

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА МЕТАЛУРГІЙНА АКАДЕМІЯ УКРАЇНИ

О.П. МОРОЗЕНКО, І.В. ВИШНЕВСЬКИЙ, Г.В. МАЛИШКО

**ОСНОВИ ТВЕРДОТІЛЬНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ФІЗИЧНИХ
ОБ'ЄКТІВ**

ЧАСТИНА I

**Друкується за Планом видань навчальної та методичної літератури,
затвердженим Вченою радою НМетАУ
Протокол №1 від 05.02.2020**

Дніпро НМетАУ 2020

УДК 515(07)

Морозенко О.П., Вишневський І.В., Малишко Г.В. Основи твердотільного моделювання фізичних об'єктів. Частина 1: Навч. посібник.– Дніпро: НМетАУ, 2020. – 64 с.

Викладено відомості по виконанню модулів «Створення та редагування графічних примітивів в програмі AutoCAD», «Створення двовимірних креслень деталей».

Розглянуто основи програми AutoCAD, англо- та російськомовна версії AutoCAD, наведений опис основних команд та особливості роботи у програмі. Запропоновані алгоритми побудови робочих креслень деталей в графічному редакторі AutoCAD.

Містить варіанти модульних завдань та приклади їх виконання і оформлення.

Після кожного розділу наводяться запитання для самоперевірки.

Призначений для студентів спеціальностей 131 – прикладна механіка, 133 – галузеве машинобудування (бакалаврський рівень).

Іл. 34. Бібліогр.: 12 найм.

Друкується за авторською редакцією.

Відповідальна за випуск О.П. Морозенко, канд. техн. наук, доц.

Рецензенти: А.В. Яцуба, головний інженер (ПрАТ «Агрегатний завод»)

В.І. Товкун, головний конструктор (ПрАТ «Агрегатний завод»)

© Національна металургійна академія України, 2020

© Морозенко О.П., Вишневський І.В., Малишко Г.В., 2020

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 4 |
| 1. ПОЧАТКОВІ ВІДОМОСТІ ДО ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ В ПРОГРАМІ AUTOCAD..... | 5 |
| 1.1. Інтерфейс AutoCAD..... | 5 |
| 1.2. Створення нового креслення..... | 8 |
| 1.3. Команда. Опції команди. Введення, завершення, переривання відновлення дії команд..... | 9 |
| 1.4. Збереження файла креслення..... | 11 |
| 1.5. Стандартна панель інструментів (<i>Падающее меню</i>)..... | 11 |
| 1.6. Панелі інструментів..... | 12 |
| 1.7. Функціональні клавіші..... | 13 |
| 1.8. Графічний об'єкт (примітив)..... | 14 |
| 1.8.1. Команди побудови графічних примітивів..... | 14 |
| 1.8.2. Команди редагування..... | 17 |
| 1.9. Об'єктна прив'язка..... | 18 |
| 1.10. Нанесення розмірів..... | 19 |
| 1.11. Колір, тип і товщина ліній графічного об'єкта | 19 |
| 1.11.1. Колір ліній..... | 20 |
| 1.11.2. Тип ліній..... | 20 |
| 1.11.3. Товщина ліній..... | 22 |
| 1.12. Системи координат..... | 22 |
| 2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ «СТВОРЕННЯ ТА РЕДАГУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ В ПРОГРАМІ AUTOCAD»..... | 24 |
| 2.1. Оформлення креслень | 24 |
| 2.2. Приклад виконання завдання «Створення та редагування графічних примітивів в програмі AutoCAD» | 26 |
| 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «СТВОРЕННЯ ДВОВИМІРНИХ КРЕСЛЕНЬ ДЕТАЛЕЙ» | 34 |
| 3.1. Алгоритм побудови креслення «Гайка» в програмі AutoCAD ... | 34 |
| 3.1.1. Побудова вигляду зверху..... | 34 |
| 3.1.2. Побудова головного вигляду..... | 37 |
| 3.2. Редагування креслення «Гайка»..... | 44 |
| 3.3. Простановка розмірів на кресленні «Гайка»..... | 46 |
| Додатки..... | 53 |
| Література..... | 63 |

ВСТУП

Постійно зростаючий рівень комп'ютерних технологій, розвиток програмних засобів зробили якісний стрибок до використання нових автоматизованих систем розробки і виконання конструкторської документації.

Використання сучасних комп'ютерних графічних технологій вимагає від фахівців володіння технікою виконання креслярських робіт, знань правил оформлення конструкторських документацій, геометричної підготовки, просторового мислення.

Процес геометричного моделювання може відбуватися в двовимірній та тривимірній технологіях.

Двовимірна технологія побудови креслення ведеться за допомогою створення проєкцій і AutoCAD грає роль електронного кульмана.

Тривимірна технологія активно входить в практику проєктування. Твердотільне моделювання дозволяє створити точну тривимірну комп'ютерну модель проєктованого виробу.

Метою вивчення дисципліни «Основи твердотільного моделювання фізичних об'єктів» є освоєння основних методів побудови технічних зображень на площині і в просторі по комп'ютерним технологіям відповідно з нормативно-технічними вимогами .

Запропонований навчальний посібник має за мету допомогти студентам усіх напрямів підготовки у виконанні та оформленні модулів «Створення та редагування графічних примітивів в програмі AutoCAD», «Створення двовимірних креслень деталей».

1. ПОЧАТКОВІ ВІДОМОСТІ ДО ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ В ПРОГРАМІ AUTOCAD

1.1. Інтерфейс AutoCAD

Базова версія програми AutoCad – англomовна. Нижче наведено переклад основних команд, що дозволяє працювати із будь-якими версіями.

Запуск AutoCAD здійснюється стандартним способом.

Вигляд головного вікна AutoCAD показано на рис. 1.1. В програмі використовується стандартний офісний набір елементів управління. Головне вікно системи містить наступні основні елементи: найменування файла, кнопки (*згорнути, розгорнути, закрити*) вікна файла, смуги прокрутки у вертикальному та горизонтальному напрямі, закладки Model (Модель), Layout1 (Лист 1), Layout2 (Лист 2), робоче поле креслення. В цьому вікні створюються та редагуються файли всіх креслень. Ім'я поточного файла, який є активним у даний час, написано там, де висвічується Drawing1. Dwg.

Закладка Model (Модель) встановлюється за замовчуванням. У просторі Моделі відбувається всі основні дії по створенню креслення.

Наступні закладки Layout1, Layout 2 переводять у простор листів для підготовки креслень до виводу на принтер. На робочому полі розташовується піктограма UCS (ПСК – *Пользовательская Система Координат*), яка показує положення осей X, Y, Z.

На робочому полі розташовуються графічний курсор та приціл для вибору об'єктів. Вони активні, коли стрілка комп'ютерного маніпулятора (миші) розташовується в межах робочого поля. Графічний курсор призначений для вибору та вказування точок на робочому полі, та управляється мишкою. Координати X, Y, Z графічного курсору висвічуються зліва в *Строке состояния*. Приціл використовується для вибору існуючих графічних примітивів при їх редагуванні відповідними командами. При виконанні команд

рисунка висвічується тільки курсор, редагування – приціл. В інших випадках – обидва.

