленными единицами чертежа. Рамки ANSI рассчитываются в дюймах, ISO, DIN, JIS – в миллиметрах.

При выборе конфигурации видовых экранов предлагаются следующие варианты: один экран, стандартный конструкторский набор или массив видовых экранов.

Стандартным конструкторским набором видом считается массив 2x2, включающий в себя виды сверху, спереди, сбоку изометрический. Для варианта Массив требуется дополнительно указать количество рядов и столбцов.

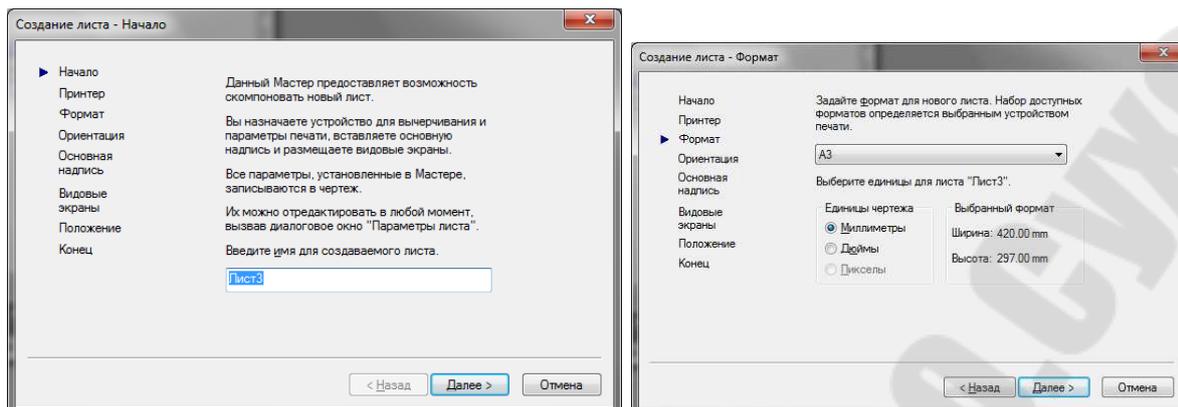


Рисунок 4.4 – Создание листа – Начало и Формат

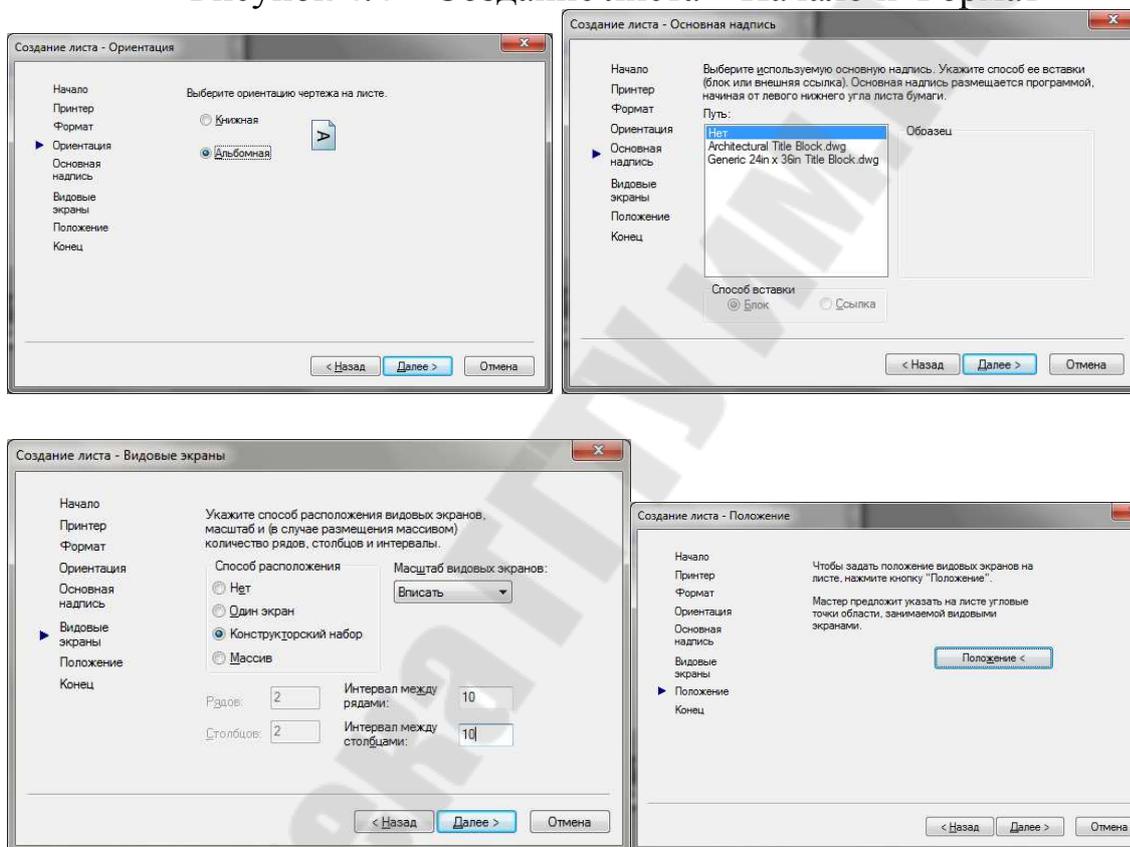


Рисунок 4.5 – Создание листа – Основная надпись и Видовые экраны

Для масштаба видовых экранов по умолчанию принято значение Вписанный. Если установить другой масштаб, вид будет ориентирован в соответствии с границами области, занимаемой объектами в пространстве модели. Масштаб печати по умолчанию равен 1:1.

Созданный лист можно редактировать: перемещать видовые экраны, строить дополнительные объекты и изменять параметры листа, используя меню Файл/Параметры листа.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 «ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ В VisualLISP»

Часть 1

Цель работы.

На примерах работы линейного и разветвляющегося алгоритмов познакомится со средой VisualLISP.

Постановка задачи

1. Изучить функцию *SETQ*, встроенные функции, функции вывода информации на текстовый экран, функции ввода данных с клавиатуры.
2. Изучить управляющие конструкции AutoLISP – ветвление.
3. Изучить справочник команд VisualLISP.
4. Изучить панель инструментов VisualLISP.
5. Отладка выражений AutoLISP в режиме «Консоля».
6. Непосредственный набор программы AutoLISP в командной строке AutoCAD.
7. Создание собственных функций, загрузка в AutoCAD и выполнение.

Варианты заданий

В таблице 5.1 представлены задания линейных алгоритмов, а в таблице 5.2 – разветвляющегося процесса.

Таблица 5. 1 Задания линейных алгоритмов

| Вариант | Вид функции | Вариант | Вид функции |
|---------|--|---------|--|
| 1 | $b = \frac{1 + \cos^2(x + z)}{ x^3 - 2y^2 }$ | 14 | $b = x + \frac{\sqrt[3]{zy}}{y + \cos x}$ |
| 2 | $b = \frac{\ln^2 z }{\sqrt[3]{ x + y }}$ | 15 | $b = \lg\left(\sqrt{e^{x-y} + x^{ y } + z}\right)$ |
| 3 | $b = \frac{y^3}{x + y^3 \cos^2 z}$ | 16 | $b = 1 + \frac{x^2 + 1}{3 + y^2} + \sin 2z$ |
| 4 | $b = \sqrt{x + \sqrt[4]{ y }} + \cos^2 z$ | 17 | $b = \cos x + \cos y + 2 \sin^2 z$ |

| Вариант | Вид функции | Вариант | Вид функции |
|---------|---|---------|--|
| 5 | $b = \frac{\sqrt[3]{e^{\sin x}} \cdot \cos y}{z^2 + 1}$ | 18 | $b = \frac{\ln(y^3)(z - x/2)}{2 \cos^2 x}$ |
| 6 | $b = z(\operatorname{tg} y - e^{-(x+3)})$ | 19 | $b = \sqrt{10(\sqrt[3]{z} + x^{(y+2)})}$ |
| 7 | $b = x - y (\sin^2 z + \operatorname{tg} z)$ | 20 | $b = (\sin z)^2 + x + y $ |
| 8 | $b = \sqrt{y + \sqrt[3]{x}} - 1 + 2z$ | 21 | $b = e^{2z} - \sqrt[3]{y x }$ |
| 9 | $b = x(\operatorname{tg} z + \cos^2 y)$ | 22 | $b = e^{(x-1)} + \sin y$ |
| 10 | $b = e^{ x-y }(\operatorname{tg}^2 z + 1)^x$ | 23 | $b = \sqrt{ z }e^{-(y+x/2)}$ |
| 11 | $b = \cos^2 z + \operatorname{tg} 2x + y $ | 24 | $b = \frac{4y^2 e^{2x} \sin^2 z}{3z^3 + \ln x}$ |
| 12 | $b = 5\operatorname{tg} z - 4y^2 + xy $ | 25 | $b = \frac{\sqrt{y \ln x - z x^2}}{1 + \operatorname{tg}^2 x^2} x$ |
| 13 | $b = (z - x) \frac{y - \ln z}{1 + (y - x)^2}$ | 26 | $b = \frac{\lg(y + \sqrt{z + x^2})}{y + x^2}$ |

Таблица 5.2 Варианты заданий разветвляющегося процесса

| Вариант | Вид функции |
|---------|---|
| 1 | $y = \begin{cases} 1/x, & \text{если } x \geq -5, x \neq 0 & (1) \\ x^2, & \text{если } x \leq -10 & (2) \\ \sqrt{ x+1 } & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 2 | $y = \begin{cases} x^2, & \text{если } x \leq 0, x \neq -10 & (1) \\ \sqrt{x+1}, & \text{если } x > 1 & (2) \\ 1/x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 3 | $y = \begin{cases} x + e^{2x}, & \text{если } x \leq 0, x \neq -1 & (1) \\ \cos^2 x, & \text{если } 0 < x \leq 3,14 & (2) \\ x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 4 | $y = \begin{cases} x^3, & \text{если } x > 1, x \neq 20 & (1) \\ x^2, & \text{если } -5 \leq x \leq 5 & (2) \\ \lg x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |

| Вариант | Вид функции |
|---------|--|
| 5 | $y = \begin{cases} \sqrt{x}, & \text{если } x \geq 100, x \neq 105 & (1) \\ \sqrt[3]{x}, & \text{если } x = 20 \text{ или } x = 40 & (2) \\ x^2 + 1 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 6 | $y = \begin{cases} \sqrt[3]{x}, & \text{если } x > 2 & (1) \\ 1/x, & \text{если } x \leq 2 \text{ и } x \neq 0 & (2) \\ x^2 - 1 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 7 | $y = \begin{cases} 8x + 1, & \text{если } x \geq 5, x \neq 9 & (1) \\ x^2 + x , & \text{если } x \leq 1 & (2) \\ x^3 + \sqrt{x} & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 8 | $y = \begin{cases} 1 - 3x, & \text{если } x > 0, x \neq 8 & (1) \\ x^2 - \sin x, & \text{если } x \leq 1 & (2) \\ \cos x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 9 | $y = \begin{cases} x^3 + 1, & \text{если } x \geq 8, x \neq 10 & (1) \\ 2x^2 + \sqrt[3]{x}, & \text{если } x \leq 1 & (2) \\ \sqrt{x} & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 10 | $y = \begin{cases} \sqrt{x}, & \text{если } x \geq 4 & (1) \\ 2x + 3, & \text{если } x \leq 1 & (2) \\ x^3 - 4 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 11 | $y = \begin{cases} \lg^2 2x, & \text{если } x \geq 5 & (1) \\ 2x^2, & \text{если } x < -2 & (2) \\ \sin x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 12 | $y = \begin{cases} x/3, & \text{если } -3 \leq x \leq 3 & (1) \\ \lg(x^2 + 1), & \text{если } x < -3 & (2) \\ \sqrt{x^3 - 2} & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 13 | $y = \begin{cases} x^3 + 4 , & \text{если } x \leq -1 \text{ или } x = 0 & (1) \\ \sqrt{x/2}, & \text{если } x \geq 8 & (2) \\ x^3 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |

| Вариант | Вид функции |
|---------|---|
| 14 | $y = \begin{cases} \sqrt{3x^2 + 4}, & \text{если } x \geq 2 & (1) \\ \ln x - 2 , & \text{если } x < 0 & (2) \\ \cos x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 15 | $y = \begin{cases} \operatorname{tg} x/2, & \text{если } 0 < x \leq 2 & (1) \\ x^2 + 1, & \text{если } x \leq 0 & (2) \\ \cos^2 x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 16 | $y = \begin{cases} \sqrt{x^2 - 2x}, & \text{если } x \geq 10 & (1) \\ e^{x/2}, & \text{если } x \leq 1 & (2) \\ \ln x + x^3/4 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 17 | $y = \begin{cases} e^{2x}, & \text{если } x \leq 0 & (1) \\ \sqrt{ x^2 - 2 }, & \text{если } 0 < x < 7 & (2) \\ x/2 - x^2 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 18 | $y = \begin{cases} \sqrt{e^{2x}}, & \text{если } x \geq 0 & (1) \\ \cos x/3, & \text{если } x < -1 & (2) \\ x + 1 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 19 | $y = \begin{cases} x/3 + x^2, & \text{если } 0 \leq x \leq 3 & (1) \\ x + 3, & \text{если } x < 0 & (2) \\ \sqrt{2x} & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 20 | $y = \begin{cases} \sqrt{x + 1}, & \text{если } x \geq 8, x \neq 10 & (1) \\ 0,6x, & \text{если } 0 < x < 8 & (2) \\ \lg x + 3 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 21 | $y = \begin{cases} 2x^2, & \text{если } x > 0, x \neq 3 & (1) \\ \sqrt{x^2 + 1} & \text{если } x \leq -2 & (2) \\ x + 5 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 22 | $y = \begin{cases} \sqrt{x - 1}, & \text{если } x \geq 10, x \neq 20 & (1) \\ 1/x + e^{2x}, & \text{если } x < 0 & (2) \\ \ln(x + 1) & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |

| Вариант | Вид функции |
|---------|---|
| 23 | $y = \begin{cases} \sqrt{ 2x - x^2 - 1 }, & \text{если } x \leq -1, x \neq -4 & (1) \\ \ln(x+3), & \text{если } x > 0 & (2) \\ x/2 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 24 | $y = \begin{cases} \cos^2 x/2, & \text{если } x > 3 & (1) \\ \lg 2x+4 & \text{если } -2,5 \leq x \leq 3 & (2) \\ 3/x & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 25 | $y = \begin{cases} e^{-x} + 1, & \text{если } x \geq 1 & (1) \\ \lg 2x, & \text{если } 1 < x \leq 5 & (2) \\ x^2 & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |
| 26 | $y = \begin{cases} \lg^2 x/2, & \text{если } x > 0, x \neq 2 & (1) \\ 2e^{x+1}, & \text{если } x \leq -1 & (2) \\ \sqrt{5+x^2} & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$ |

Требование к отчету

Часть 1

1. Цель работы.
2. Линейный алгоритм:
 - вычисление выражения в режиме «Консоль» (копия экрана);
 - непосредственный набор программы в AutoCAD (копия экрана);
 - лисп-программа: отладка в режиме «Консоля» (копия экрана) и загрузка программы в AutoCAD (копия экрана).
3. Разветвляющийся алгоритм:
 - лисп-программа с использованием функции **IF**: отладка в режиме «Консоля» (копия экрана) и загрузка программы в AutoCAD (копия экрана);
 - и загрузка программы в AutoCAD (копия экрана).

Методические указания (Часть 1)

Основное понятие языка Лисп - список.

Список - перечень атомов или списков, отделенных друг от друга пробелами и заключенных в скобки. Списки могут быть вложенными.

Выражение AutoLISP имеет вид:

(функция аргумент1 аргумент2 ... аргументN),

где функция - имя операции (в том числе и арифметической), которая должна быть выполнена. Число аргументов может быть больше 2.

Выражение анализируется AutoLISP слева направо, пока не встретится скобка. Если встречается закрывающая скобка, то завершается анализ выражения, выполняется функция и вычисленное значение передается на более старший уровень вложенности или в AutoCAD. Если же встречается открывающаяся скобка, AutoLISP переходит к анализу выражения более младшего уровня вложенности и, пока не завершит его анализ, не перейдет к дальнейшему анализу выражения предыдущего уровня. Предел вложенности выражений - 100.

Рассмотрим математические и ряд других встроенных функций AutoLISP, которые для удобства сведены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Основные встроенные функции AutoLISP

| Имя функции | Аргументы | Возвращаемое значение |
|----------------------------|---------------------|---|
| + | $a_1 a_2 \dots a_n$ | $a_1+a_2+\dots+a_n$ |
| - | $a_1 a_2 \dots a_n$ | $a_1-a_2-\dots-a_n$ |
| * | $a_1 a_2 \dots a_n$ | $a_1a_2\dots a_n$ |
| / | $a_1 a_2 \dots a_n$ | $a_1/a_2/\dots/a_n$ |
| 1+ | a | a+1 |
| 1- | a | a-1 |
| ABS | a | a |
| SQRT | a | \sqrt{a} |
| EXP | a | e^a |
| EXPT | a b | a^b |
| GCD | a b | НОД чисел a, b |
| LOG | a | ln (a) |
| MIN | $a_1 a_2 \dots a_n$ | Минимальное из чисел $a_1 a_2 \dots a_n$ |
| MAX | $a_1 a_2 \dots a_n$ | Максимальное из чисел $a_1 a_2 \dots a_n$ |
| REM | a b | Остаток от деления a/b |
| FIX | n1 | Возвращает целую часть числа n1 |
| Тригонометрические функции | | |

| Имя функции | Аргументы | Возвращаемое значение |
|------------------------------|-----------|---|
| SIN | a | sin(a), a - в радианах |
| COS | a | cos(a), a - в радианах |
| ATAN | a | arctg(a) в радианах |
| Строковые функции | | |
| STRCASE | s b | Переводит все буквы в строке s в верхний (при b=NIL) или в нижний (при b=T) регистр |
| SUBSTR | s n1 n2 | Возвращает часть строки s, начинающуюся с n1-го символа и имеющую длину n2 символа. |
| CHR | n | Возвращает символ с ASCII-кодом n |
| STRLEN | s | Возвращает число символов в строке s. |
| ASCII | s | ASCII-код первого символа в строке s. |
| Функции преобразования типов | | |
| ITOA | n | Целое число n в его текстовое представление s. |
| ATOI | s | Преобразует текстовую строку s в целое число |
| RTOS | n1 n2 n3 | Преобразует вещественное число n1 в текстовую строку s; n2 - код формата числа (1 - научный; 2 - десятичный), n3 - точность (число знаков после запятой). |
| ATOF | s | Преобразует текстовую строку s в действительное число n. |

Для вывода на текстовый экран предназначены следующие функции (см табл.5.4).

Таблица 5.4 – Функции вывода информации на текстовый экран

| Наименование | Аргументы | Описание |
|--------------|-----------------|--|
| PRINC | Любое выражение | Вывод выражения на экран без учета управляющих кодов |
| PRIN1 | Любое выражение | Вывод выражения на экран с учетом управляющих кодов |
| PRINT | Любое выражение | Вывод выражения на экран с учетом управляющих кодов, с новой строки и с пробелом в |

| | | |
|--------|-------|--|
| | | конце |
| PROMPT | Текст | Вывод текста на экран с учетом управляющих кодов |
| TERPRI | Нет | Вывод пустой строки |

AutoLISP «понимает» следующие управляющие коды в выводимых на экран текстовых строках (см табл. *.5).

Таблица *.5 - Управляющие коды

| Код | Значение |
|------|---|
| \e | Символ с кодом 27 (ESC) |
| \n | Переход на новую строку |
| \r | Переход в начало той же строки |
| \t | Переход на следующую позиции табуляции (8 пробелов) |
| \nnn | Ввод символа с восьмеричным кодом nnn |

Если нужно просто вывести на печать символ "\", его нужно удвоить, т.е. написать "\\".

Функция PRIN1 не возвращает значения и удобна для «тихого» завершения работы головной программы.

Ввод данных осуществляется семейством *GET-функций* (см табл. 5.6).

Таблица 5.6 – Ввод данных с клавиатуры

| Наименование | Аргументы | Описание |
|--------------|---|--|
| GETINT | Текст подсказки | Ввод целого числа |
| GETREAL | Текст подсказки | Ввод вещественного числа |
| GETSTRING | Флаг пробела (Т или NIL) Текст подсказки | Ввод текста. Если флаг пробела =Т, в тексте могут быть пробелы, иначе (по умолчанию) пробел воспринимается как окончание ввода |
| GETPOINT | [p1] s | Ввод координат точки p при помощи мышки. s - текст подсказки. Если задана точка p1, то от нее к текущей точке отображается "резиновая линия" |
| GETANGLE | [<точка>] [<подсказка>] | Эта функция создает паузу для того, чтобы пользователь ввел угол |
| GETCORNER | <точка> | Возвращает точку, так же как |

| Наименование | Аргументы | Описание |
|--------------|----------------------------|--|
| | [<подсказка>] | GETPOINT. Однако для GETCORNER требуется <базовая точка> и функция строит прямоугольник от <базовой точки> в то время как пользователь передвигает курсор по экрану. |
| GETDIST | [<точка>] [<подсказка>] | Функция создает паузу для того, чтобы пользователь ввел расстояние. Вы можете указать расстояние, набрав число на клавиатуре в текущих для AutoCADa единицах измерения. Вы можете так же «показать» AutoLISP расстояние, указав две точки на экране. AutoCAD рисует «резиновую» линию от первой точки до текущего положения курсора для того, чтобы визуализировать расстояние. |
| GETKEYWORD | [<подсказка>] | Эта функция запрашивает ключевое слово у пользователя. Список имеющих смысл ключевых слов задается, прежде чем вызывается функция GETKEYWORD, пользуясь функцией INITGET (описывается ниже). GETKEYWORD возвращает ключевое слово, соответствующее введенному пользователем как строковую константу. AutoCAD переспросит, если введенное не является одним из заданных ключевых слов. Пустой ввод возвращает nil (если позволяет вводить пустой ввод). Если не было установлено ни одного ключевого слова, также |

| Наименование | Аргументы | Описание |
|--------------|-----------|---|
| | | возвращается nil. |
| INITGET | n | NIL Устанавливает защиту от неправильного ввода на одну следующую GET-функцию. n - сумма следующих значений: 1 - запрет пустого ввода; 2 - запрет ввода нуля; 4 - запрет ввода отрицательных чисел; 8 - не контролируются пределы, даже при включенном LIMCHECK; 16- возвращение 3-х мерных точек, предпочтительнее, чем 2-х мерных точек; 32- применяется пунктир для изображения «резиновой» линии или рамки. |

Элементами в программе в программе могут быть:

- *числа*, для которых можно использовать функции преобразования типов (*itoa, rtos, atof, atoi*);
- *строки* - преобразование строк - *strcat, substr*;
- *точка* - ввод заранее с помощью функции (*getpoint*) или формирование точки с помощью списка.