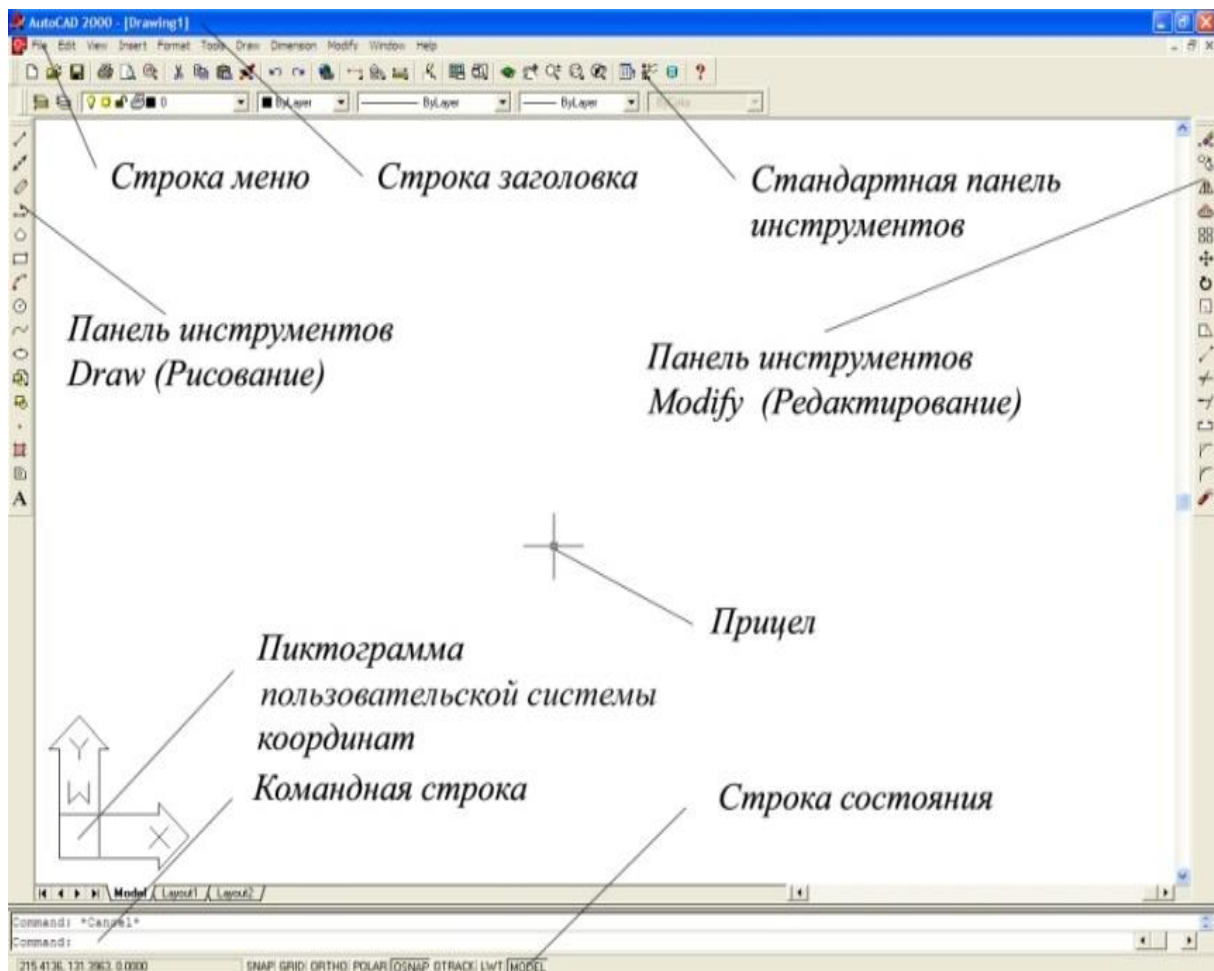


Рис. 1.1. Вигляд головного вікна AutoCAD

Строка заголовка.

Строка заголовка та кнопки її управління (*свернуть, развернуть, закрыть*) розташовуються у верхній частині вікна.

Строка меню (падающее меню).

В *Строке меню* знаходяться кнопки із найменуванням груп, в які об'єднані команди систем. Більш детально *падающее меню* буде розглянуто нижче.

Командная строка.

Тут здійснюється діалог користувача із системою.

Команди, опції команд, чисельні значення параметрів вводяться з клавіатури.

Повідомлення *Command(Команда)*: з'являється кожен раз, коли дія попередньої команді припиняється, і система готова до виконання наступної команди.

В цьому рядку висвічуються назви команд, їх опції при здійсненні виклику із *падающего меню* панелей інструментів, висвічуються запити і підказки системи, повідомлення про помилки, пропозиції «за замовчуванням». Так складається протокол (історія) створення файлу креслення.

Для зручності використання можна визивати на екран клацанням правої кнопки миші контекстне меню. Зміст контекстного меню змінюється, і це пов'язано із місцем розташування стрілки курсора в Головному вікні або з поточною командою, яка працює у момент його виклику.

Строка состояния.

Призначена для відображення стану системи в поточний момент часу. Зліва висвічуються три числа – x , y , z – координати графічного курсору на робочому полі креслення. Далі кнопки *SNAP (ШАГ по сетке)*, *GRID (СЕТКА)*, *ORTO (ОРТО)*, *POLAR (ПОЛЯР)*, *OSNAP(ПРИВЯЗКА)*, *OTRACK(ОТС-ОБЪЕКТ)*, *LWT (ВЕС ЛИНИЙ)*, *MODEL (МОДЕЛЬ)*, які керують включенням та відключенням однойменних команд AutoCAD. За станом цих спеціальних клавіш можна судити про те, яка комбінація команд включена наразі при роботі з кресленням і оперативно змінити її.

1.2. Створення нового креслення

Активуючи кнопку-стрілку, можна відкрити опції вибору: *Open a Drawing* (Открыть чертеж), *Start from scratch* (Начать с чистого листа), *Use a Template* (Использовать шаблон), *Use Wizard* (Вызвать мастер) (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Опції вибору

При запуску системи в файлі *Drawing1.dwg* використовується стандартний шаблон *acad.dwt*. Він не має ніяких графічних елементів на робочому полі, але встановлює певні параметри налаштувань. Зокрема для одиниць вимірювання і точності їх подання. Опції цих налаштувань можливо продивитись і, якщо необхідно, змінити.

Майстри установки дозволяють виконати налаштування більш детально *Quick Setup* (Быстрая Настройка) и *Advanced Setup* (Детальная Установка).

Майстер *Быстрой Настройки* дозволяє встановлювати тільки одиниці виміру (формат числа) для лінійних величин та ліміти креслення на робочому полі певної ширини та довжини (висоти).

Майстер *Детальной Установки* дозволяє виконати ті ж самі установки, що і *Мастер Быстрой Настройки*, але більш детально, включаючи точність вимірювання лінійних величин. Встановлюються також одиниці і точність вимірювання кутів, початок відліку вимірювання кутів, напрям вимірювання кутів і ліміти креслення на робочому полі певної ширини та довжини (висоти).

Вимірювання кутів виконується в десяткових градусах. Точність – цілі градуси. Початок відліку кутів або нульове значення кута – *East (Восток)*. Додатній напрям у вимірюванні кутів – проти годинникової стрілки.

Ліміти креслення: *Width (Ширина)* -210, *Length (Длина)* – 297, що відповідає формату А4 згідно з ГОСТ 2.301-68. Після установок відкриється нове вікно із своїм робочим полем для креслення *Drawing1.dwg*. Це вікно активне.

Для того, щоб на робочому полі побачити область креслення 210x297 мм, виберіть команду *Grid (СЕТКА)* в рядку стану. З'явиться зображення сітки з інтервалом 10 мм.

В середині робочого креслення сітки курсор рухається плавно, без скачків, його координати відслідковуються в рядку стану з встановленою точністю. Командою *SNAP (ШАГ по сетке)* можливо прив'язати крок курсору до сітки. Для введення опції достатньо надрукувати тільки ті літери, які є заголовними.

1.3. Команда. Опції команди. Введення, завершення, переривання та відновлення дії команд

Команда виконує певну процедуру в процесі роботи над кресленням. При роботі з командою необхідно вказувати спосіб або шлях її виконання, використовуючи *Опции команд*. У деяких команд є тільки дві опції: *Включить, Отключить*. У деяких – дуже багато, наприклад, команда *ДУГА* має 11 опцій. У більшості команд – від 4 до 6 опцій.

Найменування команд та їх опції в *Падающем меню* мають російський переклад, але в командному рядку вони висвічуються або вводяться з клавіатури мовою оригіналу – англійською.

Наприклад, для команди *Zoom (Покажи)* опції *All, Center, Dynamic, Extents, Previous, Scale, Window, Realtime* дозволяють виконувати команду в різних варіантах, дивлячись на те, що потрібно побачити користувачу. Опції записані в квадратних дужках і відділені похилою рисою, а одна з них – в кутових дужках. Ця опція використовується «за замовчанням». Для того, щоб скористуватися опцією *All (Все)* команди *Zoom (Покажи)*, її потрібно ввести з клавіатури в командному рядку та натиснути [Enter]. Але якщо знадобилась опція *Реальное время (Realtime)*, то писати її ім'я не потрібно. Слід просто натиснути [Enter].

Деякі команди працюють в «прозорому» режимі, наприклад, *Zoom(Покажи)*. В командному рядку перед їх найменуванням висвічується апостроф. Їх можна викликати і працювати з ними одночасно із виконанням інших команд, тимчасово перериваючи їх дію і відновлюючи її автоматично.

Ввести команду та її опції з клавіатури в командний рядок – не єдина можливість виклику команд.

Існують ще чотири способи вводу команд без клавіатури з використанням комп'ютерної миші:

- падаюче меню;
- панелі інструментів;
- контекстне меню;
- діалогові вікна.

Більшість команд, виконавши певну роботу, автоматично закінчують свою дію. Деякі команди продовжують свою дію. Команда *Line (Отрезок)*, закінчивши креслення першого відрізка з початкової точки в кінцеву, готова креслити наступний відрізок. При цьому кінцева точка попереднього відрізка – це початкова точка наступного. Закінчити дію таких команд можна примусово

за допомогою клавіш [*Пробел*], [*Enter*], [*Escape*] або контекстного меню команди, в якому є опція *Отмени*.

Якщо дія поточної команди закінчена автоматично або примусово, або ж була перервана, то її дію можливо відновити за допомогою клавіш [*Enter*], [*Пробел*] або контекстного меню, яке відкрите на робочому полі креслення чи в зоні команд.

1.4. Збереження файла креслення

Збереження файлів креслення в АСAD виконується стандартним для офіса способом. Тип файла *.dwg* – це стандартний тип файлів креслень.

Команду *Save (Сохраня)* рекомендується використовувати часто в сеансі роботи з файлом. Зв'язано це з можливими збоями в роботі.

1.5. Стандартна панель інструментів (*Падающее меню*)

В рядку падаючого меню головного вікна розташовані кнопки з найменуванням груп, в які об'єднані команди системи та її графічного редактора. Найменування кожної групи характеризує функціональне призначення команд, що до неї входять.

При наведенні курсору на ім'я групи та клацанні лівою кнопкою миші «випадає» сторінка меню із переліком команд, які входять до цієї групи. Якщо в цей час переміщати стрілку миші на сусідні кнопки падаючого меню, то вони автоматично виявляються ввімкнутими. Якщо падаюче меню в такому стані, то дуже зручно знайомитись з командами та вивчати їх імена і призначення, а також знаходити їх в процесі роботи. Призначення команд коротко виводиться на місці статусного рядка при вказуванні стрілкою миши на команду.

На сторінках списків наступних груп команд *File(Файл)*, *Edit (Правка)*, *View (Вид)*, *Format (Формат)*, *Tools (Інструменти)*, *Draw (Рисование)*,

Dimension (Размеры), Modify (Редактировать), Window (Окно) можуть бути три крапки, стрілки та найменування «гарячих» клавіш. Три крапки – при викликанні такої команди буде відкрите її діалогове вікно. Стрілка – наявність підменю, яке висвічується, якщо затриматись на найменуванні команди. В підменю також можуть бути стрілки. Вони ведуть по ієрархічній структурі команд та їх опцій.

1.6. Панелі інструментів

Панель інструментів – це набір піктограм (графічних елементів). З кожною піктограмою зв'язана певна команда системи, яку можна викликати лівою кнопкою миші. Піктограми мають підказки.

Панелі інструментів встановлюються та відключаються користувачем за допомогою команди *Toolbar (Панель инструментов)*, яка знаходиться в групі команд *View(Вид)*. Якщо вибрати лівою кнопкою миші цю команду в падаючому меню, відкриється вікно *Настройка* з закладкою *Панели инструментов* (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Команда *Toolbar (Панель инструментов)*

Дане вікно має полосу вертикальної прокрутки. Галочки в квадратах зліва від найменування вмикають панелі. Кожна панель містить кілька піктограм.

Деякі найменування *Draw (Рисование)*, *Dimension (Размеры)*, *View (Вид)*, *Modify(Изменить)*, *Modify II (изменить II)*, *Insert (Вставка)* співпадають з найменуваннями груп команд *Падающего меню* і містять ті самі команди, але в неповному обсязі для того, щоб не захаращувати піктограмами робоче поле креслення.

1.7. Функціональні клавіші

[F1] Включає режим *Help (Помощь)* мовою оригіналу.

[F2] Включає та відключає текстове вікно AutoCAD, в якому зберігається протокол створення файла поточного креслення.

[F3] Включає та відключає постійний *Режим Привязки Объектов*, який складається із однієї або кількох прив'язок.

[F4] Налаштування та калібровка планшета.

[F5] Потрійний перемикач. *Isoplane Top, Isoplane Right, Isoplane Left*. Вибір поточної ізометричної площини.

[F6] Включає та відключає відстеження декартових координат графічного курсора на робочому полі креслення.

[F7] Включає та відключає зображення сітки на робочому полі.

[F8] Включає та відключає режим *ОПТО*.

[F9] Включає та відключає прив'язки кроку графічного курсору.

[F10] Включає та відключає режим *Polar Tracking (Полярной трассировки)*, який допомагає при кресленні точно витримати на робочому полі певні кути за допомогою миші.

[F11] Відстеження прив'язки об'єктів в режимі прив'язки об'єктів. Генеруються допоміжні лінії, які прискорюють процес.

1.8. Графічний об'єкт (примітив)










Графічний об'єкт – це елемент, що створюється або редагується за один раз. Частіше за все – це результат дії однієї команди. Наприклад. Відрізок – результат виконання команди *Line (Отрезок)*, дуга – *Arc (Дуга)*.

Складні графічні об'єкти: текстові написи, розміри, блоки, які складаються з окремих графічних об'єктів, можна розбивати на більш прості за допомогою команди *Explode (Разбить)*, але не безкінечно. Наприклад, рядок тексту, який виконується командою *Text (Текст)*, не розбивається. Розміри розбиваються до певних меж.