Координаты точек являются списками из двух или трех вещественных чисел - координат по осям X, Y и Z соответственно. Таким образом, точка с координатами 10,10 может быть задана как текстовой строкой "10,10", так и списком: (list 10 10).

Язык AutoLISP имеет ряд специальных встроенных функций для вычисления координат точек.

Основная геометрическая функция - *polar*:

(POLAR a angle dist)

где *a* - список из двух элементов (координаты точки);

angle - угол в радианах;

dist - расстояние в текущих единицах измерения.

polar возвращает в виде списка координаты точки, отстоящей от точки *a* на расстояние *dist* под углом *angle*.

Положительное направление отсчета углов – против часовой стрелки.

Рассмотрим функцию *IF*, обеспечивающую ветвление в программе. Ее общий вид: (*IF c f1 [f2]*). Здесь *c* – условие (простое

или сложное), $f1$ – функция, выполняемая, если условие истинно (часть «то»), а $f2$ – функция, выполняемая, когда условие ложно (часть «иначе»), причем квадратные скобки говорят о том, что часть «иначе» может отсутствовать.

Если нужно в случае выполнения (или невыполнения) условия выполнить не одну, а сразу несколько функций, то в AutoLISP используется **функция** (*PROGN $f1 f2 .. fn$*). Она объединяет функции $f1 f2 .. fn$ в один блок, который можно подставить в функцию *IF*.

Пример 5.1 Написать программу, вычисляющую следующее выражение:

$$v = \frac{2}{19\sqrt{(x+y)^3 + \operatorname{tg}x}},$$
$$u = \lg v + \sqrt{ve^{vx}}, \quad x = 0.281, \quad y = 3.16$$

1. Загрузить систему AutoCAD.
2. Из меню *Сервис* выбрать *AutoLISP/Редактор VisualLISP*.

Консоль – это окно для оценки выражений в режиме непосредственной интерпретации. Этот термин означает буквально следующее: ввёл выражение (например, сложение двух чисел) и тут же получил ответ. Действие консоли можно сравнить с работой калькулятора, только в отличие от последнего, консоль может обрабатывать не только ограниченное число арифметических, но и множество логических и других выражений.

Горячие клавиши:

- «ALT+1» – окно «Консоля»;
- «ALT+2» – окно «Трассировки»;
- «ALT+3, 4, 5...» – окно соответственно первого, второго, третьего... программных текстов (файлов) в алфавитном порядке.

Для перехода в AutoCAD из графического режима в текстовое окно и обратно достаточно нажать клавишу F2.

3. Набор лисп- программы в редакторе VisualLISP (см рисунок 5.1).

```

(Defun prim1 ()
  (initget 1)
  (setq x (GetReal "\nВведите X= "))
  (initget 1)
  (setq y (GetReal "\nВведите y= "))
  (setq v ( / 2 ( * 19 ( SQRT ( + (EXPT ( + x y) 3) ( / (SIN x) (COS y) ) ) ) ) ) )
  (setq u ( + ( / (log v) (log 10)) (* (sqrt v) (exp (* v x))) ) )
  (Prompt "\nu=")
  ( print v )
  (Prompt "\nu=")
  (prin1 u )
  (terpri)
)

```

Рисунок 5.1 – Лисп –программа

4. Сохранить набранную программу: *Файл/Сохранить как...* указать путь, дать имя файлу, которое необязательно должно совпадать с именем функции, расширение файла *.lsp.

Для запуска программы необходимо изучить панель «Инструменты».

На ней всего девять кнопок, по умолчанию панель расположена слева от текстового поля.

| Кнопки панели «Инструменты» | |
|-----------------------------|--|
| | загрузка содержимого всего текущего файла в оперативную память |
| | то же для выделенного фрагмента файла |
| | проверка синтаксиса во всём файле |
| | то же для выделенного фрагмента файла |
| | форматирования всего кода |
| | то же для выделенного фрагмента файла |
| | комментирование выделенного фрагмента кода |
| | раскомментирование выделенного фрагмента кода |
| | "быстрая справка" |

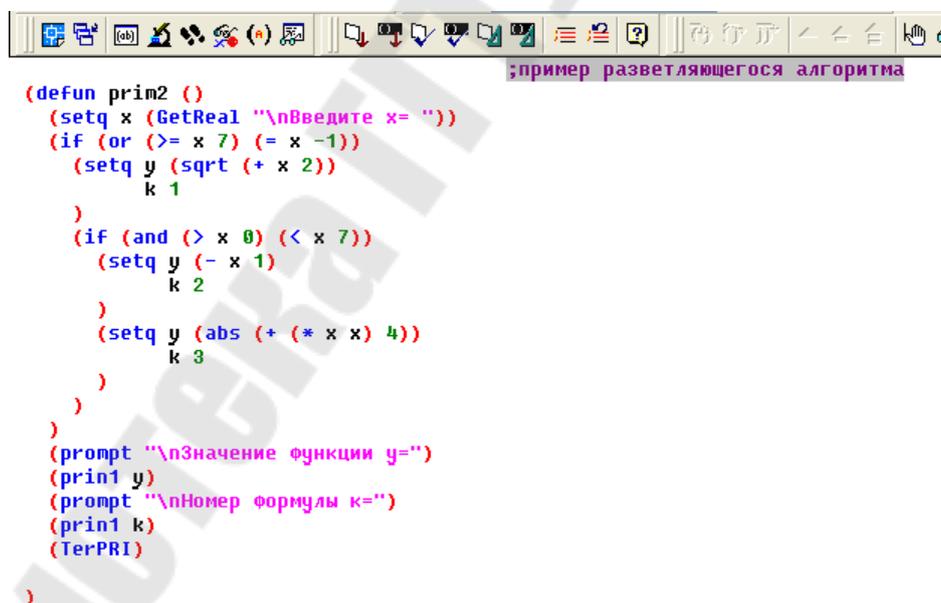
5. Нажать первую кнопку (загрузка содержимого всего текущего файла в оперативную память). После в автоматически открывшейся консоли набираем имя нашей функции в круглых скобках (*prim1*) и следуем указаниям в командной строке.
6. Загрузка и выполнения программы в AutoCAD

В AutoCAD выбрать из меню *Сервис* пункт *AutoLISP/Загрузить...*, затем в диалоговом окне «Загрузка/выгрузка приложений» найти файл, необходимый для загрузки и нажать кнопку «Загрузить», а затем «Закреть». Затем в командной строке набираем имя нашей функции в круглых скобках (*prim1*) и следуем указаниям в командной строке.

Пример 5.2 Используя функцию *IF* написать лисп-программу вычисления заданной функции и номер формулы

$$y = \begin{cases} \sqrt{x+2}, & \text{если } x \geq 7 \text{ или } x = -1 & (1) \\ x-1, & \text{если } 0 < x < 7 & (2) \\ |x^2+4| & \text{в ост. случаях} & (3) \end{cases}$$

На рисунке 5.2 приведен соответствующий текст программы.



```

;пример разветвляющегося алгоритма
(defun prim2 ()
  (setq x (GetReal "\nВведите x= "))
  (if (or (>= x 7) (= x -1))
      (setq y (sqrt (+ x 2))
            k 1)
      (if (and (> x 0) (< x 7))
          (setq y (- x 1)
                k 2)
          (setq y (abs (+ (* x x) 4))
                k 3)
      )
  )
  (prompt "\nЗначение функции y=")
  (prin1 y)
  (prompt "\nНомер формулы k=")
  (prin1 k)
  (TerPRI)
)

```

Рисунок 5.2 – Пример использования функции *IF*

ПОПАДАНИЕ ТОЧКИ В ОБЛАСТЬ – 1 (ЧАСТЬ 2)

Цель работы. Определение попадания точки в область, заданную рисунком.

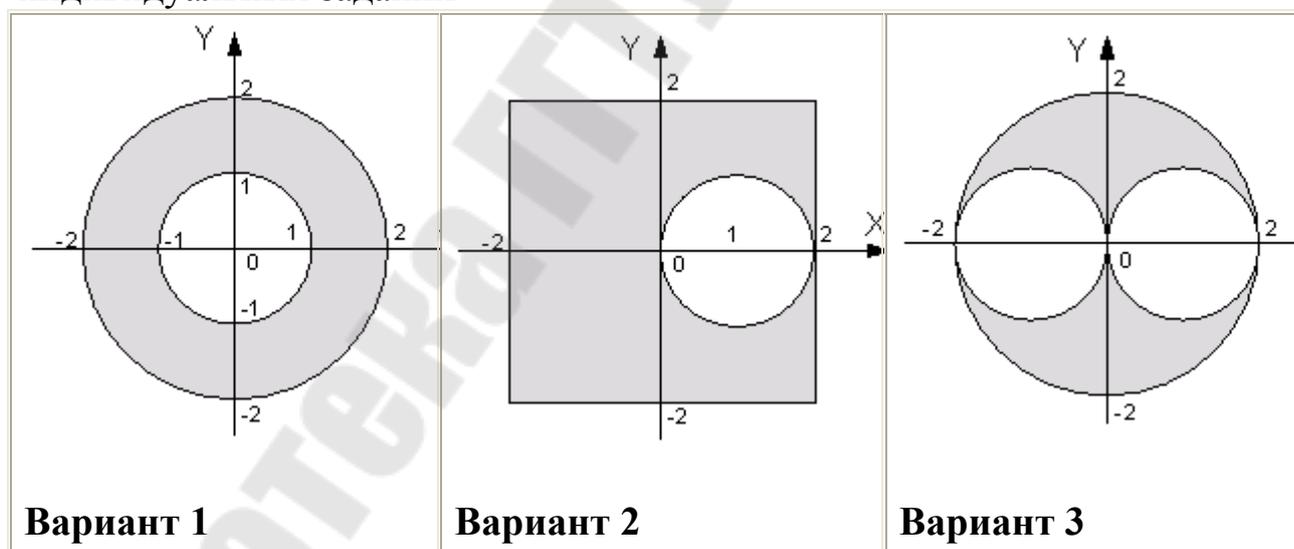
Постановка задачи

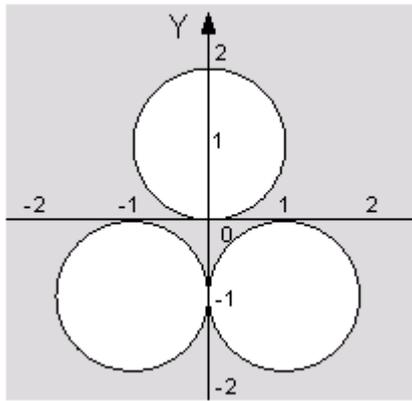
1. Запрограммировать отображение заданной области на экране.
2. Организовать ввод данных о точке в программу.
3. Осуществить проверку попадания точки в заданную область.
4. Показать введенную пользователем точку на экране и ее координаты
5. Вывести сообщение о попадании или не попадании точки в область.
6. Предложить повторить действия с пункта 2.

Варианты заданий

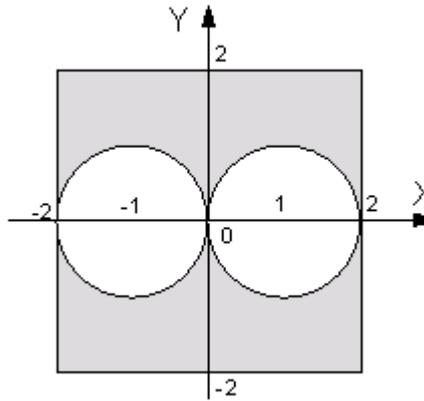
Варианты заданий для части 2 представлены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 – Рисунки областей для выполнения индивидуальных заданий

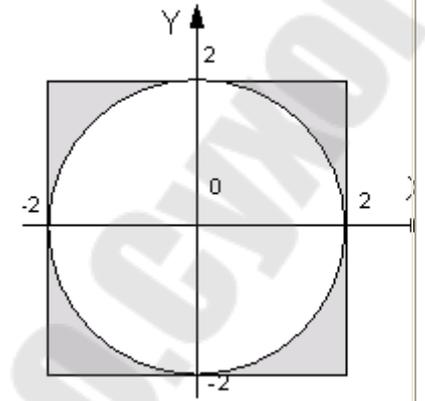




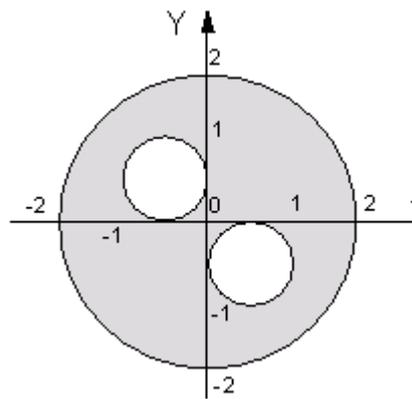
Вариант 4



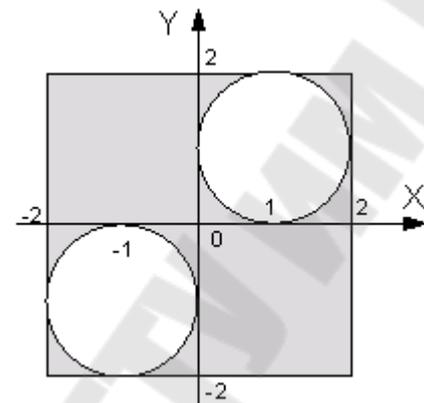
Вариант 5



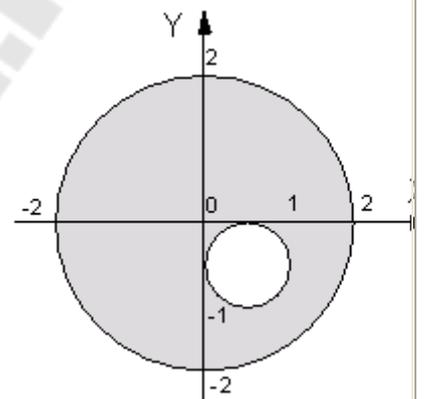
Вариант 6



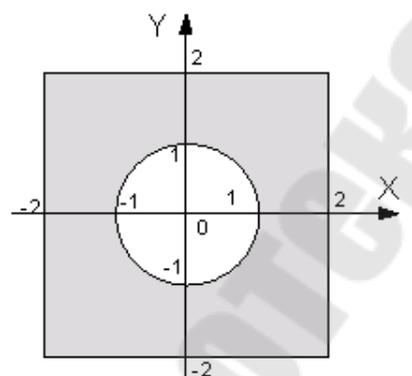
Вариант 7



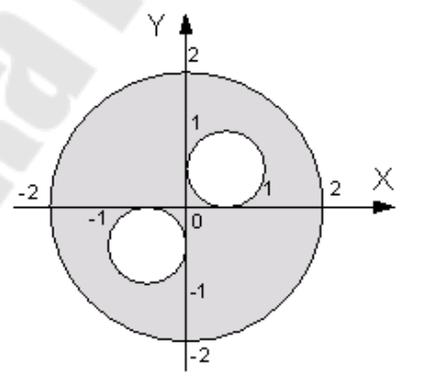
Вариант 8



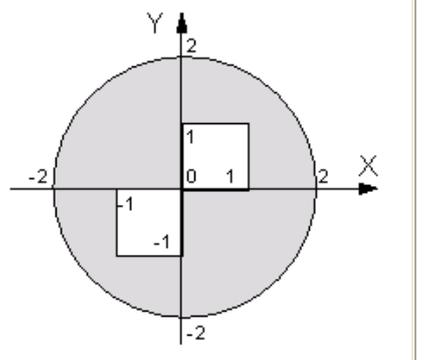
Вариант 9



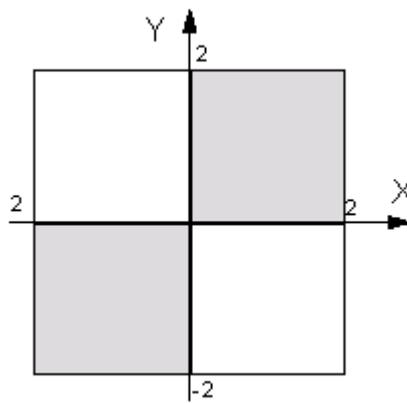
Вариант 10



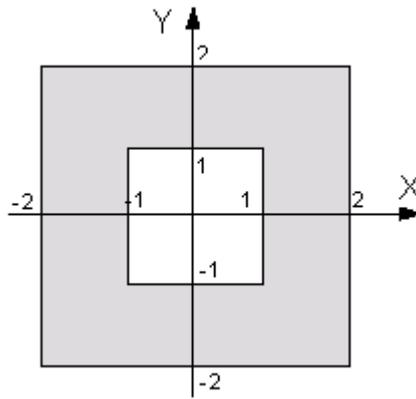
Вариант 11



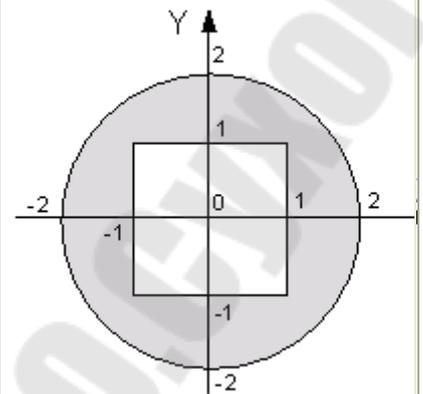
Вариант 12



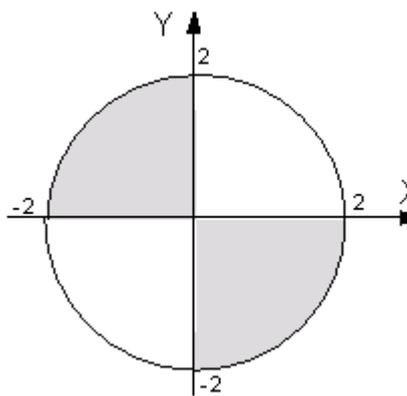
Вариант 13



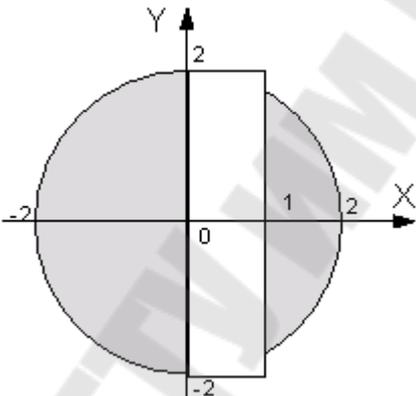
Вариант 14



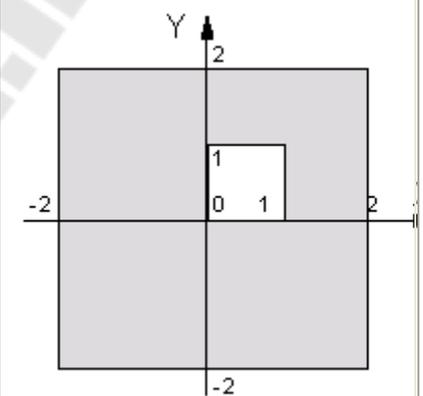
Вариант 15



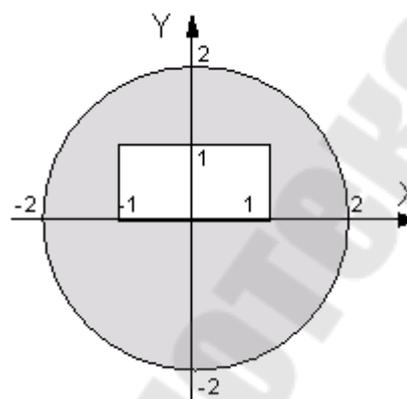
Вариант 16



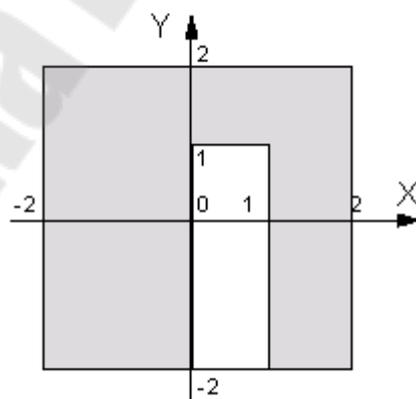
Вариант 17



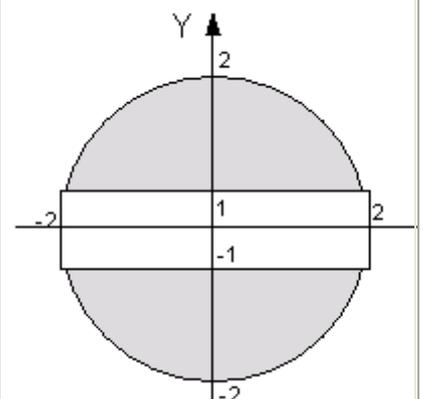
Вариант 18



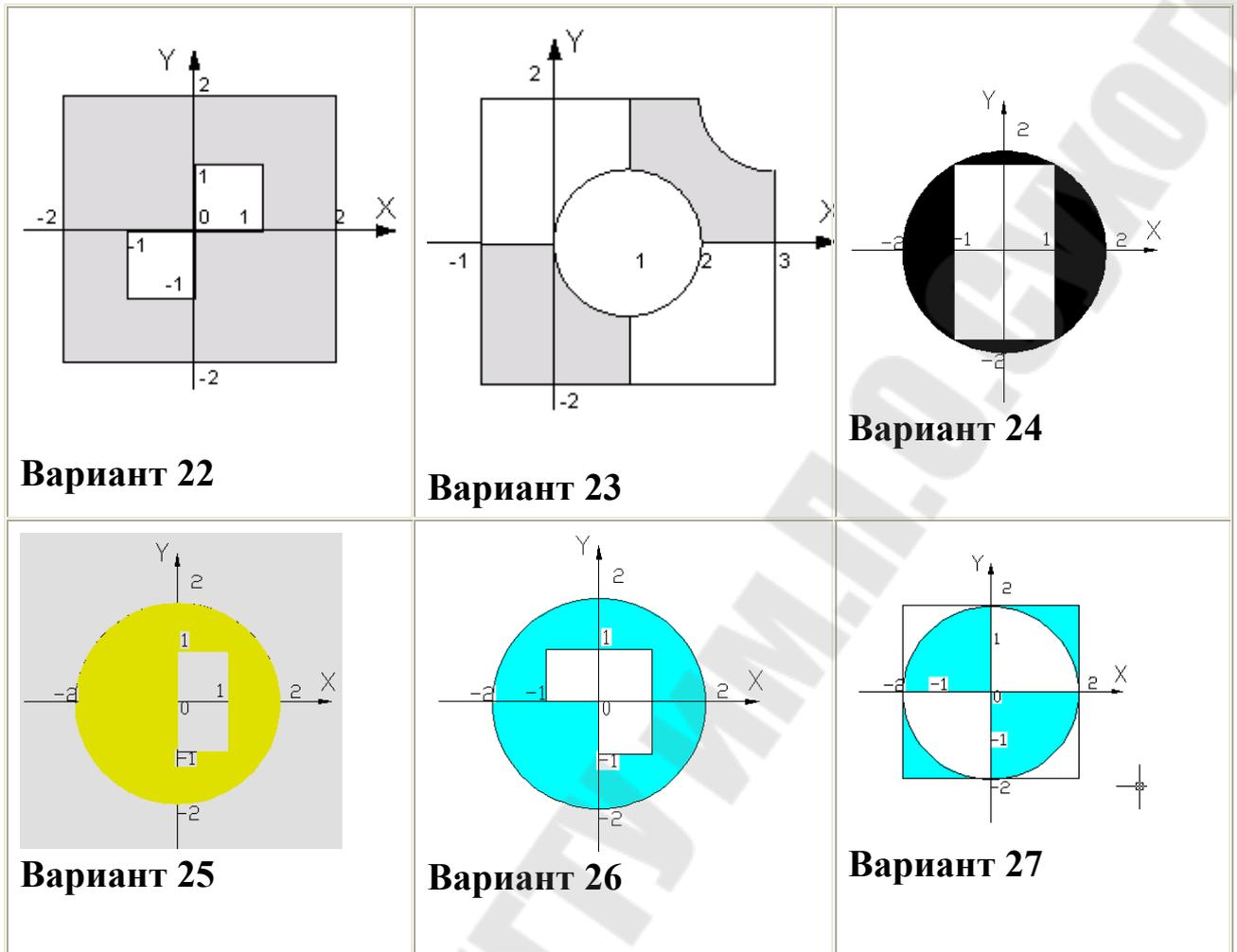
Вариант 19



Вариант 20



Вариант 21



Требования к отчету

1. Цель работы.
2. Краткие теоретические сведения.
3. Листинг программы.
4. Результаты работы программы.

Вопросы для защиты

1. Функции условного ветвления программы.
2. Функции цикла.
3. Арифметические функции.
4. Функции присваивания. Создание подпрограмм, запуск подпрограмм.
5. Управление средой AutoCAD.

Методические указания (Часть 2)

Большинство команд AutoCAD могут быть выполнены из программы на AutoLISP при помощи функции `command`:

(command fun par1 .. parn),

где `fun` - имя вызываемой команды; `par1 ... parn` - параметры вызываемой команды.

Есть два особых вида выражений, которые могут быть аргументами функции `command`: `PAUSE` позволяет пользователю ввести соответствующий параметр вручную; `""` (две кавычки) или отсутствие параметров вообще [`(command)`] равносильно прерыванию команды.

1. Изменение текущего рабочего цвета.

(command "_color" "цвет")

Цвет может быть задан как названием цвета (`yellow`), так и цифрой (1-256).

2. Рисование отрезка

(command "_line" p1 p2 ... pn "")

`p1` и `pn` - точки, через который проходит прямая. Для окончания ломаной - пустой ввод - `""`.

3. Рисование полилинии ПЛИНИЯ

(command "_pline" точки или опции)

Опций множество для линии

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

[Угол/Центр/Замкнуть/Направление/Полуширина/Линейный/Радиус/Вторая/Отменить/Ширина]

;; ломаная *(command "_pline" p1 p2 p3 "")*

4. Рисование прямоугольника

(command "_rectangle" p1 p2)

6. Рисование квадрата с помощью функции Многоугольник

(command "_polygon" "4" pnt "_i" dstn),

где `pnt` – центр квадрата; `_i` - вписанного в окружность; `dstn` – радиус окружности

8. Рисование круга

(command "_circle" pnt dstn)

где `pnt` центр круга; `dstn` – радиус круга

7. Штриховка

Штриховка-заливка

(command "_bhatch" "c" "solid" p1 p2 p3.. pn "") ,

где p1, p2, p3...pn – то количество точек, которые однозначно определяют область заливки

Штриховка по образцу

(command "_.bhatch" "c" "ansi31" mscale angle p1 p2 ...pn""),

где mscale – масштаб штриховки; angle – угол наклона штриховых линий; p1, p2...pn- точки внутри штрихуемой области

8. Отключение объектной привязки

(setvar "osmode" 0)

9. Очистка экрана

(command "_.erase" "_all" "")

10. Внешним видом объектов-точек управляют системные переменные **PDMODE** и **PDSIZE**. Значения **PDMODE** 0, 2, 3 и 4 задают форму изображения точки на экране. При значении 1 точка не видна. Прибавление к вышеприведенному ряду значений чисел 32, 64 или 96 позволяет выбирать дополнительные формы для выделения точки на рисунке. **PDSIZE** управляет размером отображающих точки элементов (если **PDMODE** не равна 0 или 1).

(SetVar "PDMODE" значение)

(SetVar "PDSIZE" значение)

11. Рисование точки на экране

(command "_.Point" bp)

где bp –точка вставки «Точки»

12. Сцепление строк в одну строку:

(strcat [string [string]...])

13. Вывод текста

Команда **Текст**

(command "_.text" "опции" "текст")

Вывод производится в определенную точку. Для текста эта точка является по умолчанию нижней левой точкой (ВЛ).

(COMMAND "_.Text" BP U RL)

BP – начальная точка текста; U- угол наклона текста; RL – текст

14. Реализация 6 пункта задания

(SETQ flag T)

;начало цикла

(WHILE flag

;тело цикла

.....

(SETQ ans (GETSTRING "\n Повторить<Д/Н>: "))

(SETQ flag (OR (= ans "Д") (= ans "д")))

);конец цикла

15. Уравнение окружности $(x - a)^2 + (y - b)^2 = R^2$

16. Функция (*NTH* < номер > < список>-) возвращает элемент <списка>, имеющий заданный <номер>. <Номер> должен иметь целое неотрицательное значение. Примем во внимание, что первый элемент списка имеет номер 0. Если <номер> превышает число элементов в < списке > -1, то возвращается NIL.

17 На рисунке 5.3 представлен пример лисп-программы

```
;Функция определяет принадлежность заданной точки кругу
(defun ob1 ()
  ;отключениепривязок
  (command "_osnap" "_none")
  ;очистка экрана
  (command "_erase" "_all" "")
  ;Определение центра и радиуса круга
  (setq b (getpoint "\n Укажите центр круга")
        R0 (Getreal "\nЗадайте радиус круга")
  )
  ;Рисование круга
  (command "_circle" b R0)
  (setq bp (getpoint "\nВведите точку"))
  (Setq
    f (+ (Expt (- (nth 0 bp) (nth 0 b)) 2) (Expt (- (nth 1 bp) (nth 1 b))
  )
  )
  (if (< f (* R0 R0) )
    (prompt "\nYes")
    (prompt "\nNo")
  )
)
)
```

Рисунок 5.3 – Пример лисп- программы

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6 «СОЗДАНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКИХ ЧЕРТЕЖЕЙ В AUTOLISP»

Цель работы. Научится составлять программы-параметризаторы для создания параметрических чертежей и 3d-моделей детали «Вал».

Постановка задачи

1. Начертить рабочий параметрический эскиз для детали Вал из лабораторной работы №3.
2. Проанализировать и выявить все размеры, которые необходимы для программирования каждой втулки.
3. Продумать последовательность рисования вала. Разработать параметрическую модель вала.
4. Написать программу, отображающую заданный вал на поле чертежа в указанной точке.
5. Размеры вала должны вводиться в программу пользователем с помощью языка DCL. Названия переменных и точек должны соответствовать указанным в эскизе (в параметрической модели).
6. Предусмотреть возможность создания диалогового окна выбора формата листа А1, А2, А3, А4 с атрибутами, на котором будет отображаться деталь.
7. Разработать 3d-модель детали вал.

Требования к отчету

1. Цель работы
2. Параметрический эскиз детали
3. Слайд детали
4. Dcl-файл
5. Лисп-программа
6. Параметрические чертежи
7. 3d-модели детали вал

Методические указания

AutoCAD предусматривает возможность самостоятельного написания диалоговых окон, отличных от определенных в системе. Для этой цели был разработан специальный язык - DCL (Dialogue

Control Language, или другими словами - язык управления диалоговыми окнами).

Диалоговые окна определяются файлами ASCII, написанными на языке управления диалогов (DCL). Элементы диалогового окна - кнопки, окна редактирования, известны как *tile-элементы*. Размер и функциональные возможности каждого элемента управляется *атрибутами*. Размер диалогового окна и размещение частей установлены автоматически с минимумом информации.

Для описания диалога необходим файл-описание *.dcl и файл-программа для управления диалогом. Файл DCL должен лежать в доступном для AutoCAD каталоге, например, рядом с чертежом.

Для работы диалога необходимо

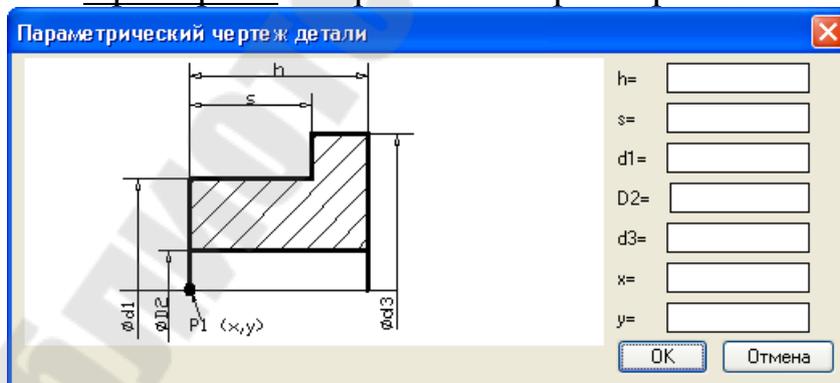
1. Создать функцию.
2. Внутри функции определить идентификатор диалога *load_dialog*.
3. Проверить, есть ли такой диалог *new_dialog*.
4. Определить действия, связанные с ключами *action_tile*.
5. Дальше - диалог стартует *start_dialog*.
6. С помощью функции *cond* определяете выбранный пользователем вариант.

И после этого диалог выгружаем из памяти *unload_dialog*.

Создание слайдов. Слайды создаются так: рисуете на поле чертежа что-нибудь. Вводите команду *_.mslide* - вводите имя файла-слайда. Слайд готов. Для отображения в окне ACAD необходимо ввести команду *_.vslide*. Тогда слайд временно выведется на рабочее поле.

Размеры изображения задаются в DCL-файле, и еще изображение надо инициализировать в *lisp*-файле

Пример 6.1. Разработать параметрический чертеж детали

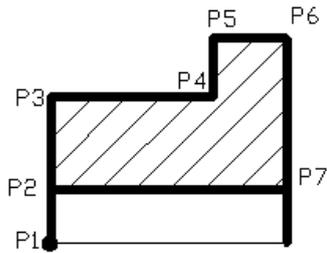


DCL- файл:

```

// Диалог параметрического чертёжа детали
dd_param :
dialog {label = "Параметрический чертёж детали";
fixed_height = true;
: row {
:image {
key="ff";
color =0;
fixed_height = true;
fixed_width = true;
aspect_ratio=0.5;
width=60;
alignment = center;
}
:column {
:column{
: edit_box { key = "edit1";
value = "0";
fixed_height = true;
fixed_width = true ;
width =20 ;
label = "h= ";
}
: edit_box { key = "edit2";
value = "0";
fixed_height = true;
fixed_width = true ;
width = 20 ;
label = "s= ";
}
: edit_box { key = "edit3";
value = "0";
fixed_height = true;
fixed_width = true ;
width = 20 ;
label = "d1=";
}
: edit_box { key = "edit4";
value = "0";

```

; функция, вызываемая по ОК (формирование списка данных на Выход)

```
(defun ok_tab (/)
  (setq h (atof on_ed1)
        s (atof on_ed2)
        d1 (atof on_ed3)
        D2 (atof on_ed4)
        d3 (atof on_ed5)
        x (atof on_ed6)
        y (atof on_ed7)
        p1 (list x y)
  ))
;-----
; Параметрический чертеж. Блок запуска
;-----
; основная функция:
(defun DrawDetail (p1 d1 d2 d3 s h / p2 p3 p4 p5 p6 p7 x y det)
; обходим деталь по часовой стрелке
  (setq
    x (nth 0 p1)
    y (nth 1 p1)
    p2 (list x (+ y (/ d2 2.0)))
    p3 (list x (+ y (/ d1 2.0)))
    p4 (list (+ x s) (+ y (/ d1 2.0)))
    p5 (list (+ x s) (+ y (/ d3 2.0)))
    p6 (list (+ x h) (+ y (/ d3 2.0)))
    p7 (list (+ x h) (+ y (/ d2 2.0)))
  )
; отключение привязок
  (command "_osnap" "_none")
; рисование
  (COMMAND "ТИПЛИН" "УСТАНОВИТЬ" "CONTINUOUS" ""))
```

```

(command "Цвет" 4) ; смена цвета (для выделения толстых линий)
(command "_pline" p2 "Ш" "1" "" p3 p4 p5 p6 p7 "3")
; забегая вперед, это - сохранение нарисованного примитива
(setq det (entlast))
; отражение нарисованной детали
(command "_mirror" det "" p1 "@1,0" "H")
; рисование
(command "_pline" p2 (list x (- y (/ d2 2.0))) "")
(command "_pline" p7 (list (+ x h) (- y (/ d2 2.0))) "")
; установка белого цвета
; ось
(COMMAND "ТИПЛИН" "УСТАНОВИТЬ" "ОСЕВАЯ2" "")
(COMMAND "ЦВЕТ" 1)
(command "_line" (list (- x 10) y) (list (+ x h 10) y) "")
; штриховка
(COMMAND "ТИПЛИН" "УСТАНОВИТЬ" "CONTINUOUS" "")
(command "_bhatch" "c" "ansi31"
(/ (+ d3 h) 100.0) ; расчет относительного масштаба штриховки
"0" ; угол наклона
(list (+ x (/ h 10.0)) (+ y (/ d2 2.0) (/ (- d1 d2) 4.0))) ; точки внутри
штрихуемой области
(list (+ x (/ h 10.0)) (- y (/ d2 2.0) (/ (- d1 d2) 4.0))) ; точки внутри
штрихуемой области
""
))
(defun prim_param (/ ret_value1 dcl_id1 what_next on_ed2 on_ed1)
(SETQ flag T)
(WHILE flag
; удаляем все объекты
(command "_erase" "_all" "")
; загрузка диалога
(setq dcl_id1 (load_dialog "dd_param1.dcl"))
; проверка существования диалога, если не существует - выход
(if (not (new_dialog "dd_param" dcl_id1))(exit))
; начальные установки переменных и элементов
(set_tile "edit2" "")
(set_tile "edit1" "")
(set_tile "edit3" "")
(set_tile "edit4" ""))

```

```

(set_tile "edit5" "")
(set_tile "edit6" "")
(set_tile "edit7" "")
(setq on_ed1 ""
  on_ed2 ""
  on_ed3 ""
  on_ed4 ""
  on_ed5 ""
  on_ed6 ""
  on_ed7 ""
)
( SETQ flag1 T )
( WHILE flag1
(start_image "ff")
(slide_image 0 0 (dimx_tile "ff") (dimy_tile "ff") "param" )
(end_image)
(setq what_next 8)
; ЦИКЛ
(while (< 2 what_next)
  (action_tile "edit1" "(setq on_ed1 $value)")
  (action_tile "edit2" "(setq on_ed2 $value)")
  (action_tile "edit3" "(setq on_ed3 $value)")
  (action_tile "edit4" "(setq on_ed4 $value)")
  (action_tile "edit5" "(setq on_ed5 $value)")
  (action_tile "edit6" "(setq on_ed6 $value)")
  (action_tile "edit7" "(setq on_ed7 $value)")
  (action_tile "accept" "(done_dialog 1) (ok_tab)")
  (setq what_next (start_dialog))
)
(if ( or ( <= d1 d2) ( <= d3 d1 ) ( <= h s ) )
(progn
(alert "Неверно заданы параметры" )
  (new_dialog "dd_param" dcl_id1)
(set_tile "edit1" on_ed1)
(set_tile "edit2" on_ed2)
(set_tile "edit3" on_ed3)
(set_tile "edit4" on_ed4)
(set_tile "edit5" on_ed5)
(set_tile "edit6" on_ed6)

```

```

(set_tile "edit7" on_ed7)
)
( progn
  (setq flag1 nil)
; рисование детали - запуск параметрического чертежа
  (DrawDetail p1 d1 d2 d3 s h)
) ))
( SETQ ans ( GETSTRING "\n Повторить<Д/Н>: " ) )
( SETQ flag ( OR ( = ans "Д" ) ( = ans "д" ) ) )
); конец WHILE
; выгрузка диалога из памяти
(unload_dialog dcl_id1)
( PRIN1 )
)

```

Пример 6.2 Простановка размеров

Для простановки размеров используются следующие команды:

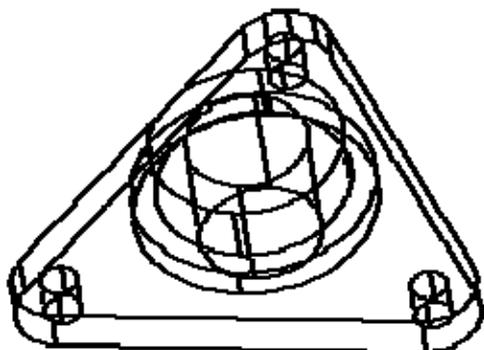
(command "_dimlinear" p1 p2 p3) – линейный размер,
где p1, p2 – начальная и конечная точка на объекте; p3 – точка
расположения размерной линии;
(command "_dimdiameter" p1 p2) – диаметральный размер,
где p1– точка на окружности или дуге; p2 – точка расположения
размерной линии;
(command "_dimradius" p1 p2) – радиальный размер,
где p1 – точка на окружности или дуге; p2– точка расположения
размерной линии;
(command "_dimangular" p1 p2 p3) – угловой размер,
где p1 –точка на первом объекте; p2 – точка на втором объекте; p3 –
точка расположения размерной линии.

Для создания размерного стиля используются следующие
команды:

(command "style" "имя стиля" "шрифт" "высота" эффекты) – создание
и настройка нового текстового стиля (стиль назначается текущим);
(command "dimstyle" "s" "имя стиля" "y") – сохранение созданного
стиля;
(command "dimstyle" "r" "имя стиля") – активизация стиля;

Функция (setvar "имя" значение) меняет значение соответствующей системной переменной.

Пример 6.3 Построение трехмерной модели детали



Для построения трехмерной модели детали можно использовать следующие команды:

- (command "region" объекты "") – объединение объектов в регион;
- (command "extrude" объекты "" высота "") – выдавливание объекта;
- (command "subtract" p1 "" p2 "") – вычитание одного объекта из другого, где p1 – объект, из которого вычитают; p2 - объект, который вычитают;
- (command "elev" высота "") – указание уровня;
- (command "union" объекты "") – сложение объектов;
- (command "shademode" опции "") – закрашивание детали.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 «ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ РАБОТЫ С БАЗОЙ ДАННЫХ СУБД MS ACCESS»

Цель работы. Получение основных навыков работы с базой данных СУБД MS Access.

Постановка задачи

Разработать планировку цеха:

1. Создать блоки темплайтов оборудования
2. Чертеж «Планировки цеха».

Связать элементы оборудования с базой данных СУБД MS Access, в которой хранится и обрабатывается информация об оборудовании.

1. Разработать Таблицы
2. Формы
3. Запросы
4. Макросы
5. Создать главную кнопочную форму

Требование к отчету

1. Постановка задачи.
2. Описание последовательности действий по выполнению работы.
3. Распечатка блоков
4. Чертеж «Планировки цеха».
5. Схема данных
6. Таблицы в режиме Конструктор и в режиме ввода
7. Формы в режиме Конструктор и в режиме ввода
8. Запросы в режиме Конструктор и в режиме ввода
9. Макросы
10. Главная кнопочная форма

Варианты заданий для разработки планировки цеха

В таблице 7.1 представлены варианты заданий, где в колонке №2, указываются станки в цехе (Т – токарные, С – сверлильные, Р – разные, Ф – фрезерные, Ш – шлифовальные), а в колонке №3 – их количество. В таблице 7.2 указаны условные обозначения станков и их характеристики.