1.8.1. Команди побудови графічних примітивів

Панель інструментів – *Draw (Рисование)*

КОМАНДИ

| | | |
|---|----------|--|
|  | POINT | - побудова точки |
|  | LINE | - побудова відрізка |
|  | ARC | - побудова дуги окружності |
|  | CIRCLE | - побудова окружності |
|  | ELLIPSE | - побудова еліпса |
|  | POLYLINE | - побудова ліній різної товщини |
|  | SPLINE | - побудова сплайн кривої |
|  | POLYGON | - побудова багатокутників |
|  | HATCH | штрихування області, яка обмежена замкненою кривою |

Команда *Polygon* (Многоугольник)

Команда призначена для креслення правильних багатокутників з кількістю сторін від 3 до 1024. Вони можуть бути вписаними в окружність або описаними навколо неї.

Приклад:

Command: `_polygon` Enter number of sides <...>: 6 [Enter]

(Команда: Многоугольник Введите число сторон <...>:)

З вибору кількості сторін починається робота команди. Задамо 6 сторін.

Specify center of polygon or [Edge]:

(Выберите центр многоугольника или [Сторона]:)

Вкажемо центр окружності, в яку можна вписати або навколо якої описати, наш багатокутник.

Enter an option [Inscribed in circle/Circumscribed about circle] <...>: I [Enter] (Выберите опцию [Вписанный в окружность/Описанный вокруг окружности]:)

Specify radius of circle: [Enter] (Выберите радиус окружности:)

Шестикутник побудовано.

Команда *Hatch* (Штриховка)

Призначена для виконання штриховки або заливки на кресленнях. Команда знаходиться в групі команд *Рисование* падаючого меню і на однойменній панелі інструментів.

Якщо активізувати команду *Штриховка* з панелі інструментів, відкриється вікно *Bondari hatch* (Граница штриховки) (рис. 1.4). В ньому дві закладки. Зазвичай відкрита закладка *Quick* (Быстрый). Далі потрібно вибрати один з трьох *Type* (Типов) штриховки. Необхідно натиснути кнопку-стрілку рядка *Typ: Predefined* (Предустановленный), *User defined* (Установлен пользователем), *Custom* (Выборочный). *Typ: Predefined* (Предустановленный) використовує один із стандартних зразків системи AutoCAD.

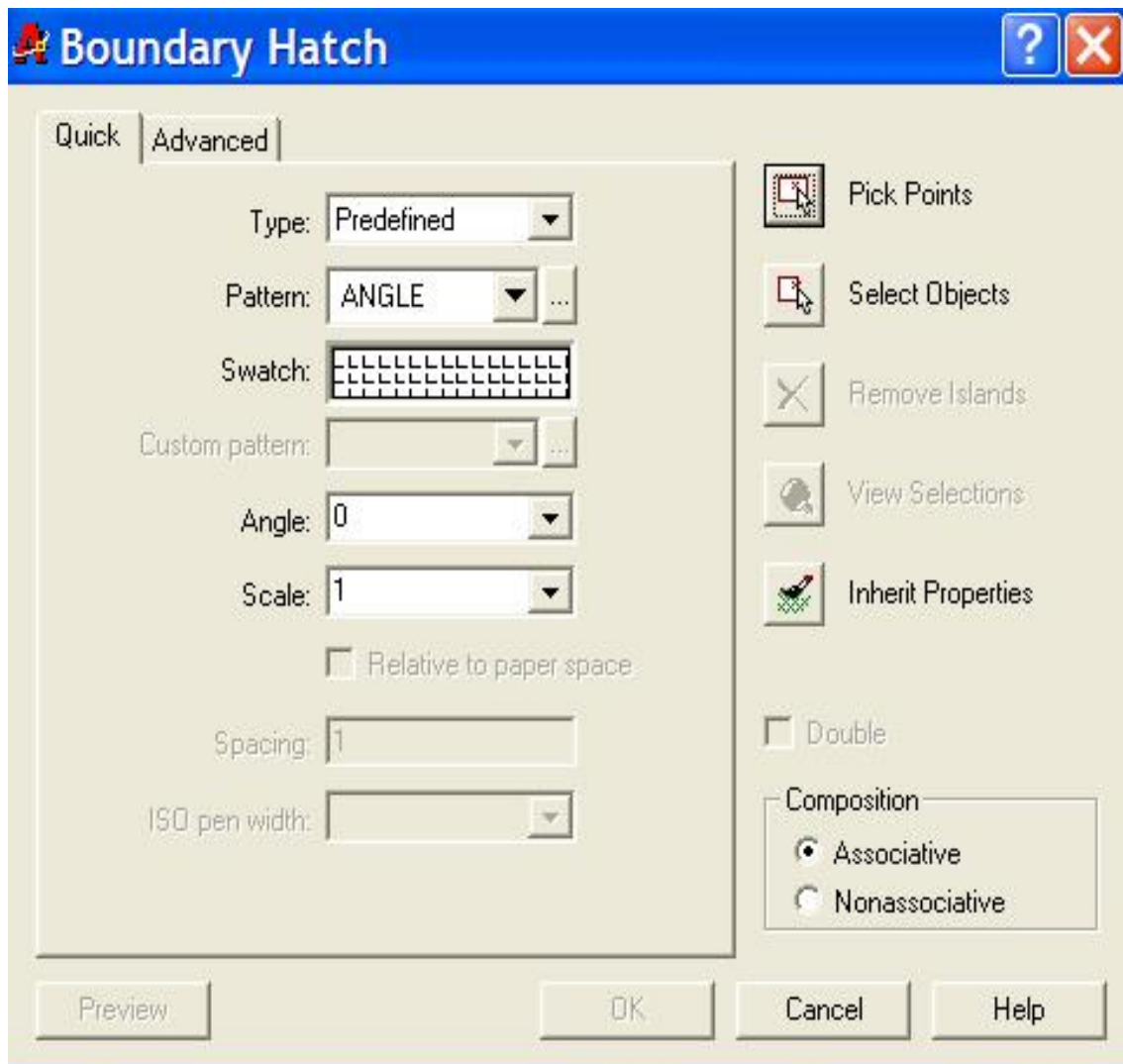


Рис. 1.4. Вікно *Boundary hatch* (Границя штриховки)

Pattern (Палитра) – найменування зразку із вбудованого набору.

Якщо активізувати кнопку-стрілку рядка, «випадає» вікно, в якому можна подивитись весь список. Праворуч кнопка з три крапкою. Якщо на неї натиснути, відкриється вікно *Палитра* штриховки, де на чотирьох закладках зображені зразки штриховки та їх найменування. Штриховка ANSI31 за стандартами відповідає металу.

Angle (Угол) похилу – 0° , тобто він не змінюється відносно кута, зображеного в *Образе* штриховки.
















Scale (Масштаб) можна встановити 2.

Інші вікна закладки неактивні в цій комбінації. Зразок штриховки підготовлено, можна виконувати штриховку простих замкнутих контурів.

1.8.2. Команди редагування

Для редагування креслень використовуються команди редагування, які знаходяться на панелі інструментів *Modify (Редактирование)*.

