Таблица 7.1 – Варианты заданий

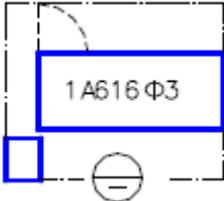
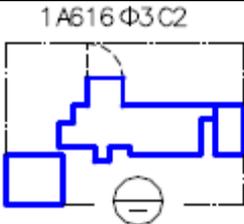
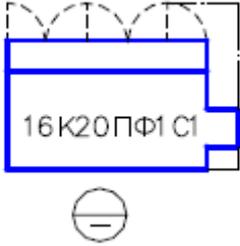
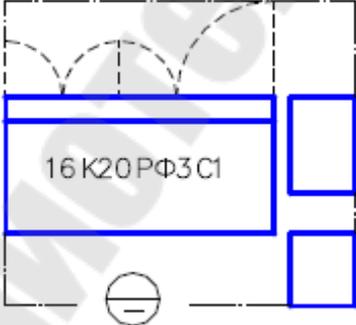
| N | Станок | Количество |
|---|--------|------------|
| 1 | T1 | 2 |
| | C1 | 3 |
| | P1 | 1 |
| | Φ1 | 2 |
| | Ш1 | 2 |
| 2 | T2 | 4 |
| | C2 | 3 |
| | P2 | 1 |
| | Φ2 | 2 |
| | Ш2 | 3 |
| 3 | T3 | 3 |
| | C3 | 2 |
| | P3 | 2 |
| | Φ3 | 2 |
| | Ш3 | 2 |
| 4 | T4 | 4 |
| | C4 | 3 |
| | P4 | 1 |
| | Φ4 | 2 |
| | Ш4 | 3 |
| 5 | T5 | 3 |
| | C5 | 3 |
| | P5 | 1 |
| | Φ5 | 3 |
| | Ш5 | 3 |
| 6 | T6 | 3 |
| | C6 | 2 |
| | P6 | 2 |
| | Φ6 | 2 |
| | Ш6 | 3 |
| 7 | T7 | 5 |
| | C7 | 3 |
| | P7 | 2 |
| | Φ7 | 2 |
| | Ш7 | 3 |
| 8 | T8 | 5 |
| | C8 | 3 |

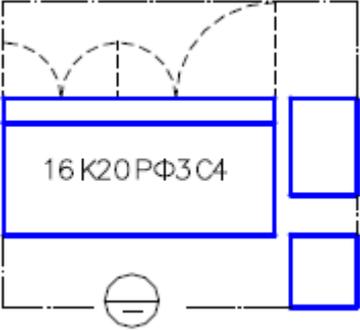
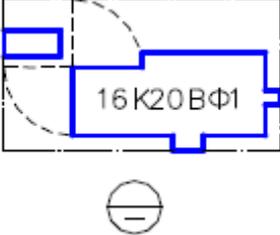
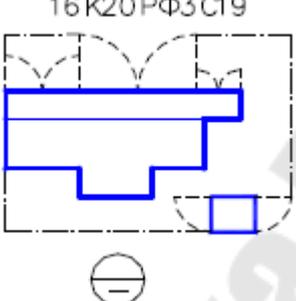
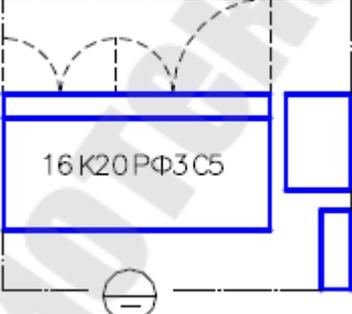
| N | Станок | Количество |
|----|--------|------------|
| 16 | T16 | 4 |
| | C7 | 3 |
| | P6 | 2 |
| | Φ16 | 2 |
| | Ш16 | 3 |
| 17 | T17 | 5 |
| | C8 | 3 |
| | P7 | 2 |
| | Φ1 | 3 |
| | Ш17 | 2 |
| 18 | T18 | 5 |
| | C9 | 3 |
| | P8 | 2 |
| | Φ2 | 3 |
| | Ш18 | 2 |
| 19 | T19 | 4 |
| | C1 | 3 |
| | P8 | 1 |
| | Φ2 | 3 |
| | Ш19 | 3 |
| 20 | T20 | 2 |
| | C2 | 3 |
| | P9 | 1 |
| | Φ3 | 2 |
| | Ш20 | 2 |
| 21 | T21 | 2 |
| | C3 | 2 |
| | P10 | 2 |
| | Φ4 | 3 |
| | Ш2 | 3 |
| 22 | T22 | 5 |
| | C4 | 2 |
| | P1 | 1 |
| | Φ5 | 3 |
| | Ш22 | 2 |
| 23 | T23 | 3 |
| | C5 | 3 |

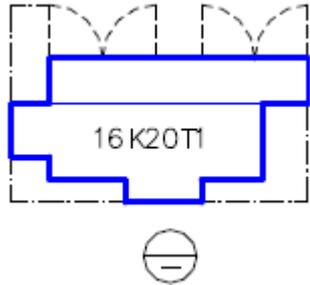
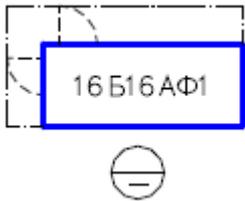
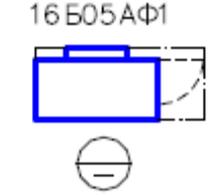
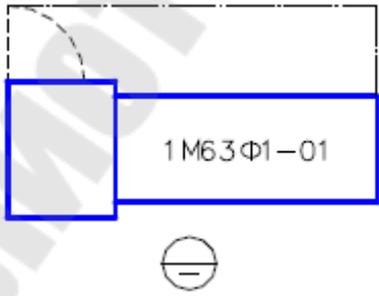
| | | |
|----|-----|---|
| | P8 | 1 |
| | Φ8 | 2 |
| | Ш8 | 2 |
| 9 | T9 | 2 |
| | C9 | 3 |
| | P9 | 1 |
| | Φ9 | 3 |
| | Ш9 | 1 |
| 10 | T10 | 4 |
| | C1 | 3 |
| | P10 | 2 |
| | Φ10 | 2 |
| | Ш10 | 3 |
| 11 | T11 | 3 |
| | C2 | 3 |
| | P1 | 2 |
| | Φ11 | 3 |
| | Ш11 | 3 |
| 12 | T12 | 5 |
| | C3 | 2 |
| | P2 | 1 |
| | Φ12 | 4 |
| | Ш12 | 3 |
| 13 | T13 | 3 |
| | C4 | 3 |
| | P3 | 1 |
| | Φ13 | 3 |
| | Ш13 | 3 |
| 14 | T14 | 4 |
| | C5 | 3 |
| | P4 | 1 |
| | Φ14 | 3 |
| | Ш14 | 3 |
| 15 | T15 | 4 |
| | C6 | 2 |
| | P5 | 1 |
| | Φ15 | 2 |
| | Ш15 | 4 |

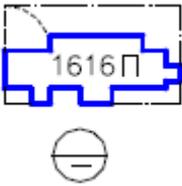
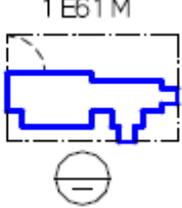
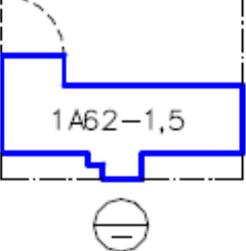
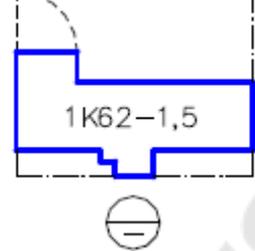
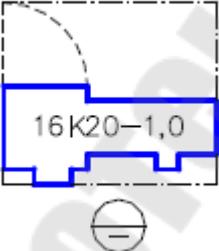
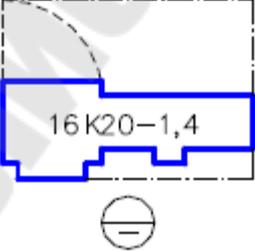
| | | |
|----|-----|---|
| | P2 | 1 |
| | Φ4 | 4 |
| | Ш23 | 3 |
| 24 | T24 | 3 |
| | C6 | 3 |
| | P3 | 1 |
| | Φ5 | 3 |
| | Ш24 | 4 |
| 25 | T25 | 3 |
| | C7 | 3 |
| | P4 | 2 |
| | Φ6 | 2 |
| | Ш25 | 3 |
| 26 | T26 | 4 |
| | C8 | 3 |
| | P5 | 2 |
| | Φ7 | 3 |
| | Ш26 | 2 |
| 27 | T27 | 2 |
| | C9 | 2 |
| | Ш30 | 2 |
| | Φ8 | 3 |
| | Ш27 | 3 |
| 28 | T28 | 4 |
| | Ш2 | 2 |
| | P10 | 1 |
| | Φ8 | 3 |
| | Ш28 | 2 |
| 29 | T29 | 5 |
| | C9 | 2 |
| | Ш3 | 1 |
| | Φ9 | 3 |
| | Ш29 | 4 |
| 30 | T30 | 5 |
| | C1 | 2 |
| | Ш4 | 1 |
| | Φ10 | 3 |
| | Ш30 | 3 |

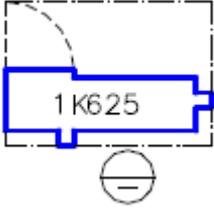
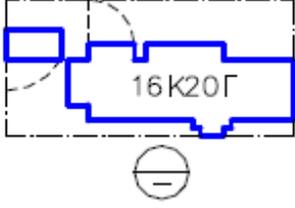
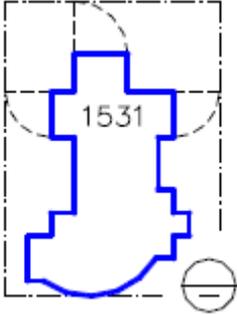
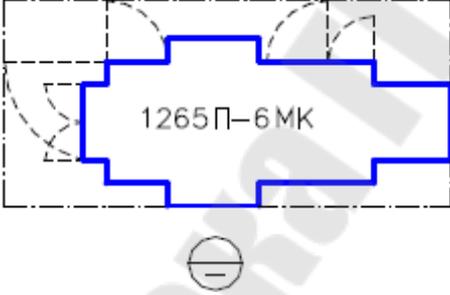
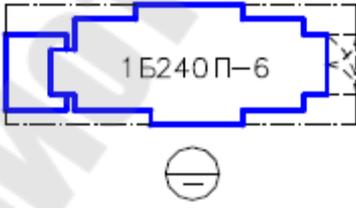
Таблица 7.2 –Темплеты станков

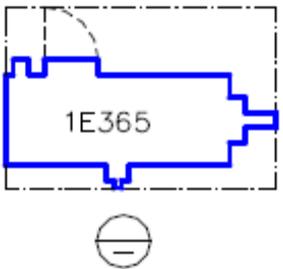
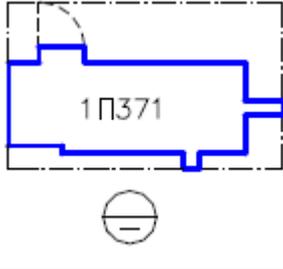
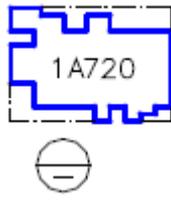
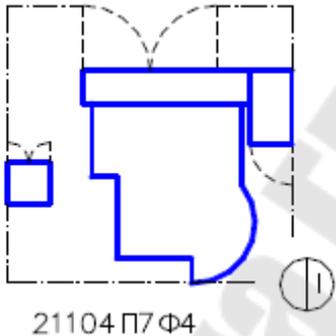
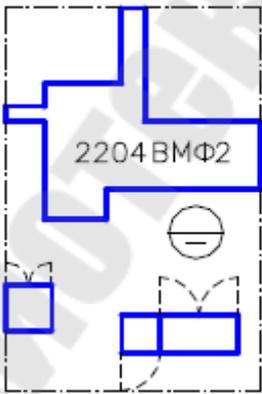
| Номер | Эскиз | Характеристика |
|-------|---|---|
| Т1 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с ЧПУ $d_{max\ ст} = 320\ мм;$ $d_{max\ суп} = 180\ мм;$ $PMЦ = 710\ мм;$ $KPC = 16;$ $N_{дв} = 5,5\ кВт;$ $N = 6,92\ кВт;$ $M = 2000\ кг$</p> |
| Т2 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с ЧПУ $d_{max\ ст} = 320\ мм;$ $d_{max\ суп} = 160\ мм;$ $PMЦ = 710\ мм;$ $KPC = 18;$ $N_{дв} = 5,5\ кВт;$ $N = 6,92\ кВт;$ $M = 2000\ кг$</p> |
| Т3 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с цифровой индексацией положения рабочих органов $d_{max\ ст} = 400\ мм;$ $d_{max\ пр} = 53\ мм;$ $d_{max\ суп} = 220\ мм;$ $l_{max} = 710\ мм;$ $KPC = 21;$ $N_{дв} = 11\ кВт;$ $N = 15,7\ кВт;$ $M = 2830\ кг$</p> |
| Т4 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с ЧПУ $d_{max\ ст} = 400\ мм;$ $l_{max} = 1500\ мм;$ $d_{max\ пр} = 50\ мм;$ $KPC = 13;$ $N_{дв} = 11\ кВт;$ $N = 18,9\ кВт;$ $M = 3010\ кг$</p> |

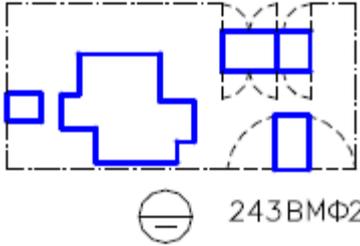
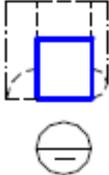
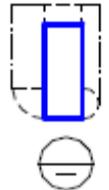
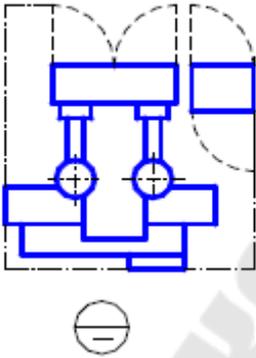
| | | |
|----|---|---|
| Т5 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с ЧПУ $d_{max\ st} = 400\ \text{мм}; l_{max} = 1500\ \text{мм};$ $d_{max\ np} = 50\ \text{мм}; KPC = 23;$ $N_{\text{дв}} = 11\ \text{кВт};$ $N = 21,7\ \text{кВт}; M = 5300\ \text{кг}$</p> |
| Т6 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с цифровой индексацией положения рабочих органов $d_{max\ st} = 440\ \text{мм}; d_{max\ сун} = 220\ \text{мм};$ $l_{max} = 710\ (1000)\ \text{мм}; KPC = 15;$ $N_{\text{дв}} = 7,5\ \text{кВт};$ $N = 8,53\ \text{кВт}; M = 2800\ (3040)\ \text{кг}$</p> |
| Т7 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с ЧПУ $d_{max\ st} = 500\ \text{мм}; d_{max\ np} = 50\ \text{мм};$ $l_{max} = 1500\ \text{мм}; KPC = 23;$ $N_{\text{дв}} = 11\ \text{кВт};$ $N = 21,7\ \text{кВт}; M = 5300\ \text{кг}$</p> |
| Т8 |  | <p>Токарный патронно-центральной станок с ЧПУ $d_{max\ st} = 400\ \text{мм}; d_{max\ np} = 50\ \text{мм};$ $l_{max} = 1500\ \text{мм}; KPC = 23;$ $N_{\text{дв}} = 11\ \text{кВт};$ $N = 22\ \text{кВт}; M = 5300\ \text{кг}$</p> |

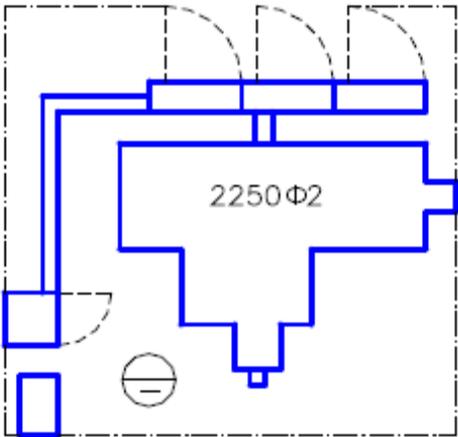
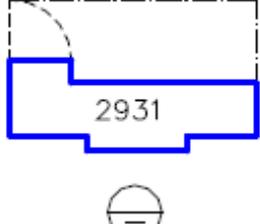
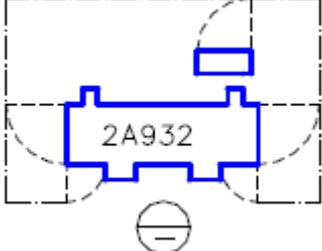
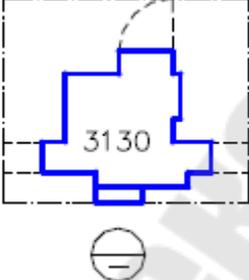
| | | |
|-----|---|---|
| Т9 |  | <p>Токарный патронно-центровой станок с оперативной системой управления</p> <p>$d_{max\ ст} = 500\ мм;$ $d_{max\ суп} = 215\ мм;$ $l_{max} = 1000\ мм;$ $KPC = 23;$ $N_{дв} = 11\ кВт;$ $N = 15\ кВт;$ $M = 3800\ кг$</p> |
| Т10 |  | <p>Токарный патронно-центровой станок с цифровой индексацией положения рабочих органов</p> <p>$d_{max\ ст} = 320\ мм;$ $d_{max\ суп} = 180\ мм;$ $l_{max} = 1000\ мм;$ $KPC = 13;$ $N_{дв} = 2,8\ (4,6)\ кВт;$ $N = 3,29\ (5,09)\ кВт;$ $M = 2000\ (2100)\ кг$</p> |
| Т11 |  | <p>Токарный патронно-центровой станок с цифровой индексацией положения рабочих органов</p> <p>$d_{max\ ст} = 250\ мм;$ $d_{max\ суп} = 145\ мм;$ $l_{max} = 500\ мм;$ $h_{ц} = 135\ мм;$ $KPC = 10;$ $N_{дв} = 1,5\ кВт;$ $N = 2,35\ кВт;$ $M = 1390\ кг$</p> |
| Т12 |  | <p>Токарно-винторезный станок с цифровой индексацией положения рабочих органов</p> <p>$d_{max} = 830\ мм;$ $d_{max\ суп} = 550\ мм;$ $l_{max} = 2800\ мм;$ $KPC = 23;$ $N_{дв} = 15\ кВт;$ $M = 5600\ кг$</p> |

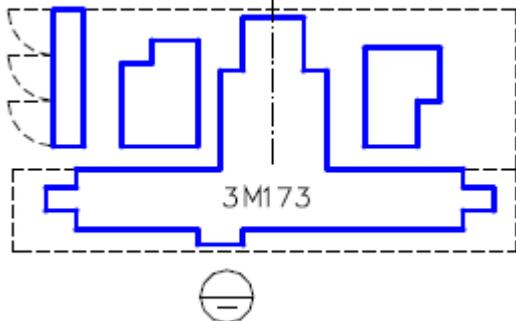
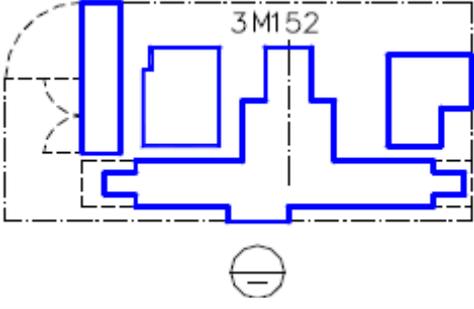
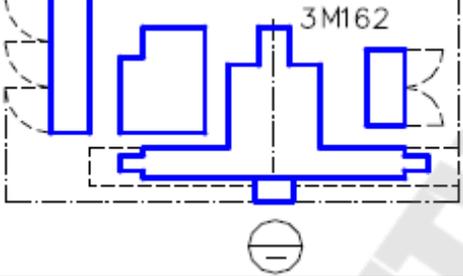
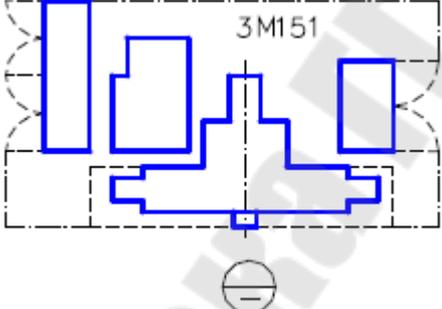
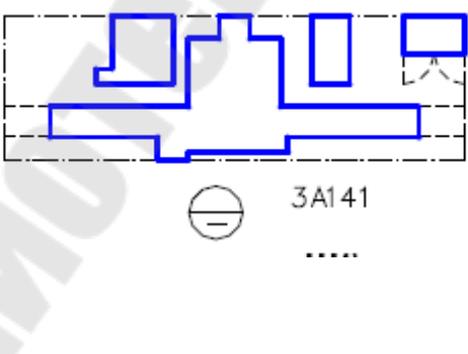
| | | |
|-----|---|--|
| Т13 |  | <p>Токарно-винторезный станок $h_{\text{ц}} = 160 \text{ мм}$; $PM_{\text{Ц}} = 710 \text{ мм}$; $d_{\text{max ст}} = 320 \text{ мм}$; $d_{\text{max суп}} = 180 \text{ мм}$; $KPC = 10$; $N_{\text{дв}} = 4,5 \text{ кВт}$; $N = 4,75 \text{ кВт}$; $M = 1250 \text{ кг}$</p> |
| Т14 |  | <p>Токарно-винторезный станок $h_{\text{ц}} = 170 \text{ мм}$; $PM_{\text{Ц}} = 710 \text{ мм}$; $d_{\text{max ст}} = 340 \text{ мм}$; $d_{\text{max суп}} = 190 \text{ мм}$; $KPC = 11$; $N_{\text{дв}} = 4,5 \text{ кВт}$; $N = 4,8 \text{ кВт}$; $M = 1650 \text{ кг}$</p> |
| Т15 |  | <p>Токарно-винторезный станок $h_{\text{ц}} = 200 \text{ мм}$; $PM_{\text{Ц}} = 1500 \text{ мм}$; $KPC = 15$; $N_{\text{дв}} = 5,3 \text{ кВт}$; $N = 7,1 \text{ кВт}$; $M = 2400 \text{ кг}$</p> |
| Т16 |  | <p>Токарно-винторезный станок $h_{\text{ц}} = 200 \text{ мм}$; $PM_{\text{Ц}} = 1500 \text{ мм}$; $KPC = 14$; $N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$; $N = 11,3 \text{ кВт}$; $M = 2300 \text{ кг}$</p> |
| Т17 |  | |
| Т18 |  | <p>Токарно-винторезный станок $h_{\text{ц}} = 215 \text{ мм}$; $PM_{\text{Ц}} = 1400 \text{ мм}$; $KPC = 15$; $N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}$; $N = 12,8 \text{ кВт}$; $M = 2800 \text{ кг}$</p> |

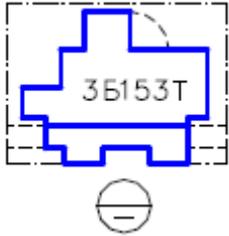
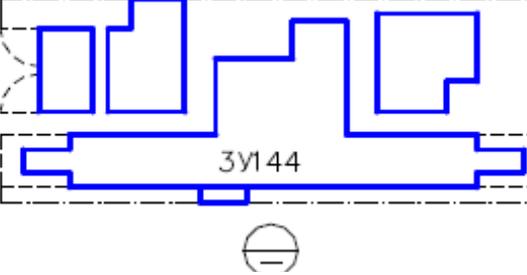
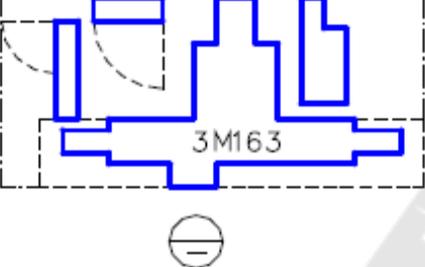
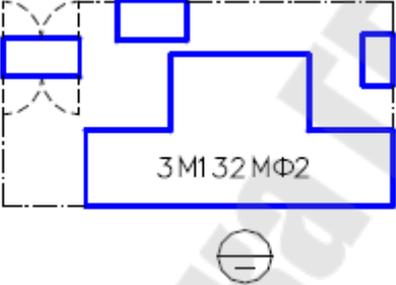
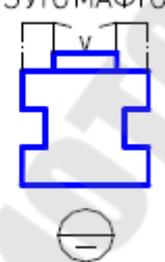
| | | |
|-----|---|---|
| Т19 |  | <p>Токарно-винторезный станок $h_{ц} = 260$ мм; $PMЦ = 1000$ мм; $KPC = 12$; $N_{дв} = 10$ кВт; $N = 11,1$ кВт; $M = 2400$ кг</p> |
| Т20 |  | <p>Токарно-винторезный станок $d_{max ст} = 400$ мм; $d_{max сун} = 220$ мм; $l_{max} = 710; 1000; 1400; 2000$; $KPC = 16$; $N_{дв} = 10$ кВт; $N = 11,5$ кВт; $M = 2800-3600$ кг</p> |
| Т21 |  | <p>Токарно-карусельный станок $d_{max} = 1250$ мм; $l_{max} = 1000$ мм; $KPC = 19$; $N_{дв} = 28$ кВт; $N = 30,7$ кВт; $M = 28000$ кг</p> |
| Т22 |  | <p>Токарный многошпиндельный горизонтальный патронный полуавтомат $d_{max n} = 160$ мм; $l_{max} = 175$ мм; $n_{ш} = 6$ шт; $n_{пс} = 5$ шт; $KPC = 24$; $N_{дв} = 30$ кВт; $M = 14500$ кг</p> |
| Т23 |  | <p>Токарный многошпиндельный горизонтальный патронный полуавтомат $d_{max n} = 150$ мм; $l_{max} = 160$ мм; $n_{ш} = 6$ шт; $n_{пс} = 5$ шт; $KPC = 24$; $N_{дв} = 17$ кВт; $N = 22,45$ кВт; $M = 9000$ кг</p> |

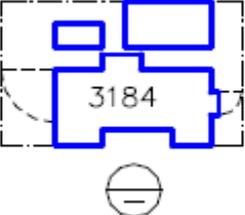
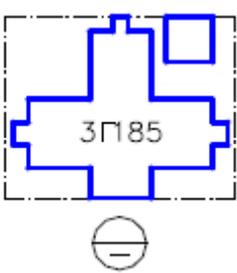
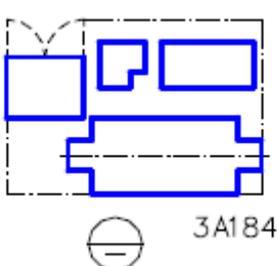
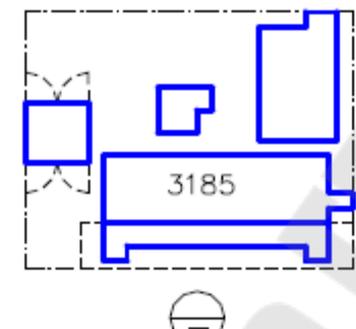
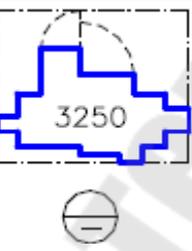
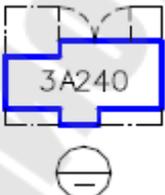
| | | |
|-----|---|--|
| T24 |  | <p>Токарно-револьверный полуавтомат $d_{max\text{ пр}} = 65\text{ мм}$; $d_{max\text{ ст}} = 500\text{ мм}$; $KPC = 16$; $N_{\text{дв}} = 13\text{ кВт}$; $M = 4500\text{ кг}$</p> |
| T25 |  | <p>Токарно-револьверный полуавтомат $d_{max\text{ пр}} = 125\text{ мм}$; $h_{\text{ц}} = 315\text{ мм}$; $KPC = 19$; $N_{\text{дв}} = 22\text{ кВт}$; $N = 24,3\text{ кВт}$; $M = 3900\text{ кг}$</p> |
| T26 |  | <p>Токарный многорезцовый полуавтомат $h_{\text{ц}} = 150\text{ мм}$; $PMЦ = 300\text{ мм}$; $KPC = 12$; $N_{\text{дв}} = 7,5\text{ кВт}$; $N = 8,2\text{ кВт}$; $M = 2000\text{ кг}$</p> |
| C1 |  | <p>Многоцелевой горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ и АСИ $b \times l = 400 \times 630\text{ мм}$; $KM = 16\text{ шт}$; $KPC = 30$; $N_{\text{дв}} = 8,5\text{ кВт}$; $N = 18\text{ кВт}$; $M = 7950\text{ кг}$</p> |
| C2 |  | <p>Многоцелевой горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ и АСИ $b \times l = 400 \times 500\text{ мм}$; $KM = 30\text{ шт}$; $KPC = 30$; $N_{\text{дв}} = 6,3\text{ кВт}$; $N = 12,17\text{ кВт}$; $M = 6580\text{ кг}$</p> |

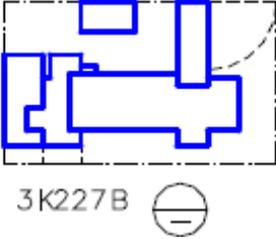
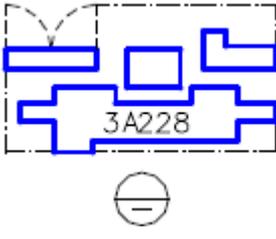
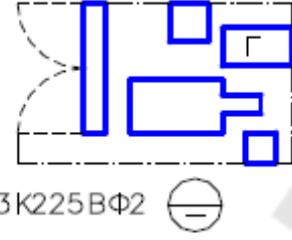
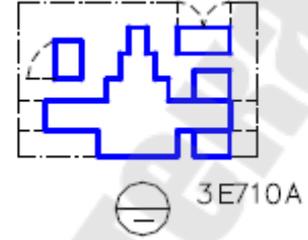
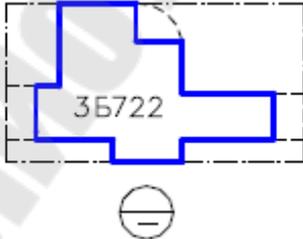
| | | |
|----|--|---|
| С3 |  <p>243BMФ2</p> | <p>Многоцелевой горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ и АСИ $b \times l = 320 \times 560$ мм; $KM = 30$ шт; $KPC = 25$; $N_{дв} = 2,2$ кВт; $N = 3,6$ кВт; $M = 3580$ кг</p> |
| С4 |  <p>2063</p> | <p>Гайконарезной автомат $d_{max} p = 20$ мм; $d_{min} p = 12$ мм; $KPC = 5$; $N_{дв} = 2,5$ кВт; $N = 2,95$ кВт; $M = 640$ кг</p> |
| С5 |  <p>2064</p> | <p>Гайконарезной автомат $d_{max} p = 30$ мм; $d_{min} p = 22$ мм; $KPC = 5$; $N_{дв} = 4,5$ кВт; $N = 4,65$ кВт; $M = 960$ кг</p> |
| С6 |  <p>2С150ПМФ4</p> | <p>Многоцелевой горизонтальный сверлильно-фрезерно-расточной станок с ЧПУ и АСИ $l_{max} = 1000$ мм; $b_{max} = 500$ мм; $l_{max} \varnothing = 800$ мм; $d_{max} \varnothing = 500$ мм; $d_{св} = 5 \dots 50$ мм; $d_{рас} = 160$ мм; $d_{фт} = 160$ мм; $d p = M6 \dots M36$; $KM = 16$ (32) шт; $KPC = 25$; $N_{дв} = 11$ (15) кВт; $N = 21$ кВт; $M = 6180$ кг</p> |

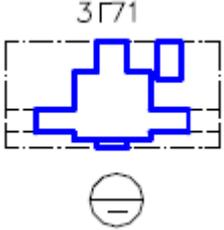
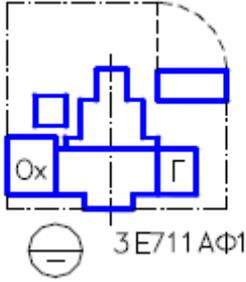
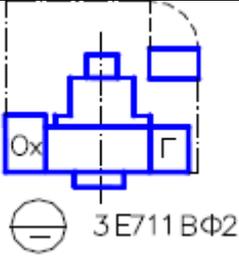
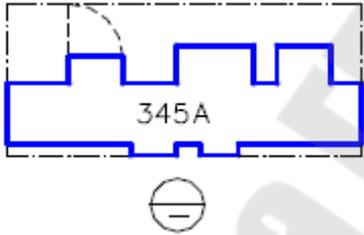
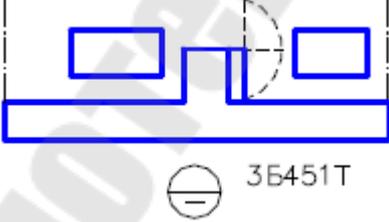
| | | |
|----|---|---|
| С7 |  | <p>Координатно-сверлильный станок с ЧПУ и АСИ $d_{св} = 50 \text{ мм}; b_n \times l_n = 860 \times 1600 \text{ мм};$ $KM = 18 \text{ шт}; KPC = 56; N_{дв} = 7,5 \text{ кВт};$ $N = 15,38 \text{ кВт}; M = 10500 \text{ кг}$</p> |
| С8 |  | <p>Фрезерно-центровальный полуавтомат $d_{max} = 50 \text{ мм}; KPC = 14;$ $N_{дв} = 4,4 \text{ кВт};$ $M = 1900 \text{ кг}$</p> |
| С9 |  | <p>Фрезерно-центровальный полуавтомат $d_{max} = 50 \text{ мм}; KPC = 14;$ $N_{дв} = 4,4 \text{ кВт};$ $M = 1900 \text{ кг}$</p> |
| Ш1 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 300 \text{ мм}; l_{max} = 700 \text{ мм}; h_{ц} = 165 \text{ мм};$ $PMЦ = 750 \text{ мм}; KPC = 16;$ $N_{дв} = 2,8 \text{ кВт};$ $N = 6,13 \text{ кВт}; M = 3200 \text{ кг}$</p> |
| Ш2 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 140 \text{ мм}; l_{max} = 400 \text{ мм}; h_{ц} = 180 \text{ мм};$ $PMЦ = 500 \text{ мм}; KPC = 13;$ $N_{дв} = 3 \text{ кВт};$ $N = 5,15 \text{ кВт}; M = 2000 \text{ кг}$</p> |

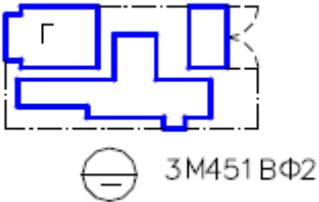
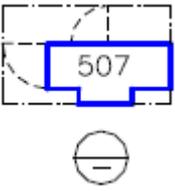
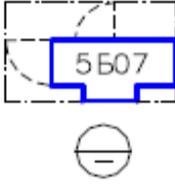
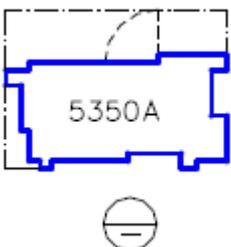
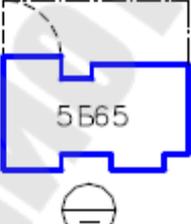
| | | |
|----|---|---|
| Ш3 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 400 \text{ мм}; l_{max} = 1000 \text{ мм};$ $h_{ц} = 210 \text{ мм}; KPC = 32;$ $N_{дв} = 17 \text{ кВт}; N = 21,5 \text{ кВт};$ $M = 17800 \text{ кг}$</p> |
| Ш4 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 200 \text{ мм}; l_{max} = 700 \text{ мм};$ $h_{ц} = 125 \text{ мм}; KPC = 30; N_{дв} = 10 \text{ кВт};$ $M = 6100 \text{ кг}$</p> |
| Ш5 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 80 \text{ мм}; l_{min} = 30 \text{ мм};$ $h_{ц} = 160 \text{ мм}; KPC = 30; N_{дв} = 13 \text{ кВт};$ $N = 19,2 \text{ кВт}; M = 8700 \text{ кг}$</p> |
| Ш6 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 200 \text{ мм}; l_{max} = 700 \text{ мм};$ $h_{ц} = 125 \text{ мм}; KPC = 30; N_{дв} = 10 \text{ кВт};$ $M = 5600 \text{ кг}$</p> |
| Ш7 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 400 \text{ мм}; l_{max} = 1700 \text{ мм};$ $h_{ц} = 220 \text{ мм}; PMЦ = 2000 \text{ мм}; KPC = 27;$ $N_{дв} = 4,5 \text{ кВт}; N = 9,51 \text{ кВт};$ $M = 5600 \text{ кг}$</p> |

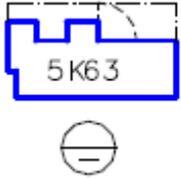
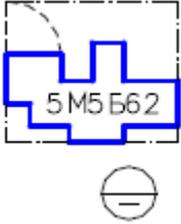
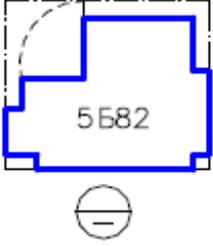
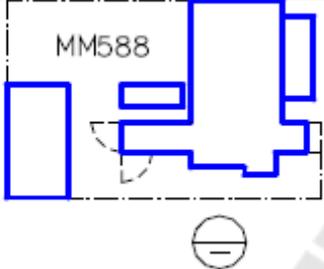
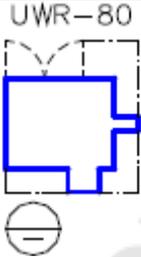
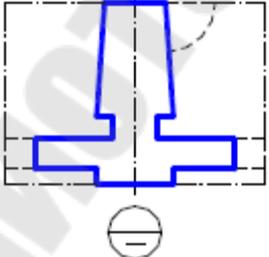
| | | |
|-----|---|--|
| Ш8 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 200 \text{ мм}; l_{max} = 500 \text{ мм}; h_{ц} = 90 \text{ мм};$ $KPC = 14; N_{дв} = 7,5 \text{ кВт}; N = 9,87 \text{ кВт};$ $M = 3500 \text{ кг}$</p> |
| Ш9 |  | <p>Круглошлифовальный станок повышенной точности $d_{max} = 400 \text{ мм}; l_{max} = 2000 \text{ мм};$ $KPC = 37; N_{дв} = 7,5 \text{ кВт};$ $M = 8600 \text{ кг}$</p> |
| Ш10 |  | <p>Круглошлифовальный станок $d_{max} = 400 \text{ мм}; KPC = 32;$ $N_{дв} = 17 \text{ кВт}; N = 21,32 \text{ кВт};$ $M = 11800 \text{ кг}$</p> |
| Ш11 |  | <p>Круглошлифовальный станок с ЧПУ $d_{max \text{ суп}} = 520 \text{ мм}; d_{max \text{ ст}} = 630 \text{ мм};$ $l_{max} = 1400 \text{ мм}; KPC = 38;$ $N_{дв} = 30 \text{ кВт};$ $N = 37,4 \text{ кВт}; M = 7250 \text{ кг}$</p> |
| Ш12 |  | <p>Круглошлифовальный универсальный станок с цифровой индексацией положения рабочих органов $d_{max} = 100 \text{ мм}; l_{max} = 180 \text{ мм};$ $KPC = 11; N_{дв} = 2,5 \text{ кВт};$ $N = 3,87 \text{ кВт}; M = 1950 \text{ кг}$</p> |

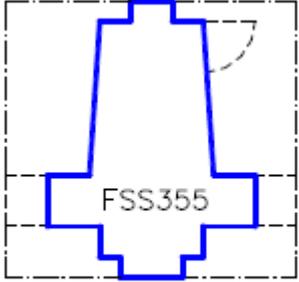
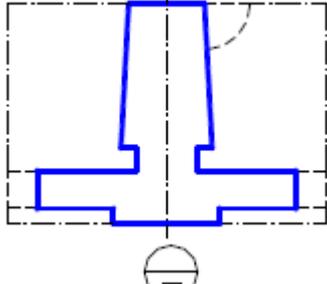
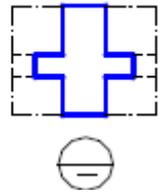
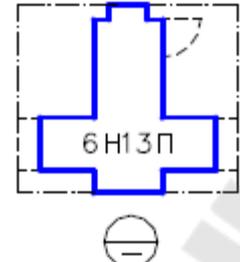
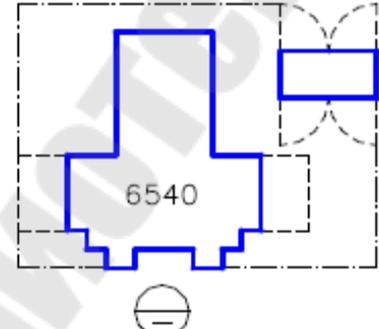
| | | |
|-----|---|---|
| Ш13 |  | <p>Бесцентровошлифовальный полуавтомат $d_{max} = 75 \text{ мм}; d_{min} = 3 \text{ мм};$ $KPC = 12; N_{\partialв} = 14 \text{ кВт};$ $N = 18,5 \text{ кВт}; M = 3900 \text{ кг}$</p> |
| Ш14 |  | <p>Бесцентровошлифовальный полуавтомат $d_{max} = 150 \text{ мм}; d_{min} = 10 \text{ мм}; KPC = 17;$ $N_{\partialв} = 20 \text{ кВт}; N = 24,46 \text{ кВт};$ $M = 7440 \text{ кг}$</p> |
| Ш15 |  | <p>Бесцентровошлифовальный полуавтомат $d_{max} = 80 \text{ мм}; d_{min} = 3 \text{ мм};$ $KPC = 19;$ $N_{\partialв} = 13 \text{ кВт}; N = 15,62 \text{ кВт};$ $M = 5700 \text{ кг}$</p> |
| Ш16 |  | <p>Бесцентровошлифовальный полуавтомат $d_{max} = 160 \text{ мм}; KPC = 19;$ $N_{\partialв} = 2,2 \text{ кВт};$ $N = 19,6 \text{ кВт}; M = 8567 \text{ кг}$</p> |
| Ш17 |  | <p>Внутришлифовальный станок $d_{max} = 200 \text{ мм}; d_{min} = 40 \text{ мм};$ $KPC = 13; N_{\partialв} = 4,2 \text{ кВт};$ $N = 6,35 \text{ кВт}; M = 2400 \text{ кг}$</p> |
| Ш18 |  | <p>Внутришлифовальный станок $d_{max} = 100 \text{ мм}; d_{min} = 12 \text{ мм};$ $KPC = 9; N_{\partialв} = 2,8 \text{ кВт};$ $N = 3,35 \text{ кВт}; M = 1900 \text{ кг}$</p> |

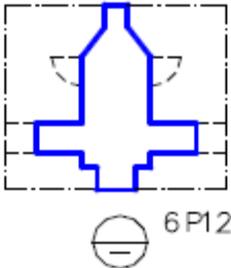
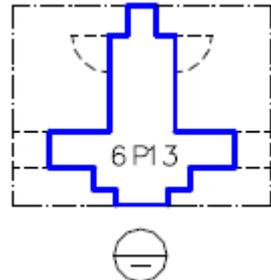
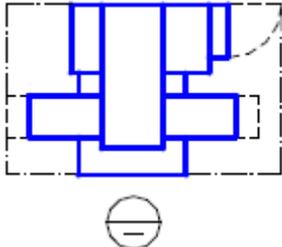
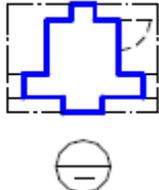
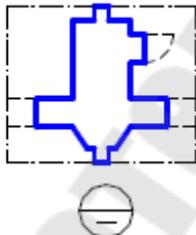
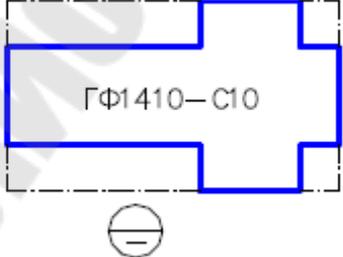
| | | |
|-----|---|---|
| Ш19 |  <p>3K229B</p> | <p>Внутришлифовальный станок $d_{max} = 400$ мм; $d_{min} = 100$ мм; $KPC = 29$; $N_{дв} = 7,5$ кВт; $N = 11,34$ кВт; $M = 8600$ кг</p> |
| Ш20 |  <p>3K227B</p> | <p>Внутришлифовальный станок $d_{max} = 150$ мм; $d_{min} = 5$ мм; $KPC = 16$; $N_{дв} = 4$ кВт; $N = 6,1$ кВт; $M = 4300$ кг</p> |
| Ш21 |  <p>3A228</p> | <p>Внутришлифовальный станок $d_{max} = 200$ мм; $d_{min} = 50$ мм; $KPC = 17$; $N_{дв} = 5,5$ кВт; $N = 7,47$ кВт; $M = 6900$ кг</p> |
| Ш22 |  <p>3K225BФ2</p> | <p>Внутришлифовальный станок с ЧПУ $d_{max} = 200$ мм; $l_{max} = 80$ мм; $KPC = 15$; $N_{дв} = 4,5$ кВт; $N = 6,1$ кВт; $M = 5660$ кг</p> |
| Ш23 |  <p>3E710A</p> | <p>Плоскошлифовальный станок $b_{max} \times l_{max} \times h_{max} = 125 \times 400 \times 320$ мм; $KPC = 19$; $N_{дв} = 4$ кВт; $N = 7,93$ кВт; $M = 2300$ кг</p> |
| Ш24 |  <p>3Б722</p> | <p>Плоскошлифовальный станок $b_{max} \times l_{max} \times h_{max} = 360 \times 1000 \times 400$ мм; $KPC = 18$; $N_{дв} = 10$ кВт; $N = 15,8$ кВт; $M = 7100$ кг</p> |