КОМАНДИ

| | | |
|---|------------|--|
|  | ERASE | видалити об'єкт |
|  | ARRAY | отримання кількох копій обраних об'єктів |
|  | BREAK | видалити частину об'єкта |
|  | CHAMFER | зробити фаску на перетині двох ліній |
|  | COPY | копіювання об'єкта |
|  | EXPLODE | розбити блок або полілінію на складові частини |
|  | EXTEND | подовжити вибраний об'єкт |
|  | FILLET | побудова зовнішнього спряження |
|  | MIRROR | формування дзеркальних відображень |
|  | MOVE | перенос об'єкта |
|  | OFFSET | створити подібні криві і фігури |
|  | PEDIT | редагування поліліній (командою можна проводити обведення креслення) |
|  | PROPERTIES | зміна властивостей об'єкта |
|  | ROTATE | поворот об'єкта |
|  | SCALE | змінити розмір існуючих об'єктів |
|  | TRIM | відрізати частину об'єкта |

1.9. Об'єктна прив'язка





При введенні координат можливе використання характерних точок, які зв'язані з геометрією об'єктів – *OSNAP* (*Объектная привязка*). даний режим викликається в рядку стану.

Режими об'єктної прив'язки:






| | | |
|---|-----------------------|---|
|  | ENDpoint | прив'язка до найближчої кінцевої точки лінії, дуги або межі області |
|  | MIDpoint | прив'язка до середньої точки дуги або лінії |
|  | INTersection | прив'язка до точки перетину двох графічних примітивів |
|  | PERpendicular | прив'язка до точки на графічному примітиві, яка утворює з останньою точкою нормаль до цього об'єкту |
|  | TANgent | прив'язка до точки на дузі або окружності, яка з останньою точкою утворює дотичну |
|  | CENter | прив'язка до центра дуги або еліпса(необхідно вказати об'єкт) |
|  | QUAdrant | прив'язка до найближчої точки квадранта дуги, окружності або еліпса |
|  | NEArest | прив'язка до найближчої до позиції перехрестя точки на графічному примітиві |
|  | NODE | прив'язка до точки (POINT) |
|  | INSertion | прив'язка до точки вставки тексту, атрибута або блоку |
|  | APParent Intersection | прив'язка до точки ймовірного перетину |
|  | QUIK | швидкий спосіб вибору об'єкта прив'язки |
|  | NONe | скасування постійної прив'язки |
|  | Tracking | відстеження - прив'язка, яка для введення точки використовує одну або декілька проміжних точок |
|  | From | прив'язка, яка встановлює тимчасову точку посилання, як базову для визначення чергової точки |
|  | OSNAP | команда установки постійної прив'язки |

1.10. Нанесення розмірів

Команди нанесення розмірів зібрані в падаючому меню *Dimension* (*Размеры*).

| | | |
|---|----------|---|
|  | LINEAR | нанесення лінійних розмірів (горизонтальних та вертикальних) |
|  | ALIGNED | нанесення лінійних розмірів, розташованих паралельно зазначеним початковим точкам |
|  | BASELIN | нанесення розмірів від базової лінії |
|  | CONTINUE | нанесення розмірів в продовження від другої лінії попереднього розміру |

Інші види нанесення розмірів

| | | |
|---|------------------|---|
|  | ANGULAR | нанесення кутових розмірів - знак градуса вводиться з клавіатури |
|  | DIAMETR | нанесення діаметра окружності - знак діаметра вводиться з клавіатури |
|  | RADIUS | нанесення радіусів дуг окружностей |
|  | LEADER | виноска - дозволяє створювати виносну лінію із стрілкою на початку та текстом в кінці |
|  | DIMENSION STYLES | встановлення розмірних стилів |

1.11. Колір, тип і товщина ліній графічного об'єкта

Кожен графічний об'єкт може мати свій колір, тип та товщину (вага) лінії. Найпростіше поточні установки кольорів, типів, масштабу та товщини ліній робити з панелі інструментів *Свойства объектов*, на якій вони і висвічуються для постійного нагадування користувачу.

Зручно також користуватись падаючим меню *Format* (*Формат*), в якому є відповідні команди *Color* (*Цвет*), *Linetype* (*Тип линии*) и *Lweight* (*Толщина линии*) зі своїми вікнами.

1.11.1. Колір ліній

Колір лінії встановлюється за за кольором шару *ByLayer* (По слою). Тоді колір графічних об'єктів буде таким, яким його встановлено в поточному шарі. За замовчуванням встановлюється білий колір. Також можна встановити колір по блоку *ByBlock* (По Блоку). Це має сенс при роботі з блоками.

1.11.2. Тип ліній



Рис. 1.5. Типи ліній

У вікні наведено типи ліній, які використовуються в поточному файлі креслення.

За замовчуванням завжди встановлюється тип *Continuous* (Сплошная). Клацанням лівої кнопки миші виберіть рядок *Other* (Другое). На екрані з'явиться вікно *Менеджер Linetype* (типы линий) (рис. 1.6). Для ознайомлення із стандартними типами ліній нажміть *[Load]*(Загрузить). Відкриється нове вікно – стандартні типи ліній. Клацанням лівої кнопки миши необхідно вибрати ту, яка потрібна, натиснути *[Ok]*, і вона буде завантажена у файл креслення.

Лінію можливо масштабувати, крім безперервної, змінюючи довжину штрихів і відстань між ними. У вікні *Менеджера типов ліній* в рядку *Scale factor* (Фактор масштабирования) за замовчанням встановлено масштабний множник 1.0000.

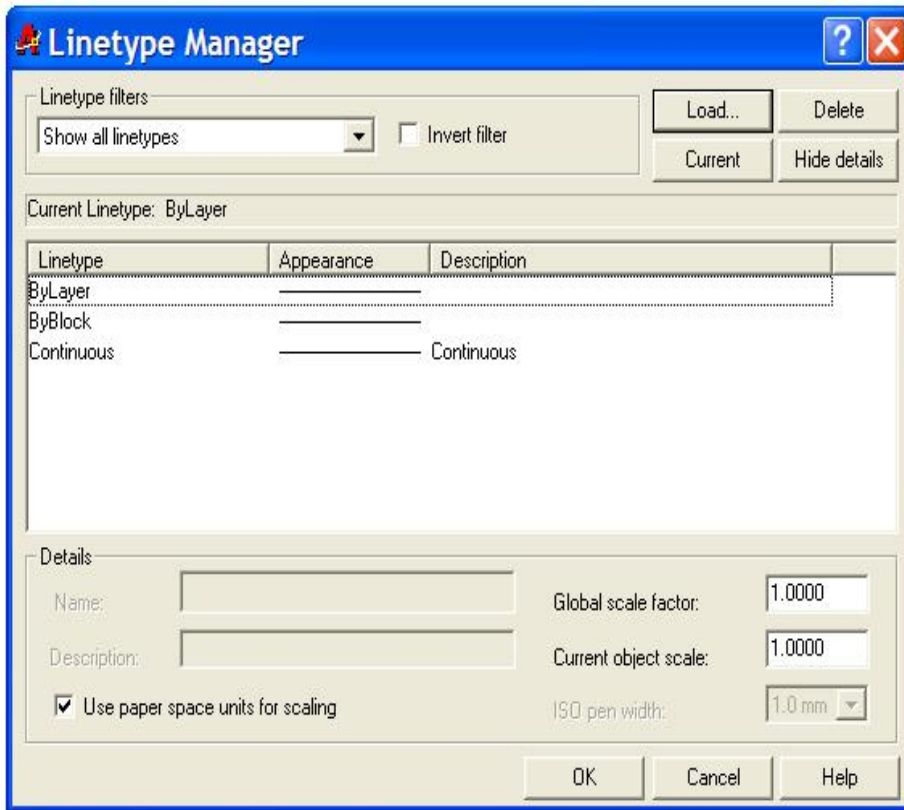


Рис. 1.6. Менеджер Linetype (типи ліній)

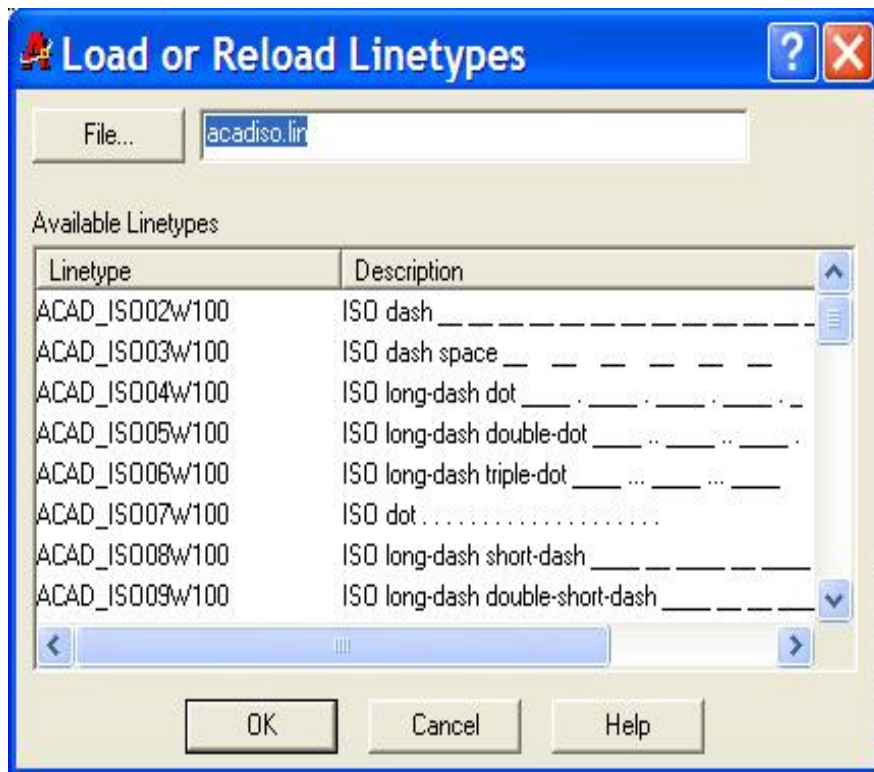


Рис. 1.7. Стандартні типи ліній

1.11.3. Товщина ліній

Для встановлення товщини ліній на кресленні необхідно натисканням лівої кнопки миші вибрати кнопку *Вес линии* на панелі інструментів *Свойства объектов* (рис.1.8). Відкриється вікно, в якому наведено три опції *ByLayer* (По Слою), *ByBlock* (По блоку), *Default* (Обычный) і фіксовані товщини ліній від 0.00 до 2.11мм. Всього 24 варіанти. Роботу перших двох опцій було описано вище. Опція *Default* (Обычный) присвоюється всім новим шарам (і нульовому) за замовчуванням 0,25 мм. Товщина основних ліній 0,60 мм. Для оперативного управління зображенням товщини ліній в статусному рядку використовується кнопка *LWT* (ВЕСЛИН).

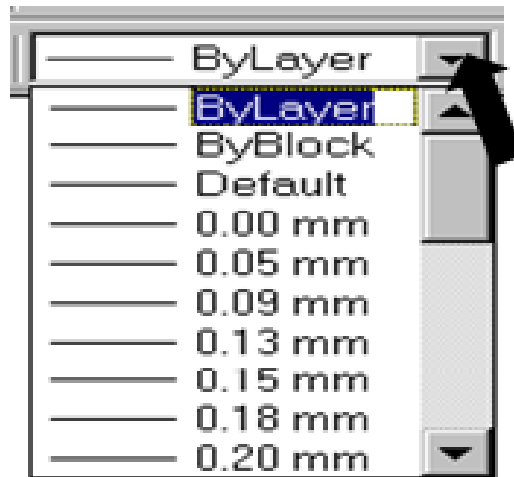


Рис. 1.8. Вікно *Вес линии*

1.12. Системи координат

World Coordinate System (Мировая система координат *МСК*).

В файлі креслення положення *МСК* незмінне. Всі операції та побудови спираються на неї. В системі AutoCAD в файлі *Drawing1.dwg* початок відліку *МСК* знаходиться в лівому нижньому куті робочого поля креслення.

За замовчуванням працює абсолютна декартова система координат.

Вісь X декартової системи координат MCK проходить через точку O горизонтально. Додатній напрям – вправо від початку відріку. Вісь Y – вертикальна, додатній напрям – догори. Вісь Z перпендикулярна площині XOY або екрану монітора. Додатній напрям – від точки O на користувача.

User Coordinate System (UCS) (Пользовательская Система Координат ПСК) використовується тоді, коли світова абсолютна або відносна система координат не задовольняє користувача.

При створенні нового файлу креслення поточною є MCK точки відріку, і вісі $ПСК$ та MCK співпадають, що показує піктограма $UCS (ПСК)$.

Зручніша $ПСК$ тому, що її вісі можливо не тільки паралельно переносити, але й повертати відносно нерухомої MCK . Створення, найменування, перенос, орієнтація, управління піктограмою $ПСК$ здійснюється за допомогою опцій команди $UCS (ПСК)$, яка знаходиться в групі *Tools (Инструменты)* або на *Стандартной панели инструментов*.

На запит системи про введення точки необхідно ввести з клавіатури три координати точки (X , Y , Z), розділені комою. Точка розділяє цілу і дробову частину числа. Якщо третя координата не вводиться – координата Z дорівнює нулю.

Для використання MCK та $ПСК$ у відповіді на запит про введення точки спочатку з клавіатури необхідно ввести символ @ (равлик), а далі вже вводити або відносні декартові координати, або відносні полярні координати.

Запитання для самоперевірки

1. Як виставити ліміти креслення формату А4?
2. Способи вводу команд.
3. Як відновлюється дія команди?
4. Як змінити тип та товщину ліній?

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ЗАВДАННЯ «СТВОРЕННЯ ТА РЕДАГУВАННЯ ГРАФІЧНИХ ПРИМІТИВІВ В ПРОГРАМІ AUTOCAD»

2.1. Оформлення креслення

Побудова рамки креслення

Один із способів побудови рамки креслення формату А4 за допомогою команди *Line (Отрезок)* в абсолютній декартовій системі координат.

Будуємо ломану лінію, задаючи послідовно координати (20,5) (205,5) (205,292) (20,292) (20,5). Для цього обираємо команду *Line (Отрезок)* в падаючому меню або на панелі інструментів *Рисование*.

Формат виконання:

Command: *_line* Specify first point:20,5 [Enter]

(Команда: *_ Отрезок Выбери первую точку:*)

Specify next point or [Undo]: 205,5 [Enter]

(*Выберите следующую точку или [Отмени]Отменяется только последнее действие, но не сама команда:*)

Specify next point or [Undo]: 205,292 [Enter]

Specify next point or [Close/Undo]: 20,292 [Enter]

Specify next point or [Close/Undo]: 20,5 [Enter]

Specify next point or [Close/Undo]: [Esc]

Рамку для формату А4 побудовано.