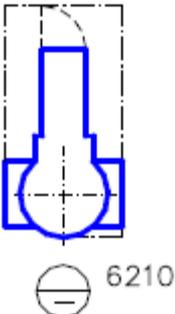
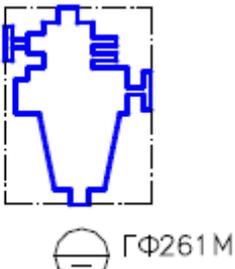
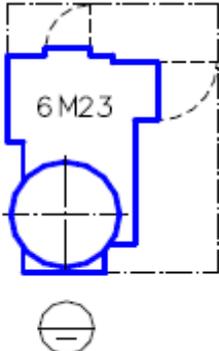
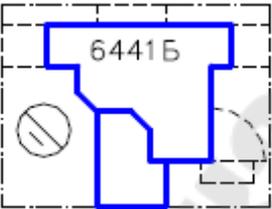
| | | |
|-----|---|---|
| Ш25 |  | <p>Плоскошлифовальный станок $b_{max} \times l_{max} \times$ $h_{max} = 200 \times 320 \times 630$ мм; $KPC = 12$; $N_{дв} = 1,7$ кВт; $N = 3$ кВт; $M = 1900$ кг</p> |
| Ш26 |  | <p>Плоскошлифовальный станок с цифровой индексацией положения рабочих органов $b_{max} \times l_{max} \times$ $h_{max} = 200 \times 630 \times 370$ мм; $KPC = 18$; $N_{дв} = 7,5$ кВт; $N = 10,1$ кВт; $M = 3400$ кг</p> |
| Ш27 |  | <p>Плоскошлифовальный станок с ЧПУ $b_{max} \times l_{max} \times$ $h_{max} = 200 \times 680 \times 370$ мм; $KPC = 20$; $N_{дв} = 7,5$ кВт; $N = 8,52$ кВт; $M = 3200$ кг</p> |
| Ш28 |  | <p>Шлицешлифовальный полуавтомат $d_{max} = 125$ мм; $d_{min} = 25$ мм; $l_{max} = 500$ мм; $n_{шл} = 3 \dots 96$; $l_{max} ш = 350$ мм; $KPC = 21$; $N_{дв} = 3,0$ кВт; $N = 8,48$ кВт; $M = 5500$ кг</p> |
| Ш29 |  | <p>Шлицешлифовальный полуавтомат $d_{max} = 125$ мм; $d_{min} = 14$ мм; $l_{max} = 1400$ мм; $n_{шл} = 2 \dots 98$; $l_{max} ш = 1350$ мм; $KPC = 21$; $N_{дв} = 3,0$ кВт; $N = 6,27$ кВт; $M = 8670$ кг</p> |

| | | |
|-----|---|---|
| Ш30 |  | <p>Шлицешлифовальный полуавтомат с ЧПУ $d_{max} = 125$ мм; $d_{min} = 14$ мм; l_{max} ш = 710 мм; $KPC = 13$; $N_{дв} = 7,5$ кВт; $N = 10,34$ кВт; $M = 6400$ кг</p> |
| P1 |  | <p>Болтонарезной станок $h_{ц} = 140$ мм; $d_{max} p = 36$ мм; $d_{min} p = 10$ мм; $KPC = 7$; $N_{дв} = 2,5$ кВт; $N = 2,7$ кВт; $M = 700$ кг</p> |
| P2 |  | <p>Болтонарезной станок $h_{ц} = 140$ мм; $d_{max} p = 36$ мм; $d_{min} p = 10$ мм; $KPC = 7$; $N_{дв} = 2,5$ кВт; $N = 2,8$ кВт; $M = 950$ кг</p> |
| P3 |  | <p>Шлицефрезерный полуавтомат $d_{max} = 150$ мм; $n_{ш} = 4...36$; $KPC = 15$; $h_{ц} = 250$ мм; $PMЦ = 925$ мм; $N_{дв} = 7,5$ кВт; $M = 3600$ кг</p> |
| P4 |  | <p>Зубошевинговальный полуавтомат $d_{max} = 320$ мм; $d_{min} = 60$ мм; $t_{max} = 6$ мм; $t_{min} = 1,5$ мм; $KPC = 10$; $N_{дв} = 2,8$ кВт; $N = 4,4$ кВт; $M = 4150$ кг</p> |
| P5 |  | <p>Резьбофрезерный станок $d_{max} = 200$ мм; $KPC = 11$; $N_{дв} = 10$ кВт; $N = 11,6$ кВт; $M = 4600$ кг</p> |

| | | |
|-----|---|---|
| P6 |  | Резьбофрезерный станок $d_{max} = 100 \text{ мм}$; $d_{max \text{ p.в}} = 80 \text{ мм}$; $PMЦ = 750 \text{ мм}$; $KPC = 10$; $N_{дв} = 2 \text{ кВт}$; $N = 3,83 \text{ кВт}$; $M = 2400 \text{ кг}$ |
| P7 |  | Резьбофрезерный станок $d_{max} = 100 \text{ мм}$; $d_{max \text{ p.в}} = 80 \text{ мм}$; $PMЦ = 700 \text{ мм}$; $KPC = 10$; $N_{дв} = 1,7 \text{ кВт}$; $N = 2,8 \text{ кВт}$; $M = 2400 \text{ кг}$ |
| P8 |  | Резьбошлифовальный полуавтомат $h_{ц} = 130 \text{ мм}$; $PMЦ = 700 \text{ мм}$; $KPC = 15$; $N_{дв} = 4,5 \text{ кВт}$; $N = 12,7 \text{ кВт}$; $M = 5800 \text{ кг}$ |
| P9 |  | Резьбошлифовальный полуавтомат $h_{ц} = 130 \text{ мм}$; $PMЦ = 700 \text{ мм}$; $KPC = 23$; $N_{дв} = 7,5 \text{ кВт}$; $N = 10,7 \text{ кВт}$; $M = 4600 \text{ кг}$ |
| P10 |  | Резьбонакатной полуавтомат $d_{max} = 75 \text{ мм}$; $d_{min} = 3 \text{ мм}$; $KPC = 9$; $N_{дв} = 3,5 \text{ кВт}$; $N = 5 \text{ кВт}$; $M = 2000 \text{ кг}$ |
| Ф1 |  | Вертикально-фрезерный станок $b \times l = 315 \times 1250 \text{ мм}$; $KPC = 35$; $N_{дв} = 5,5 \text{ кВт}$; $N = 8 \text{ кВт}$; $M = 3150 \text{ кг}$ |

| | | |
|----|---|---|
| Ф2 |  | <p>Вертикально-фрезерный станок $b \times l = 355 \times 1250$ мм; КРС = 19; $N_{дв} = 7$ кВт; $M = 4000$ кг</p> |
| Ф3 |  | <p>Вертикально-фрезерный станок $b \times l = 400 \times 1600$ мм; КРС = 39; $N_{дв} = 11$ кВт; $N = 14,5$ кВт; $M = 4100$ кг</p> |
| Ф4 |  | <p>Вертикально-фрезерный станок $b \times l = 250 \times 1000$ мм; КРС = 10; $N_{дв} = 4,5$ кВт; $N = 6,33$ кВт; $M = 2100$ кг</p> |
| Ф5 |  | <p>$b \times l = 400 \times 1600$ мм; КРС = 18; $N_{дв} = 10$ кВт; $N = 12,93$ кВт; $M = 4250$ кг</p> |
| Ф6 |  | <p>Вертикально-фрезерный станок $b \times l = 500 \times 1600$ мм; КРС = 25; $N_{дв} = 15$ кВт; $N = 21,58$ кВт; $M = 13600$ кг</p> |

| | | |
|-----|---|--|
| Ф7 |  | Вертикально-фрезерный станок $b \times l = 320 \times 1250$ мм; КРС = 16; $N_{дв} = 7,5$ кВт; $N = 9,7$ кВт; $M = 3000$ кг |
| Ф8 |  | Вертикально-фрезерный станок $b \times l = 400 \times 1600$ мм; КРС = 24; $N_{дв} = 10$ кВт; $N = 12,2$ кВт; $M = 4200$ кг |
| Ф9 |  | Горизонтально-фрезерный станок $b \times l = 315 \times 1250$ мм; КРС = 30; $N_{дв} = 5,5$ кВт; $N = 8$ кВт; $M = 3000$ кг |
| Ф10 |  | Универсальный фрезерный станок $b \times l = 260 \times 700$ мм; КРС = 9; $N_{дв} = 2$ кВт; $M = 1500$ кг |
| Ф11 |  | Универсальный фрезерный станок $b \times l = 320 \times 1410$ мм; КРС = 13; $N_{дв} = 6,6$ кВт; $N = 9,6$ кВт; $M = 3300$ кг |
| Ф12 |  | Продольно-фрезерный станок $b \times l = 500 \times 1250$ мм; КРС = 22; $N_{дв} = 5,5$ кВт; $N = 8,5$ кВт; $M = 12000$ кг |

| | | |
|-----|---|--|
| Ф13 |  | <p>Карусельно-фрезерный полуавтомат $d_{ст} = 1000 \text{ мм}; KPC = 21;$ $N_{дв} = 10 \text{ кВт}; N = 11,7 \text{ кВт};$ $M = 6200 \text{ кг}$</p> |
| Ф14 |  | <p>Барабонно-фрезерный станок $d_{ст} = 750 \text{ мм}; KPC = 13;$ $N_{дв} = 7 \text{ кВт}; N = 11,5 \text{ кВт};$ $M = 6300 \text{ кг}$</p> |
| Ф15 |  | <p>Карусельно-фрезерный полуавтомат $d_{ст} = 1600 \text{ мм}; KPC = 23;$ $N_{дв} = 14 \text{ кВт}; N = 15,7 \text{ кВт};$ $M = 12400 \text{ кг}$</p> |
| Ф16 |  | <p>Копировально-фрезерный станок $b \times l = 500 \times 900 \text{ мм}; KPC = 21;$ $N_{дв} = 2,6 \text{ кВт}; N = 5,6 \text{ кВт};$ $M = 7500 \text{ кг}$</p> |

На рисунке 7.1 представлен чертеж цеха, который следует модифицировать, вставив темплеты станков, согласно варианту.

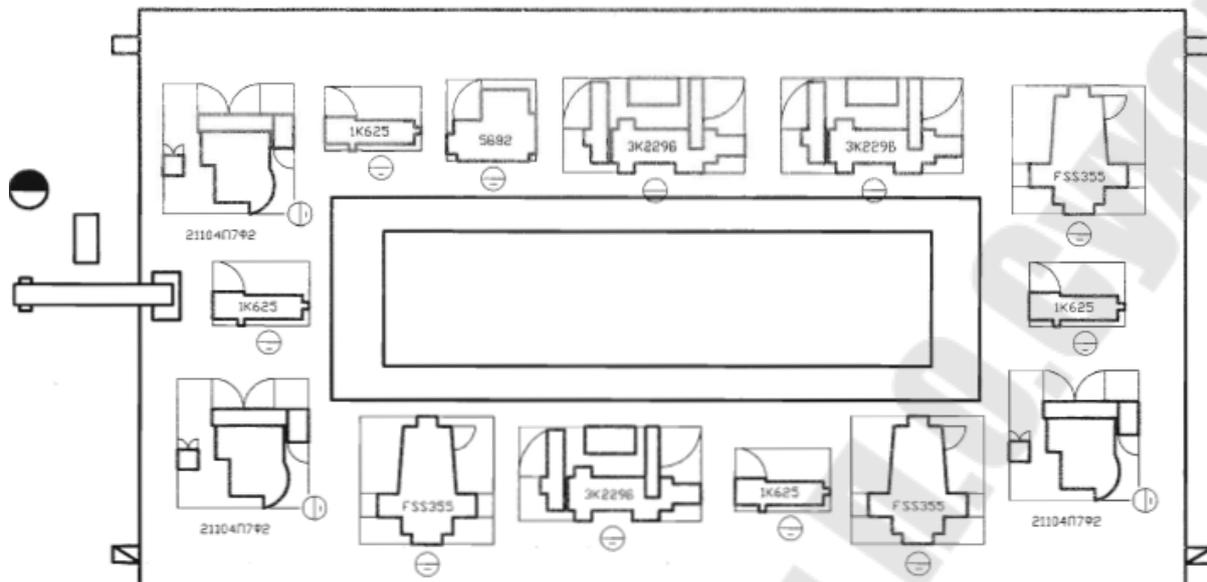


Рисунок 7.1 – Планировка цеха

Связь элементов оборудования с базой данных СУБД MS Access

На основании разработанной планировки цеха связать элементы оборудования с базой данных СУБД MS Access, в которой хранится и обрабатывается информация об оборудовании.

Для основных элементов оборудования планировки цеха в базе данных должна храниться следующая информация:

для всех вариантов:

- а) инвентарный и серийный номера оборудования;
- б) марка, наименование оборудования;
- в) данные о размещении оборудования: почтовый адрес подразделения (город, улица, дом, корпус), цех (участок);
- г) организация - производитель оборудования (наименование, основные реквизиты, контактное лицо);
- д) год выпуска, дата (год, месяц) ввода в эксплуатацию;
- е) гарантийный срок эксплуатации (месяцев);
- ж) даты испытаний (год, месяц);
- з) основные технические характеристики (масса, габариты, мощность, категория ремонтной сложности КРС и т.д. для соответствующего оборудования);
- и) лицо, ответственное за эксплуатацию оборудования (ФИО, подразделение, должность, телефон);

для четных вариантов:

к) даты и характеристики ремонтов (год, месяц);

для нечетных вариантов:

л) даты и характеристики планового технического обслуживания (год, месяц).

В базе данных должны быть созданы таблицы, формы для ввода записей, **запросы на выборку** для получения сведений об оборудовании, макросы и главная кнопочная форма в соответствии со своим вариантом.

Варианты заданий

| Номер варианта | Номер запроса |
|----------------|---------------|
| 1 | 1,2,11,13 |
| 2 | 3,4,9,14 |
| 3 | 5,6,12,15 |
| 4 | 7,8,10,16 |
| 5 | 1,2,12,17 |
| 6 | 3,4,10,18 |
| 7 | 5,6,11,21 |
| 8 | 7,8,9,20 |
| 9 | 1,2,12,22 |
| 10 | 3,4,10,19 |
| 11 | 7,6,12,18 |
| 12 | 5,8,9,17 |
| 13 | 3,2,11,16 |
| 14 | 1,4,13,15 |
| 15 | 5,7,12,14 |
| 16 | 6,8,9,13 |
| 17 | 2,4,12,22 |
| 18 | 3,1,9,19 |
| 19 | 8,6,11,18 |
| 20 | 7,5,10,17 |
| 21 | 4,2,12,16 |
| 22 | 3,1,10,15 |
| 23 | 5,7,11,13 |
| 24 | 7,8,9,14 |
| 25 | 5,2,12,21 |

| | |
|----|-----------|
| 26 | 7,4,9,19 |
| 27 | 1,6,11,22 |
| 28 | 3,8,10,17 |

Запросы:

- 1) оборудование с заданной маркой и годом выпуска в заданном интервале;
- 2) оборудование заданного подразделения с истекшим гарантийным сроком;
- 3) оборудование с заданной маркой и датой ввода в эксплуатацию, ранее заданной;
- 4) оборудование с датой ввода в эксплуатацию в заданном интервале;
- 5) оборудование, находящееся на гарантийном сроке эксплуатации;
- 6) оборудование заданного ответственного за эксплуатацию;
- 7) оборудование с датой испытания в заданном диапазоне;
- 8) оборудование, с заданным инвентарным номером.
- 9) оборудование заданного производителя с истекшим гарантийным сроком.
- 10) оборудование с заданной маркой и с истекшим гарантийным сроком
- 11) оборудование с заданной маркой и с минимальной массой
- 12) оборудование с заданной маркой и с максимальной мощностью.
- 13) оборудование с максимальной КРС;
- 14) оборудование с минимальной КРС;
- 15) оборудование с максимальной мощностью;
- 16) оборудование с минимальной мощностью;
- 17) оборудование с максимальной массой;
- 18) оборудование с минимальной массой;

Для четных

- 19) оборудование заданного производителя с датами ремонтов в заданном интервале;
- 20) оборудование с датой ремонта в заданном интервале;

Для нечетных

- 21) оборудование заданного подразделения с датами технического обслуживания в заданном интервале;
- 22) оборудование с датами технического обслуживания в заданных диапазонах.

На рисунке 7.2 представлены структуры таблиц базы данных «Планировка цеха», а на рисунке 7.3 – Схема данных

Структуры таблиц базы данных «Планировка цеха»

| организация : таблица | | |
|-----------------------|------------|--|
| Имя поля | Тип данных | |
| код | Счетчик | |
| производитель | Текстовый | |
| адрес | Текстовый | |
| контактное_лицо | Текстовый | |
| телефон | Числовой | |

| ответственные : таблица | | |
|-------------------------|------------|--|
| Имя поля | Тип данных | |
| код | Счетчик | |
| ФИО | Текстовый | |
| должность | Текстовый | |
| телефон | Текстовый | |
| код_подразделения | Числовой | |

| подразделение : таблица | | |
|-------------------------|------------|--|
| Имя поля | Тип данных | |
| код | Счетчик | |
| наименование_подразд | Текстовый | |
| город | Текстовый | |
| улица | Текстовый | |
| дом | Текстовый | |

| испытания : таблица | | |
|---------------------|------------|--|
| Имя поля | Тип данных | |
| код | Счетчик | |
| код_оборудования | Числовой | |
| дата | Дата/время | |
| выработка | Текстовый | |

| ремонт_обслуживание : таблица | | |
|-------------------------------|------------|--|
| Имя поля | Тип данных | |
| код | Счетчик | |
| ремонт_или_обслуживан | Текстовый | |
| дата | Дата/время | |
| код_оборудования | Числовой | |

| марки_оборудования : таблица | | |
|------------------------------|------------|--|
| Имя поля | Тип данных | |
| код | Счетчик | |
| наименование | Текстовый | |
| Габариты | Текстовый | |
| Масса | Числовой | |
| гарантийный_срок | Числовой | |
| срок_службы | Числовой | |

| оборудование : таблица | | |
|------------------------|------------|--|
| Имя поля | Тип данных | |
| код | Счетчик | |
| инвентарный_номер | Текстовый | |
| серийный_номер | Числовой | |
| код_марки | Числовой | |
| год_выпуска | Числовой | |
| ввод_эксп_год | Числовой | |
| ввод_эксп_месяц | Числовой | |
| код_ответственного | Числовой | |

Рисунок 7.2 – Структуры таблиц

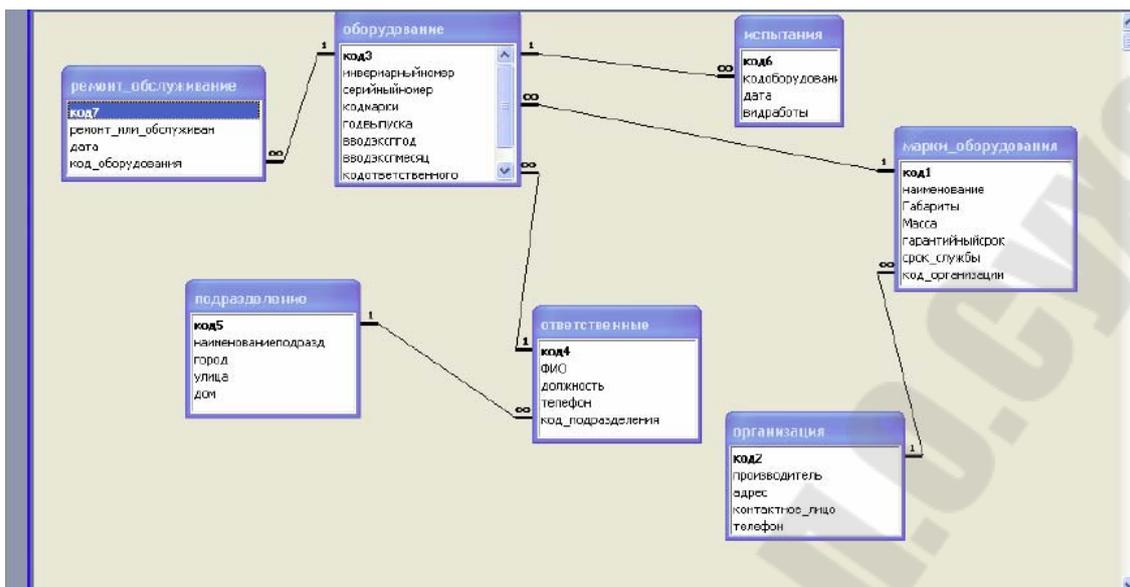


Рисунок 7.3 – Схема данных

Методические указания

Пример 7.1 Спроектировать базу данных «Учет договоров с поставщиками»

| Назначение файла | Назначение полей записи | Поле поиска |
|-------------------------------|------------------------------|--|
| Учет договоров с поставщиками | 1. Поставщик | а) сведения о поставщиках, упорядоченные по названию поставщиков (по возрастанию) |
| | 2. ФИО руководителя | б) по поставщику с указанием данных договора |
| | 3. Телефон | Самостоятельно |
| | 4. Номер договора | в) информация о товарах, дата заключения договора которых попадает в заданный диапазон |
| | 5. Дата заключения | г) информация о поставщиках, выпускающих заданный товар |
| | 6. Товар | д) информация о поставщиках, дата фактической поставки заданного товара была вчера |
| | 7. Дата фактической поставки | |

Распределяем данные по таблицам, учитывая требования нормализации. Задав необходимые связи между таблицами, получим следующую схему данных 7.3:

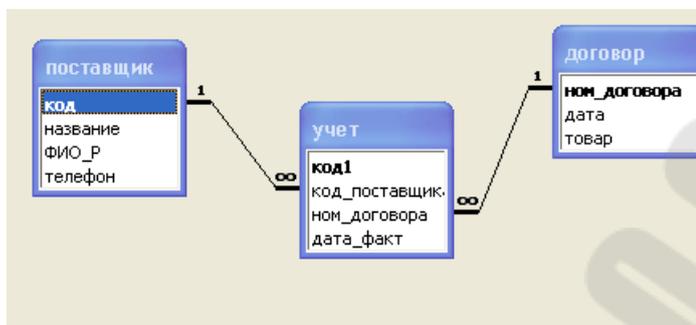


Рисунок 7.3 – Схема данных «Учет договоров с поставщиками»

1. Создание базы данных

- 1) запустить MS Access с рабочего стола или через кнопку Пуск
- 2) выбрать режим *Новая база данных*;
- 3) ввести имя нашей базы данных *Учет_договоров* и выбрать ее место расположения на диске.