З використанням відносної полярної системи координат побудова буде наступна. Обираємо команду *Line (Отрезок)* в падаючому меню або на панелі інструментів *Рисование*.

Формат виконання:

Command: Line Specify first point: 20,5 [Enter]

Specify next point or [Undo]: @185<0 [Enter]

Specify next point or [Undo]: @287<90 [Enter]

Specify next point or [Undo]: @185<180 [Enter]

Specify next point or [Undo]: @287<270 [Enter]

Specify next point or [Close/Undo]: (завершити дію команди за допомогою клавіші [Пробел]).

При необхідності видалити примітив: виділити його натисканням лівої кнопки миші на об'єкті [Delete].

Основний напис

Основний напис будується за допомогою команди *Line (Отрезок)*.

Стандарт ДСТУ 2.104 – 2006 встановлює єдину форму основного напису. Всі розділи заповнюються згідно з цим стандартом.

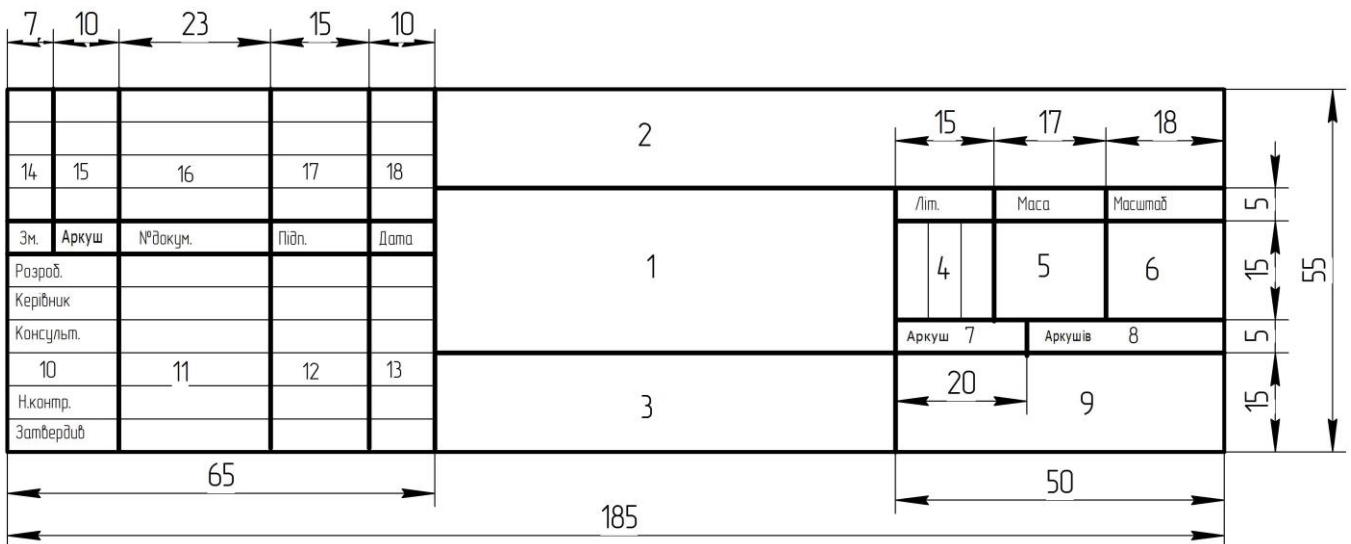
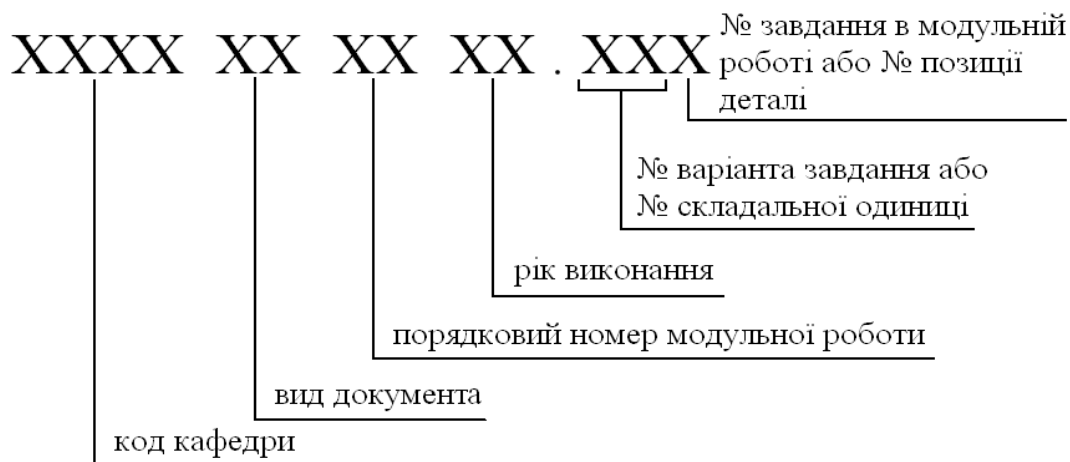


Рис. 2.1. Основний напис

Для графі 2 на кафедрі графіки та нарисної геометрії НМетАУ встановлена наступна структура позначення основного конструкторського документа:



Наприклад: КГНГ.МР 01 20.361, де

КГНГ – кафедра графіки та нарисної геометрії

МР – модульна робота

01 – номер модуля

20– рік виконання

36 – номер варіанта або номер складального вузла

1 – номер завдання в модульній роботі або номер позиції деталі.

2.2. Приклад виконання завдання «Створення та редагування графічних примітивів в програмі AutoCAD»

Виконання завдання «Створення та редагування графічних примітивів в програмі AutoCAD» полягає в наступному: необхідно виконати креслення деталі згідно з варіантом, проставити необхідні розміри. Розглянемо побудову креслення на прикладі деталі, зображеної на рис. 2.2.

Побудова осьових ліній

В рядку стану ввімкнути режими *ORTO (ОРТО)*, *OSNAP(ПРИВ'ЯЗКА)*.

Побудова горизонтальної осьової лінії.

Вибираємо команду *Отрезок* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*:

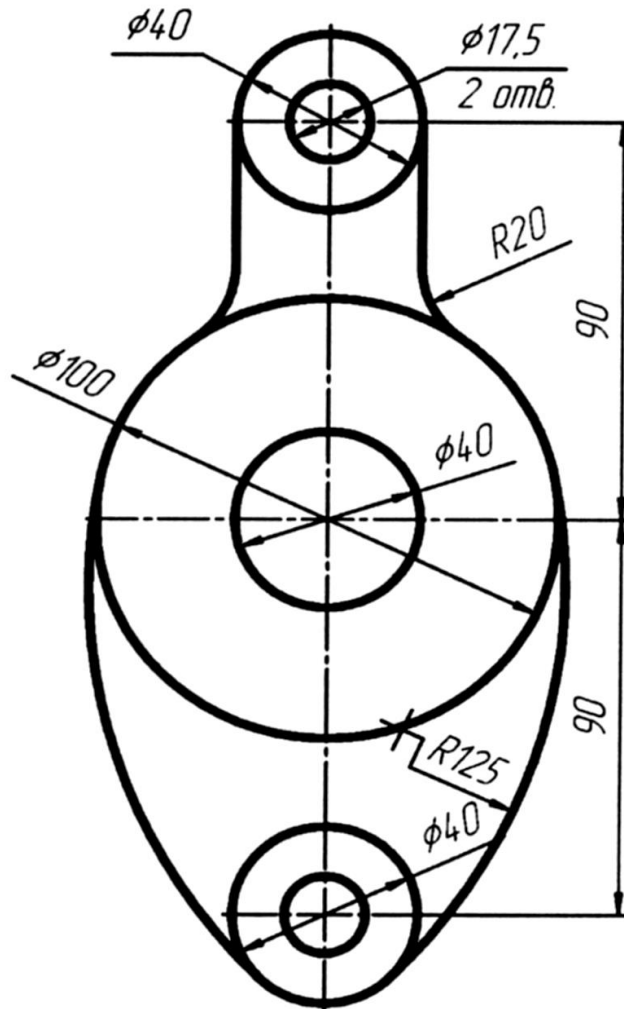


Рис. 2.2. Приклад креслення деталі

Формат виконання:

Команда: *Отрезок* Первая точка: Вказуємо мишею (приблизно, як на прикладі).