2. Создание таблиц

Для создания структуры таблицы необходимо выполнить следующие действия:

- 1) выбрать вкладку *Таблица* и выполнить команду *Создать*;
- 2) в окне диалога «Новая таблица» выбрать режим *Конструктор*;
- 3) задать имена, типы данных, свойства полей, определить ключевое поле.
- 4) сохранить таблицу и задать имя таблицы.

Данный порядок действий выполнить для всех определенных для этой задачи таблиц.

Таблица «Поставщик»

| Название поля | Тип данных | Свойства | Примечание |
|---------------|------------|------------------------------|---------------------|
| Код | Счетчик | Последовательные целые числа | Ключевое поле |
| Название | Текстовый | Размер поля – 50 символов | Название поставщика |
| ФИО_Р | Текстовый | Размер поля – 20 символов | ФИО руководителя |

| | | | |
|---------|----------|---------------|------------------------------------|
| Телефон | Числовой | Длинное целое | Набирать без разделительных данных |
|---------|----------|---------------|------------------------------------|

Таблица «Договора»

| Название поля | Тип данных | Свойства | Примечание |
|---------------|------------|--|--------------------------|
| Ном_договора | Числовой | Последовательные целые числа | Ключевое поле |
| Дата | Дата/Время | Краткий формат даты; условие на значение <Date() | Дата заключения договора |
| Товар | Текстовый | Размер поля – 30 символов | Товар |

Таблица «Учет»

| Название поля | Тип данных | Свойства | Примечание |
|----------------|---|--|---|
| Код1 | Счетчик | Последовательные целые числа | Ключевое поле |
| Код поставщика | Подстановка из таблицы «Поставщик» Тип Числовой | Последовательные целые числа | Внешний ключ для связи с таблицей «Поставщик» |
| Ном_договора | Числовой | Последовательные целые числа | Внешний ключ для связи с таблицей «Договора» |
| Дата_Факт | Дата/Время | Краткий формат даты; условие на значение <Date() | Дата заключения договора |

3. Создание связи между таблицами

Глобальная связь задается командой **Сервис / Схема данных** или нажатием кнопки *Схема данных* на панели инструментов. При этом

связующее поле перетаскивается из таблицы, находящейся на стороне отношения «один», в таблицу на стороне отношения «многие» В диалоговом окне «Связи», устанавливаются следующие опции: *Обеспечение целостности данных; Каскадное обновление связанных полей; Каскадное удаление связанных полей; Объединение.*

4. Ввод данных

В окне базы данных нужно:

- 1) выбрать вкладку *Таблицы*;
- 2) выделить нужную таблицу;
- 3) нажать кнопку *Открыть*;
- 4) заполнить таблицы данными в следующем порядке: «Поставщик», «Договора», «Учет».

5. Создание запросов

5.1. Создание запроса а)

Для создания данного запроса выполним следующие действия:

- 1) вкладка *Запросы*;
- 2) кнопка *Создать*;
- 3) режим *Конструктор, ОК*;
- 4) добавляем таблицу Поставщик с помощью диалогового окна «Добавление таблицы»;
- 5) в появившемся бланке, добавление полей реализуем путем перетаскивания имени поля из таблицы, находящейся вверху окна Запрос на выборку, в строку поля очередного столбца бланка. Для данного запроса добавляем поля: Название, ФИО_Р, Телефон;
- 6) В бланке заказов в строке «Сортировка» столбца Название выбираем режим По возрастанию;
- 7) Сохраняем запрос нажатием кнопки *Сохранить* на панели инструментов под именем «З_а»;
- 8) Нажимаем кнопку *Выполнить*.

5.2. Создание запроса б)

Для создания данного запроса (запрос с параметром) выполним следующие действия:

- 1) вкладка *Запросы*;
- 2) кнопка *Создать*;
- 3) режим *Конструктор, ОК*;
- 4) добавляем таблицы Учет и Поставщик с помощью диалогового окна «Добавление таблицы»;
- 5) в появившемся бланке, добавляем поля Ном_Договора, Дата, Название, ФИО_Р, Телефон;

6) в бланке заказов в строке «Условие отбора» в ячейку столбца Название вводим в квадратных скобках текст [Введите название поставщика].

7) Сохраняем запрос нажатием кнопки *Сохранить* на панели инструментов под именем «З_б»;

8) Нажимаем кнопку *Выполнить*.

6. Создание форм

Для создания формы нужно выполнить следующие действия:

1) выбрать вкладку *Формы*;

2) нажать кнопку *Создать*;

3) в диалоговом окне «Новая форма» выбрать режим создания формы *Конструктор*;

4) выбрать таблицу (например Договора), *OK*;

При создании формы используются следующие инструменты. *Панель элементов*; *Окно списка полей* (вызов осуществляется командой *Вид / Список полей* или кнопкой *Список полей*); *Окно свойств* формы или элементов управления формы (для открытия окна свойств выделить интересующий объект и выбрать команду меню *Вид / Свойства* или кнопку *Свойства* на панели инструментов).

В окне *Список полей* приведены название таблицы и полей, принадлежащих данной таблице. Размещаем в форме поля путем буксирования их из окна *Список полей*.

Для создания интерфейса созданных форм используем кнопки *Панели элементов*, такие как *Надпись*, а также воспользуемся свойствами данных полей.

4) сохраняем форму нажатием кнопки *Сохранить* на панели инструментов под именем соответствующим данной таблице (например Договора);

5) Нажимаем кнопку *Отобразить*. Результат выполнения формы отразится на экране.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8 «РЕШЕНИЕ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ НА ЭВМ»

Цель работы. Научиться применять метод последовательных уступок для решения многокритериальных задач оптимизации на ЭВМ.

Постановка задачи

Решить многокритериальные задачи оптимизации методом последовательных уступок на ЭВМ:

- студенты с нечетными номерами в журнале выполняют задание 1 и задание 2;
- студенты с четными номерами в журнале выполняют задание 3 и задание 4.

Для реализации метода последовательных уступок использовать систему компьютерной математики (СКМ) MathCAD.

Варианты заданий

Задание 1. Решить методом последовательных уступок двухкритериальную задачу, представленную математической моделью:

$$\begin{aligned} Z_1 &= x_1 - 3x_2 \rightarrow \max; \\ Z_2 &= 2x_1 - 2x_2 \rightarrow \min; \\ \begin{cases} 3x_1 + 5x_2 \geq 2; \\ x_1 + x_2 \leq 11; \\ x_1 - x_2 \leq -1; \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 0. \end{cases} \end{aligned}$$

Уступка по первому критерию $\delta=2$.

Задание 2. Молочный комбинат, исследовав конъюнктуру местного рынка, решил выпустить новый вид йогурта, который был бы конкурентно способен. При этом, необходимо разработать план организации производства для выпуска данного продукта. Основными затратами на разработку являются затраты на модернизацию оборудования x и затраты на научные исследования y . При исследовании установлено, что себестоимость единицы продукции при этом будет зависеть от затрат как $F_1(x,y)=12+ax+by$, а качество продукции как $F_2=6+cx+dy$. Ставится задача

минимизировать данного продукта себестоимость (цену) и максимизировать качество выпускаемой продукции. Из двух целевых функций основной считается цена (себестоимость продукции). По фактору «цена» можно сделать уступку 3 денежных единицы. Решить задачу методом последовательных и найти оптимальные значения факторов x и y , а также значения целевых функций, если на факторы наложены ограничения:

$$\begin{cases} 5x + 4y \leq 40; \\ 2x + y \geq 8; \\ 0 \leq x \leq 6; \quad y \geq 0. \end{cases}$$

Исходные данные взять в зависимости от варианта из таблицы.

| Вариант | a | b | c | d | Вариант | a | b | c | d |
|---------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 4 | 4 | 10 | 2 | 4 | 2 | 1 |
| 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 11 | 3 | 4 | 2 | 2 |
| 3 | 2 | 4 | 1 | 1 | 12 | 2 | 1 | 4 | 2 |
| 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 13 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 4 | 2 | 2 | 14 | 3 | 1 | 4 | 4 |
| 6 | 3 | 4 | 3 | 3 | 15 | 3 | 3 | 2 | 2 |
| 7 | 3 | 2 | 2 | 3 | 16 | 4 | 4 | 1 | 1 |
| 8 | 2 | 2 | 4 | 4 | 17 | 4 | 3 | 3 | 1 |
| 8 | 4 | 4 | 4 | 1 | 18 | 4 | 1 | 1 | 3 |

Задание 3. Решить методом последовательных уступок двухкритериальную задачу, представленную математической моделью:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 2x_1 + x_2 - 5x_3 \rightarrow \max; \\ Z_2 &= 3x_1 + 2x_2 - 4x_3 \rightarrow \min; \\ \begin{cases} 4x_1 + 6x_2 + 5x_3 \geq 2; \\ -2x_1 + x_2 - 3x_3 \leq 27; \\ 6x_1 + 5x_2 \leq 75; \\ 2x_1 + 3x_3 \geq 3; \\ x_1 \geq 0; \quad x_2 \geq 0; \quad x_3 \geq 0. \end{cases} \end{aligned}$$

Уступка по первому критерию δ равна номеру варианта.

Задание 4. Решить методом последовательных уступок трехкритериальную задачу, представленную математической моделью:

$$Z_1 = -x_1 + 3x_2 - 2x_3 \rightarrow \min;$$

$$Z_2 = -3x_1 + 2x_2 - x_3 \rightarrow \max;$$

$$Z_3 = x_1 + 2x_2 + 4x_3 \rightarrow \max;$$

$$\begin{cases} 3x_1 + 2x_2 + a \cdot x_3 \geq 1; \\ x_1 + b \cdot x_2 + x_3 \leq 19; \\ c \cdot x_1 + 3x_2 \leq 21; \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0. \end{cases}$$

Значения параметров a, b, c взять из таблицы для своего варианта.

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| a | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| b | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 3 | 2 |
| c | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 3 | 2 | 4 |

Уступка по первому критерию δ равна 6, а по второму -4 .

Требования к отчету

1. Название лабораторной работы.
2. Постановка задачи.
3. Решения заданий в СКМ MathCAD.
4. Отчет оформить в текстовом редакторе.

Методические указания

Методы на основе компенсации критериев

Методы этого класса основаны на улучшении оценок по одним критериям за счет ухудшения оценок по другим, причем допустимая величина ухудшения оценок должна быть задана экспертом или лицом принимающим решение (ЛПР). Наиболее распространенным из методов этого класса является *метод последовательных уступок*.

Принцип работы метода следующий. На основе суждений ЛПР (или экспертных оценок) выполняется ранжирование критериев по важности.

В некоторых случаях такое ранжирование может выполняться непосредственно: ЛПР указывает наиболее важный критерий, второй по важности и т.д. В других случаях для ранжирования применяются методы экспертных оценок.

Затем находится лучшее решение по наиболее важному критерию. После этого ЛПР указывает допустимую уступку, т.е. величину, на которую можно ухудшить оценку по наиболее важному критерию, чтобы обеспечить улучшение по другому (второму по важности) критерию.

Находится лучшее решение по второму критерию (при условии, что оценка по первому критерию ухудшается не больше, чем на заданную уступку).

Затем указывается уступка по второму критерию. Находится лучшее решение по следующему (третьему по важности) критерию, при соблюдении ограничений на уступки по первому и второму критерию. Процесс продолжается, пока не будет выполнена оптимизация по всем критериям.

Пример 8.1. Решить методом последовательных уступок трехкритериальную задачу, представленную математической моделью:

$$\begin{aligned} Z_1 &= 2x_1 + x_2 - 3x_3 \rightarrow \max; \\ Z_2 &= x_1 + 3x_2 - 2x_3 \rightarrow \min; \\ Z_3 &= -x_1 + 2x_2 + 4x_3 \rightarrow \max; \\ \begin{cases} x_1 + 3x_2 + 2x_3 \geq 1; \\ 2x_1 - x_2 + x_3 \leq 16; \\ x_1 + 2x_2 \leq 24; \end{cases} \\ x_1 \geq 0; x_2 \geq 0; x_3 \geq 0. \end{aligned}$$

Уступка по первому критерию δ равна 4, а по второму -5 .
На рисунке 8.1 показана реализация решения задачи в MathCAD.

Решение многокритериальных задач методом уступок

+

Целевые функции

$$(\max) Z1(x1, x2, x3) := 2x1 + 1 \cdot x2 - 3 \cdot x3$$

$$(\min) Z2(x1, x2, x3) := 1x1 + 3 \cdot x2 - 2 \cdot x3$$

$$(\max) Z3(x1, x2, x3) := -1 \cdot x1 + 2 \cdot x2 + 4x3$$

Уступки: $\text{delta1} := 4$ $\text{delta2} := 5$

Оптимизация по целевой функции Z1

$$x1 := 0 \quad x2 := 0 \quad x3 := 0$$

Given

$$1 \cdot x1 + 3 \cdot x2 + 2 \cdot x3 \geq 1$$

$$2 \cdot x1 - 1 \cdot x2 + x3 \leq 16$$

$$1 \cdot x1 + 2 \cdot x2 \leq 24$$

$$x1 \geq 0 \quad x2 \geq 0 \quad x3 \geq 0$$

$$\begin{pmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{pmatrix} := \text{Maximize}(Z1, x1, x2, x3)$$

$$x1 = 11.2 \quad x2 = 6.4 \quad x3 = 0 \quad Z1(x1, x2, x3) = 28.8$$

Ухудшаем значение целевой функции Z1 на уступку delta1

$$z1 := Z1(x1, x2, x3) - \text{delta1} \quad z1 = 24.8$$

Оптимизация по целевой функции Z2 с учетом целевой функции Z1 и уступки delta1

$$x1 := 0 \quad x2 := 0 \quad x3 := 0$$

Given

$$1 \cdot x1 + 3 \cdot x2 + 2 \cdot x3 \geq 1$$

$$2 \cdot x1 - 1 \cdot x2 + x3 \leq 16$$

$$1 \cdot x1 + 2 \cdot x2 \leq 24$$

$$2x1 + 1 \cdot x2 - 3 \cdot x3 \geq z1$$

$$x1 \geq 0 \quad x2 \geq 0 \quad x3 \geq 0$$

$$\begin{pmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{pmatrix} := \text{Minimize}(Z2, x1, x2, x3)$$

$$x1 = 10.2 \quad x2 = 4.4 \quad x3 = 0 \quad Z2(x1, x2, x3) = 23.4 \quad Z1(x1, x2, x3) = 24.8$$

Ухудшаем значение целевой функции Z2 на уступку delta2

$$z2 := Z2(x1, x2, x3) + \text{delta2} \quad z2 = 28.4$$

Рисунок 8.1 – Решение задачи в MathCAD

Оптимизация по целевой функции Z3 с учетом уступки delta1, целевой функции Z2 и уступки delta2

$$\begin{aligned}x1 &:= 0 & x2 &:= 0 & x3 &:= 0 \\ \text{Given} & & & & & \\ 1 \cdot x1 + 3 \cdot x2 + 2 \cdot x3 &\geq 1 \\ 2 \cdot x1 - 1 \cdot x2 + x3 &\leq 16 \\ 1 \cdot x1 + 2 \cdot x2 &\leq 24 \\ 2x1 + 1 \cdot x2 - 3 \cdot x3 &\geq z1 \\ 1x1 + 3 \cdot x2 - 2 \cdot x3 &\leq z2 \\ x1 \geq 0 & & x2 \geq 0 & & x3 \geq 0\end{aligned}$$

$$\begin{pmatrix} x1 \\ x2 \\ x3 \end{pmatrix} := \text{Maximize}(Z3, x1, x2, x3)$$

$$x1 = 10.756 \quad x2 = 6.622 \quad x3 = 1.111$$

$$Z1(x1, x2, x3) = 24.8$$

$$Z2(x1, x2, x3) = 28.4$$

$$Z3(x1, x2, x3) = 6.933$$

Продолжение рисунка *.1

Вопросы для защиты

1. Кем должна быть задана допустимая величина ухудшения оценок.
2. Принцип работы метода последовательных уступок.
3. Как реализован метода последовательных уступок в MathCAD.

Самостоятельная работа

Реализовать метод последовательных уступок в Excel, используя пакет «Поиск решения».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9 «МЕТОДЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МНОГИХ КРИТЕРИЯХ. МЕТОД ЭЛЕКТРА»

Цель работы. изучение эффективности применения метода Электра для принятия решений в производственно-технологических задачах.

Постановка задачи

1. Изучить основные особенности задач выбора альтернатив по многим критериям, виды и основные возможности методов их решения.

2. Решить задачу выбора оптимального решения по многим критериям.

Задача решается в следующем порядке:

– выбрать множество Парето;
– вычислить веса критериев, используя методы экспертного анализа (метод ранга);

– выполнить анализ отобранных альтернатив по методу ЭЛЕКТРА.

Предусмотреть возможность выбора одной или двух альтернатив, изменяя пороговые значения индексов согласия и несогласия.

Варианты заданий

Задание 1

Предприятие – производитель изделий бытовой электроники выбирает торговую фирму для заключения с ней договора о распространении своей продукции. Имеется шесть торговых фирм, о которых известно следующее.

| Фирма | ТФ1 | ТФ2 | ТФ3 | ТФ4 | ТФ5 | ТФ6 |
|--------------------------------------|--------------|----------|----------|---------|-----------------------------------|--|
| Опыт работы с данной продукцией, лет | 5 | 2 | 6 | 5 | 7 | 4 |
| Торговая сеть | развитая | развитая | развитая | средняя | средняя (немного хуже, чем у ТФ4) | средняя (немного лучше, чем у ТФ4 и ТФ5) |
| Репутация | сомнительная | хорошая | средняя | хорошая | средняя | хорошая |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, основной критерий – репутация, менее важный – опыт работы, еще менее важный – торговая сеть.

По мнению второго эксперта, основной критерий – репутация, менее важный – торговая сеть, еще менее важный – опыт работы.

Задание 2

Предприятие предполагает приобрести станок. Характеристики станков, из которых делается выбор, следующие.

| Станок | СТ1 | СТ2 | СТ3 | СТ4 | СТ5 | СТ6 |
|---------------------------------|--------------------|---------|---------------|--|---------|--------------------|
| Производительность, изделий/час | 25 | 25 | 30 | 15 | 20 | 35 |
| Стоимость станка, тыс. у.е. | 140 | 100 | 200 | 100 | 100 | 200 |
| Надежность | достаточно высокая | средняя | очень высокая | достаточно высокая (немного ниже, чем у СТ1 и СТ6) | средняя | достаточно высокая |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, основной критерий – производительность, немного менее важный – надежность, еще немного менее важный – стоимость.

По мнению второго эксперта, основной критерий – производительность, менее важный – стоимость, еще немного менее важный – надежность.

Задание 3

Предлагаются шесть вариантов площадки для строительства нового предприятия. Характеристики площадок следующие.

| Площадка | Пл1 | Пл2 | Пл3 | Пл4 | Пл5 | Пл6 |
|--|---------|---------|----------|---------------------------------------|---------------|---------|
| Дорожная сеть | средняя | плохая | развитая | развитая (немного лучше, чем для Пл3) | средняя | плохая |
| Энергоснабжение | хорошее | хорошее | плохое | среднее | очень хорошее | среднее |
| Затраты на подготовку к строительству, млн ден.ед. | 3,5 | 2,5 | 3 | 3,5 | 3 | 2,0 |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий – затраты на подготовку к строительству, менее важны (и одинаково важны между собой) дорожная сеть и энергоснабжение.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий – дорожная сеть, немного менее важный – затраты на подготовку к строительству, еще немного менее важный – энергоснабжение.

Задание 4

Предлагаются шесть проектов строительства промышленного предприятия. Характеристики проектов следующие.

| Проект | П1 | П2 | П3 | П4 | П5 | П6 |
|---------------------------------|---------|---------|------------------------------------|---------|---------------|---------------|
| Прибыль, млн ден.ед./год | 12 | 10 | 13 | 11 | 15 | 14 |
| Новые рабочие места | 3000 | 3500 | 3000 | 1500 | 2000 | 2500 |
| Возможности развития территории | хорошие | средние | средние (немного хуже, чем для П2) | хорошие | очень хорошие | очень хорошие |

Оценка важности критериев выполняется двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий – прибыль, менее важный – возможности развития территории, еще менее важный – количество новых рабочих мест.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий – прибыль, менее важный – количество новых рабочих мест, еще менее важный – возможности развития территории.

Задание 5

Выбирается место для строительства металлургического предприятия. Характеристики мест, предлагаемых для строительства следующие.

| Место | М1 | М2 | М3 | М4 | М5 | М6 |
|--|---------------|--------------------|--------|---------------|-------------------------------------|--------------------|
| Близость к источникам сырья | совсем близко | близко | далеко | совсем близко | близко (немного дальше, чем для М2) | среднее расстояние |
| Близость к потребителям | далеко | среднее расстояние | близко | очень далеко | далеко | совсем близко |
| Затраты на подготовку к строительству, млн ден.ед. | 2,5 | 4 | 3 | 2 | 3 | 3,5 |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий – затраты на подготовку к строительству; менее важный – близость к источникам сырья, еще немного менее важный – близость к потребителям.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий – близость к источникам сырья, немного менее важный – затраты на подготовку к строительству, значительно менее важный – близость к потребителям.

Задание 6

Предприятие предполагает заключить договор о поставках железной руды с одним из шести поставщиков. Характеристики поставщиков следующие.

| Поставщик | П1 | П2 | П3 | П4 | П5 | П6 |
|-------------------------------|---------------------------------|--------------|-----------------------|----------------------------|--------------|--------------|
| Содержание металла в руде, % | 12 | 9 | 15 | 8 | 7 | 10 |
| Стоимость руды, ден.ед./тонну | 200 | 120 | 220 | 120 | 100 | 140 |
| Надежность поставок | воз- можны нару- шения | высо- кая | очень вы- сокая | доста- точно высокая | высо- кая | высо- кая |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий – содержание металла в руде, следующий по важности – надежность поставок, следующий по важности – стоимость руды.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий – содержание металла в руде, следующий по важности – стоимость руды, следующий по важности – надежность поставок.

Задание 7

Предприятие предполагает закупить универсальный станок для изготовления изделий нескольких типов. Характеристики станков, из которых делается выбор, следующие.

| | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|---------|---------------|--|--------------------|
| Станок | СТ1 | СТ2 | СТ3 | СТ4 | СТ5 | СТ6 |
| Количество типов выпускаемых изделий | 10 | 12 | 8 | 15 | 10 | 12 |
| Стоимость станка, тыс. ден.ед. | 200 | 250 | 160 | 250 | 180 | 240 |
| Удобство переналадки на другой тип изделия | достаточно простая | достаточно простая | сложная | очень простая | сложная (немного сложнее, чем для СТ3) | достаточно простая |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий – количество типов выпускаемых изделий, менее важный – стоимость, еще менее важный – удобство переналадки.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий – стоимость, менее важный – удобство переналадки, еще менее важный – количество типов выпускаемых изделий.

Задание 8

Предлагаются шесть вариантов площадки для строительства нового предприятия химической промышленности. Характеристики площадок следующие.

| | | | | | | |
|---|----------------------|-------------------|----------------|-------------------------------------|----------------|----------------|
| Площадка | Пл1 | Пл2 | Пл3 | Пл4 | Пл5 | Пл6 |
| Условия для доставки сырья | хорошие | отличные | средние | хорошие (немного хуже, чем для Пл1) | средние | очень хорошие |
| Затраты на подготовку к строительству, млн ден.ед. | 3,5 | 1,8 | 4 | 3 | 3,5 | 4 |
| Опасность загрязнения грунтовых вод в случае аварии | загрязнение возможно | высокая опасность | опасность мала | загрязнение возможно | опасность мала | опасность мала |

Важность критериев оценивается двумя экспертами.

По мнению первого эксперта, наиболее важный критерий – опасность загрязнения, немного менее важный – затраты на подготовку к строительству, еще немного менее важный – условия для доставки сырья.

По мнению второго эксперта, наиболее важный критерий – затраты на подготовку к строительству, примерно такой же по важности (немного менее важный) – опасность загрязнения, менее важный – условия для доставки сырья.

Требование к отчету

1. Цель работы
2. Копии экранов листов Excel в обычном режиме
3. Копии экранов листов Excel в режиме формул
4. Выводы

Методические указания

Приведение оценок к единой форме

Основные способы приведения оценок.

1) Перевод качественных оценок в числовую форму осуществляется по шкале Харрингтона (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Шкала Харрингтона

| Качественная оценка | «Очень плохо» | «Плохо» | «Удовлетворительно» | «Хорошо» | «Отлично» |
|---------------------|---------------|------------|---------------------|------------|-----------|
| Числовая оценка | 0,0 – 0,2 | 0,2 – 0,36 | 0,36 – 0,63 | 0,63 – 0,8 | 0,8 – 1,0 |

В случае, если две альтернативы имеют одинаковую оценку «хорошо», но по мнению эксперта или ЛПР вторая альтернатива лучше, то первой альтернативе можно назначить оценку 0,7, а второй – 0,8.

Для оценок, имеющих вид «да – нет», используют следующую шкалу:

«да» – 0,67;

«нет» – 0,33.

2) Оценки различного рода, представленные различными системами измерений, заменяются экспертными оценками, представленными в виде балльных оценок, в долях единицы, в виде парных сравнений, в виде ранжирования и т.д.

3) Нормирование критериев. Числовые оценки из произвольного диапазона приводят к единому масштабу, то есть оценкам, лежащим в диапазоне [0;1]. При этом, как правило, лучшей оценке соответствует большее значение:

$$\bar{c}_i = \frac{c_i}{c_i^*}, \text{ где } c_i^* = \max c_i, i = \overline{1, n}, n - \text{число критериев.}$$

Алгоритм Саати

Алгоритм основан на попарном сравнении альтернатив, выполняемом одним экспертом. Для каждой пары альтернатив эксперт указывает, в какой степени одна из них предпочтительнее другой, по следующему правилу:

- $x_{ij} = 1$ – i -я альтернатива равна j -й;

- $x_{ij} = 3$ – i -я альтернатива немного лучше j -й (если j -я альтернатива немного лучше i -й, то $x_{ij} = 1/3$);

- $x_{ij} = 5$ – i -я альтернатива лучше j -й (если наоборот, то $x_{ij} = 1/5$);

- $x_{ij} = 7$ – i -я альтернатива значительно лучше j -й (если наоборот, то $x_{ij} = 1/7$);

- $x_{ij} = 9$ – i -я альтернатива намного лучше j -й (если наоборот, то $x_{ij} = 1/9$).

Допускается использование промежуточных оценок 2, 4, 6, 8 и $1/2$, $1/4$, $1/6$, $1/8$, соответственно. В результате формируется матрица парных сравнений размером $n \times n$, на главной диагонали которой расположены единицы. Пример матрицы приведен в таблице 9.2.

Таблица 9.2 – Матрица парных сравнений

| Альтернатива | X_1 | X_2 | X_3 | X_4 | X_5 | c_i |
|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| X_1 | 1 | 1/3 | 3 | 1/5 | 2 | 0,83 |
| X_2 | 3 | 1 | 5 | 1/3 | 5 | 1,9 |
| X_3 | 1/3 | 1/5 | 1 | 1/7 | 1 | 0,39 |
| X_4 | 5 | 3 | 7 | 1 | 8 | 3,84 |
| X_5 | 1/2 | 1/5 | 1 | 1/8 | 1 | 0,41 |

Далее находятся цены альтернатив:

$$c_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n x_{ij}}, \quad (9.1)$$

где $i = \overline{1, n}$.

Значения цен альтернатив представлено в последнем столбце таблицы.

Находится сумма цен альтернатив:

$$C = \sum_{i=1}^n c_i. \quad (9.2)$$

В примере $C = 7,37$. Затем определяются веса альтернатив:

$$v_i = \frac{c_i}{C}, \quad (9.3)$$

где $i = \overline{1, n}$.

Самой лучшей считается альтернатива, имеющая максимальный вес. Для примера: $v_1 = 0,11$, $v_2 = 0,26$; $v_3 = 0,05$; $v_4 = 0,52$; $v_5 = 0,06$. Получили, что по мнению эксперта лучшей считается четвертая альтернатива.

Алгоритм Саати позволяет проводить проверку экспертных оценок на непротиворечивость (то есть выявить ошибки, допущенные экспертом при заполнении матрицы парных сравнений). Для этого находятся суммы столбцов матрицы парных сравнений:

$$r_j = \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad (9.4)$$

где $j = \overline{1, n}$.

Для примера $r_1 = 9,8$, $r_2 = 4,7$, $r_3 = 17$, $r_4 = 1,8$, $r_5 = 17$.

Рассчитывается вспомогательная величина λ :

$$\lambda = \sum_{j=1}^n r_j v_j. \quad (9.5)$$

Для примера $\lambda = 5,1$. Находится индекс согласованности

$$v = \frac{\lambda - n}{n - 1}. \quad (9.6)$$

Для примера $v = 0,025$. В зависимости от размерности матрицы парных сравнений находится величина случайной согласованности γ (таблица 9.3). Для примера: $\gamma = 1,12$.

Таблица 9.3 – Величина случайной согласованности γ

| n | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------|------|-----|------|------|------|------|------|------|
| γ | 0,58 | 0,9 | 1,12 | 1,24 | 1,32 | 1,41 | 1,45 | 1,49 |

Затем находится отношение согласованности:

$$\mu = \frac{v}{\gamma}. \quad (9.7)$$

Если это отношение превышает 0,2, то требуется уточнение матрицы парных сравнений. В данном примере $\mu = 0,022$, поэтому уточнение не требуется.

Метод ранга

Метод основан на балльных оценках альтернатив, указываемых несколькими экспертами. Каждый из экспертов, независимо от других, оценивает альтернативы по некоторой шкале (пятибалльной, десятибалльной и т.п.). Наиболее предпочтительная альтернатива получает максимальный балл. Эти оценки x_{ij} сводятся в матрицу размером $m \times n$, где $i = \overline{1, m}$, m – число экспертов, $j = \overline{1, n}$, n – число альтернатив. Находятся суммарные оценки альтернатив всеми экспертами:

$$c_j = \sum_{i=1}^m x_{ij}. \quad (9.8)$$

Находится сумма всех оценок $C = \sum_{j=1}^n c_j$ и веса альтернатив $v_i = \frac{c_i}{C}$, где $i = \overline{1, n}$. Наиболее предпочтительной является альтернатива, имеющая максимальный вес.

Выбор множества Парето-оптимальных решений

Множество Парето представляет собой множество альтернатив, обладающих следующим свойством: любая из альтернатив, входящих во множество Парето, хотя бы по одному критерию лучше любой другой альтернативы, входящей в это множество.

Выбор множества Парето производится следующим образом. Все альтернативы попарно сравниваются друг с другом по всем критериям. Если при сравнении каких-либо альтернатив (обозначим их как Y_i и Y_j) оказывается, что одна из них не лучше другой ни по одному критерию, то ее можно исключить из рассмотрения.

Как правило, во множество Парето входит несколько альтернатив. Поэтому выбор множества Парето не обеспечивает принятия окончательного решения (выбора одной лучшей

альтернативы), однако позволяет сократить количество рассматриваемых альтернатив, т.е. упрощает принятие решения.

Метод ЭЛЕКТРА

Метод предназначен для решения задач, в которых из имеющегося множества альтернатив требуется выбрать заданное количество лучших альтернатив с учетом их оценок по нескольким критериям, а также важности этих критериев.

Принцип работы метода следующий. Для каждой пары альтернатив (A_j и A_k) выдвигается предположение (гипотеза) о том, что альтернатива A_j лучше, чем A_k . Затем для каждой пары альтернатив находятся два индекса: индекс согласия (величина, подтверждающая предположение о превосходстве A_j над A_k) и индекс несогласия (величина, опровергающая это предположение). На основе анализа этих индексов выбирается одна или несколько лучших альтернатив («ядро» альтернатив).

Рассмотрим реализацию одного из вариантов метода ЭЛЕКТРА на следующем примере.

Пример. Предприятию требуется приобрести датчики для использования в составе автоматизированной системы управления технологическим процессом механообработки. Имеется возможность приобрести датчики одного из шести типов. Характеристики датчиков приведены в таблице 9.4.

Таблица 9.4 – Характеристики датчиков

| | GD360 | BE178A | RON200 | RON300 | RON800 | D200 |
|-----------------------------------|-------|--------|--------|--------|--------|------|
| Стоимость, ден.ед. | 1600 | 1600 | 2000 | 6000 | 2100 | 1800 |
| Наработка на отказ, ч | 3200 | 500 | 4000 | 6500 | 5000 | 3500 |
| Условия технического обслуживания | удовл | удовл | отл | отл | хор | отл |
| Точность, количество отсчетов | 3600 | 2500 | 5000 | 5000 | 4000 | 3500 |

Имеются также суждения двух специалистов предприятия в отношении важности критериев.

По мнению первого специалиста, наиболее важный критерий – *стоимость*, следующие по важности (и одинаково важные между собой) – *наработка на отказ* и *точность*, наименее важный критерий – *условия технического обслуживания*.

По мнению второго специалиста, наиболее важный критерий – *наработка на отказ*, немного менее важный – *стоимость*, следующий по важности – *точность*, еще менее важный критерий – *условия технического обслуживания*.

При этом (в зависимости от окончательного варианта проектируемой АСУТП) предприятию могут потребоваться датчики как одного, так и нескольких типов.

Выберем множество Парето. Выполнив попарное сравнение альтернатив получим, что во множество Парето входят все датчики, кроме BE178A.

Для удобства записи введем обозначения критериев: стоимость – K1, наработка на отказ – K2, условия технического обслуживания – K3, точность – K4.

Обозначим также альтернативы GD360, RON200, RON300, RON800 и D200 как A1, A2, A3, A4, A5. В таблице 9.5 приведены оценки альтернатив, вошедших во множество Парето.

Таблица 9.5 – Оценки альтернатив

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|----|-------|------|------|------|------|
| K1 | 1600 | 2000 | 6000 | 2100 | 1800 |
| K2 | 3200 | 4000 | 6500 | 5000 | 3500 |
| K3 | удовл | отл | отл | хор | отл |
| K4 | 3600 | 5000 | 5000 | 4000 | 3500 |

Найдем веса критериев. В данной задаче важность критериев оценивается несколькими (двумя) экспертами. Поэтому для определения весов необходимо применить один из коллективных методов экспертных оценок. Пусть эксперты согласны представить свои суждения в виде балльных оценок. В этом случае можно воспользоваться методом ранга. Предположим, что от экспертов получена следующая матрица оценок (таблица 9.6).

Таблица 9.6 – Матрица оценок

| | K1 | K2 | K3 | K4 |
|-------------|----|----|----|----|
| 1-й эксперт | 10 | 8 | 5 | 8 |
| 2-й эксперт | 9 | 10 | 6 | 7 |

Выполнив обработку экспертных оценок по методу ранга, получим веса критериев: $V_1=0,30$; $V_2=0,29$; $V_3=0,17$; $V_4=0,24$.

Выбор лучших альтернатив по методу ЭЛЕКТРА реализуется в следующем порядке.

1. Оценки альтернатив приводятся к безразмерному виду. Эта операция может выполняться разными способами, например, так же, как в методике экспресс-анализа альтернатив. Безразмерные оценки приведены в таблице 9.7.

Таблица 9.7 – Приведение оценок к безразмерному виду

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|----|------|------|------|------|------|
| K1 | 1,00 | 0,80 | 0,27 | 0,76 | 0,89 |
| K2 | 0,49 | 0,62 | 1,00 | 0,77 | 0,54 |
| K3 | 0,60 | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 1,00 |
| K4 | 0,72 | 1,00 | 1,00 | 0,8 | 0,70 |

2. Определяются индексы согласия C_{jk} , $j=1, \dots, N$, $k=1, \dots, N$ (где N – количество альтернатив). Индекс согласия отражает степень согласия с предположением о том, что j -я альтернатива лучше k -й.

В рассматриваемой реализации метода ЭЛЕКТРА индексы согласия находятся по формуле:

$$C_{jk} = \sum_{i \in K^+} V_i, \quad j=1, \dots, N, k=1, \dots, N,$$

где V_i – веса критериев;

K^+ – подмножества критериев, по которым j -я альтернатива не хуже k -й.

Таким образом, индекс согласия C_{jk} находится как сумма весов критериев, по которым j -я альтернатива не хуже k -й. Чем больше индекс согласия, тем более выражено превосходство j -й альтернативы над k -й.

Индексы согласия для данной задачи приведены в таблице 9.8.

Приведем примеры расчета индексов согласия. Найдем, например, индекс согласия C_{12} (оценку согласия с предположением о превосходстве альтернативы A1 над A2). Альтернатива A1 (GD360) не хуже альтернативы A2 (RON200) только по критерию K1 (стоимость). Его вес равен 0,30; таким образом $C_{12}=0,30$. Аналогично найдем индекс согласия C_{21} . Альтернатива A2 не хуже, чем A1, по критериям K3, K2, K4, поэтому $C_{21}=0,29+0,17+0,24=0,70$.

Найдем индекс согласия C_{23} . Альтернатива **A2** (RON200) не хуже альтернативы **A3** (RON300) по критериям K1, K3, K4 (по критериям K1 и K3 альтернатива A2 лучше, чем A3, а по критерию K4 они одинаковы). Таким образом, $C_{23} = 0,30 + 0,17 + 0,24 = 0,71$.

Аналогично найдем индекс согласия C32. Альтернатива A3 не хуже, чем A2, по критериям K2 и K4, поэтому $C_{32} = 0,29 + 0,24 = 0,53$.

Таблица 9.8 – Индексы согласия

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|----|------|------|------|------|------|
| A1 | — | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,54 |
| A2 | 0,70 | — | 0,71 | 0,71 | 0,70 |
| A3 | 0,70 | 0,53 | — | 0,70 | 0,53 |
| A4 | 0,70 | 0,29 | 0,30 | — | 0,53 |
| A5 | 0,46 | 0,47 | 0,47 | 0,47 | — |

3. Определяются индексы несогласия $D_{jk}, j = 1, \dots, N, k = 1, \dots, N$.

Индекс несогласия отражает степень несогласия с предложением о том, что j -я альтернатива лучше k -й. Индексы D_{jk} находятся по формуле

$$D_{jk} = \max_{l \in K^-} (P_{lk} - P_{lj}), j = 1, \dots, N, k = 1, \dots, N,$$

где P_{lk}, P_{lj} – безразмерные оценки альтернатив;

K^- – подмножество критериев, по которым j -я альтернатива не превосходит k -ю.

Таким образом, индекс несогласия D_{jk} находится как максимальная из разностей оценок по критериям, по которым j -я альтернатива не лучше k -й. Чем больше индекс несогласия, тем менее выражено превосходство j -й альтернативы над k -й.

Индексы несогласия для данной задачи приведены в таблице 9.9.

Таблица 9.9 – Индексы несогласия

| | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|----|------|------|------|------|------|
| A1 | — | 0,40 | 0,51 | 0,28 | 0,40 |
| A2 | 0,20 | — | 0,38 | 0,15 | 0,09 |
| A3 | 0,73 | 0,53 | — | 0,49 | 0,62 |
| A4 | 0,24 | 0,20 | 0,23 | — | 0,20 |
| A5 | 0,11 | 0,30 | 0,46 | 0,23 | — |

Приведем примеры расчетов индексов несогласия. Найдем индекс несогласия D_{12} (оценку несогласия с предложением о

превосходстве альтернативы **A1** над **A2**). Альтернатива **A1** (GD360) не имеет превосходства над **A2** (RON200) по критериям **K2**, **K3**, **K4**. Разности безразмерных оценок по этим критериям следующие: $0,62 - 0,49 = 0,13$; $1 - 0,6 = 0,4$; $1 - 0,72 = 0,28$. Таким образом, $D_{12} = 0,4$.

Аналогично найдем индекс несогласия D_{21} . Альтернатива **A2** не имеет превосходства над **A1** только по критерию **K1**. Разность оценок по этому критерию: $1 - 0,8 = 0,2$. Таким образом, $D_{21} = 0,2$.

4. Для каждой альтернативы находится предельное значение индекса согласия:

$$C_j = \min_k C_{jk}, j = 1, \dots, N.$$

Таким образом, предельное значение индекса согласия для j -й альтернативы находится как минимальный элемент j -й строки матрицы индексов согласия. Эта величина отражает степень согласия с предложением о том, что j -я альтернатива имеет превосходство над всеми другими альтернативами.

Для рассматриваемого примера

$$C_1 = 0,3; C_2 = 0,7; C_3 = 0,53; C_4 = 0,29; C_5 = 0,46.$$

5. Для каждой альтернативы находим предельное значение индекса несогласия

$$D_j = \max_k D_{jk}, j = 1, \dots, N.$$

Таким образом, предельное значение индекса несогласия для j -й альтернативы находится как максимальный элемент j -й строки матрицы индексов несогласия. Эта величина отражает степень несогласия с предложением о превосходстве j -й альтернативы над другими альтернативами.

Для рассматриваемого примера

$$D_1 = 0,51; D_2 = 0,38; D_3 = 0,73; D_4 = 0,24; D_5 = 0,46.$$

6. Выделяются лучшие альтернативы («ядро» альтернатив), удовлетворяющие условиям:

$$C_j > C^*, D_j < D^*,$$

где C^*, D^* – пороговые значения индексов согласия и несогласия. Эти величины назначаются в зависимости от того, какое количество альтернатив требуется выбрать. Обычно сначала принимаются пороговые значения $C^* = 0,5$ и $D^* = 0,5$; затем они изменяются в соответствии с количеством отбираемых альтернатив. Выбираются альтернативы, удовлетворяющие обоим условиям.

Пусть в рассматриваемом примере требуется выбрать один тип датчиков. Назначим пороговые значения $C^* = 0,5$ и $D^* = 0,5$. Условию $C_j > C^*$ удовлетворяют альтернативы А2 и А3, условию $D_j < D^*$ – альтернативы А2, А4 и А5. Таким образом, выбирается альтернатива А2, т.е. датчик RON200.

Пусть требуется выбрать два типа датчиков. Снизим пороговое значение индекса согласия до $C^* = 0,45$, оставив значение $D^* = 0,5$. Тогда условию $C_j > C^*$ будут удовлетворять альтернативы А2, А3 и А5, условию $D_j < D^*$ – альтернативы А2, А4 и А5. Таким образом, выбираются альтернативы А2 и А5, т.е. датчики RON200 и D200.

Примечание. Выбор ядра альтернатив в данном методе не всегда является однозначным. Например, если в рассматриваемом примере назначить пороговые значения $C^* = 0,5$ и $D^* = 0,8$, то условию $C_j > C^*$ будут соответствовать альтернативы А2 и А3, а условию $D_j < D^*$ – все альтернативы. Таким образом, в качестве двух лучших альтернатив будут отобраны А2 и А3 (датчики RON200 и RON300). Отбирая несколько вариантов ядра, ЛПР может самостоятельно выбрать окончательный вариант решения.

Литература

1. Андронов С. А. Методы оптимального проектирования. – СПб.: СПб ГУАП, 2001. – 169 с.
2. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В., Холод И.И. Технологии анализа данных. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 384 с.
3. Берлинер Э. М. САПР в машиностроении: учебник для вузов / Э. М. Берлинер, О. В. Таратынов. – Москва : Форум, 2008. – 447 с.
4. Малашенко В.С. Практическое пособие по курсу «САПР» для студентов специальности Т.03.01.00 – «Технология, оборудование и автоматизация». – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 1999. – 71 с.
5. Мурашко В.С. Основы систем автоматизированного проектирования: прак. рук. к контрольным работам по одноим. курсу для студентов заоч. отд-ния специальностей 36 01 01 «Технология машиностроения» и 36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства». – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2004. – 36 с.
6. Мурашко В.С. Использование языка AutoLISP для автоматизированного проектирования: лаб. практикум по курсу «Основы автоматизированного проектирования» для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения» и 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» днев. заоч. форм обучения. Лабораторный практикум. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2007, 35 с.
7. Мурашко В.С. Системы компьютерной графики автоматизированном производстве: курс лекций по одноим. дисциплине для студентов специальности 1-40 01 02 «Информационные системы и технологии (по направлениям)» днев. формы обучения. В 2 ч. Ч. 1 Язык AutoLISP. –Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2009. – 110с.
8. Работа с AutoCAD : лабораторный практикум по курсу "Основы САПР" для студентов специальности 1-36 01 01 "Технология машиностроения" дневной и заочной форм обучения / В. С. Мурашко ; Министерство образования Республики Беларусь, Учреждение образования "Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого",– Гомель : ГГТУ, 2014. - 196 с. – Режим доступа: elib.gstu.by

Мурашко Валентина Семеновна

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В САПР

**Практикум
по выполнению лабораторных работ
для студентов специальности
1-53 01 01 «Автоматизация технологических
процессов и производств (по направлениям)»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 13.10.21.

Рег. № 56Е.
<http://www.gstu.by>