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею.

Следующая точка или [Отменить]: [Esc].

Побудована горизонтальна осьова лінія.

Побудова вертикальної осьової лінії.

Для повторення попередньої команди *Отрезок* натискаємо [*Пробел*].

Команда: Отрезок Первая точка: Вказуємо мишею (приблизно, як на прикладі).

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею.

Следующая точка или [Отменить]: [Esc].

Побудована вертикальна осьова лінія.

Побудова кола

Вибираємо команду *Circle (Круг)* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*.

За замовчуванням програма будує коло, використовуючи радіус.

Формат виконання:

Команда: Круг Центр круга или [3T, 2T, ККР]: Вказуємо мишею центр кола на перехресті осьових ліній.

Радіус круга або [*Диаметр*]: 20 [Enter] (20 Радіус кола).

Побудовано коло діаметром 40 мм.

Команда: Круг Центр круга или [3T, 2T, ККР]: Вказуємо мишею центр кола на перехресті осьових ліній.

Радіус круга або [*Диаметр*]: 50 [Enter] (50 Радіус кола). Побудовано коло діаметром 100 мм.

Коло діаметром 40 мм та 17.5 мм будуємо по вже розглянутому алгоритму, побудувавши перед цим відповідні осі.

Побудова дзеркального відображення

Команда *Mirror(Зеркало)*.

Вибираємо команду *Зеркало* в меню *Редактирование* або на панелі інструментів *Редактирование*:

Формат виконання:

Select objects: (оберіть окружності діаметром 40, 17.5мм і горизонтальну осьову лінію) *1 found, 3total*.

Select objects: (завершити вибір набору примусово) [Enter]

Specify first point of mirror line: (Первая точка оси отражения) вказуємо ліву точку горизонтальної осьової лінії.

Specify second point of mirror line: (Вторая точка оси отражения) вказуємо праву точку горизонтальної осьової лінії.

Delete source objects? [Yes/No]<N>: [Enter] (за замовчуванням)

(Стереть исходные объекты?[Да/Нет] <Нет>:)

При застосуванні команди *Mirror (Зеркало)* створюються нові об'єкти, а вихідні можуть чи видалятися чи ні.

Команда *Offset (Подобие)*

Побудова спряження вертикальної прямої лінії з окружністю діаметром 100мм (радіус спряження 20мм).

Команда: *_offset(Смещение)*

Specify offset distance or [Through]<20>: [Enter] (Выберите величину смещения или [Через]<20>)

Specify object to offset or<exit>:(выберите объект для смещения или <выход>:)

Обираємо як об'єкт для зміщення вертикальну осьову лінію.

Specify point on side to offset:(Выберите точку в сторону смещения:)

Обираємо сторону натисканням правої кнопки миши зліва від вертикальної осьової лінії.

Команда *Fillet (Сопряжение)*

Використовується для побудови плавних переходів – спряжень – між прямими та дугами за допомогою дуг окружностей заданих радіусів.

Можна виконувати спряження і паралельних прямих, але без вказівки радіуса – він визначається автоматично.

В падаючому меню обираємо *Modify (Редактировать)* або користуємось однойменною панеллю інструментів.

Command: _fillet (Сопряжение)

Current settings: Mode=TRIMRadius=... (Текущие установки: Способ=ОБРЕЗКА Радиус=...)

Select first object or [Polyline/Radius/Trim]: (Выберите первый объект или [Полилиния/Радиус/Обрезка]:)

В першу чергу необхідно встановити $R=20$ за допомогою опції *Radius*.

Select first object or [Polyline/Radius/Trim]: r [Enter]

Specify fillet radius<...>: 20 [Enter]

Знову в падаючому меню обираємо *Modify (Редактировать)* або користуємось однойменною панеллю інструментів.

Command: _fillet (сопряжение)

Select first object or [...]: (выберите вертикальную прямую)

Select second object: (выберите окружность диаметром 100 мм)

Команда *Trim (Обрезать)*

Використовується для зменшення розмірів об'єктів шляхом обрізки по заздалегідь визначеним ріжучим кромкам. Ріжучі кромки можуть явно перетинати об'єкти, які обрізаються, а може бути умовне перетинання, тобто перетинання їх продовжень. Обрізатися можуть Круги, дуги лінії та т. ін. Промені та лінії побудови після обрізання стають відрізками, перестають бути нескінченними. В якості ріжучих кромок можуть виступати лінії, дуги, текст та ін. об'єкти. Одні й ті ж самі об'єкти можуть бути одночасно і ріжучими кромками і об'єктами, що вкорочуються.

Для обрізки прямої в падаючому меню обираємо *Modify (Редактировать)* або користуємось однойменною панеллю інструментів.

Command: _trim (Обрезать)

current settings: Projection =..., Edge =... (Текущие настройки: Проекция =..., Кромка =...)

Select objects: (Выберите объекты:) оберіть прицілом окружність діаметром 40мм)

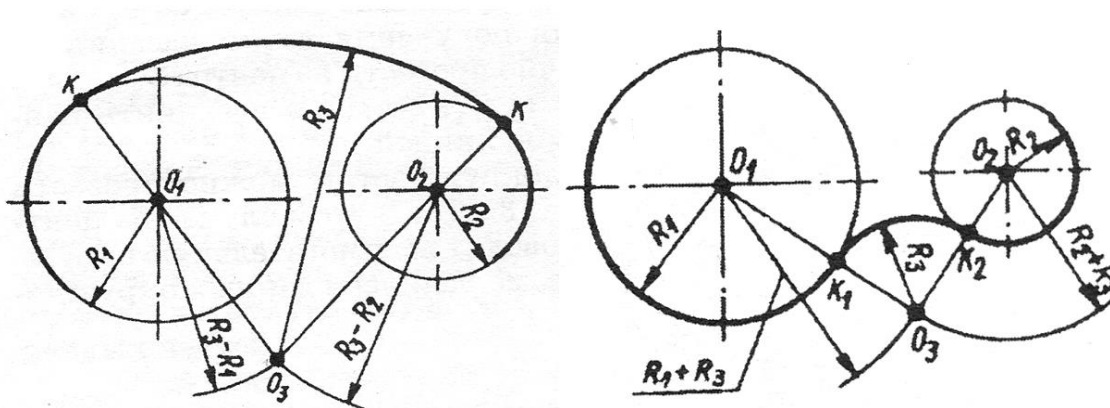
I found (I найден)

Select objects: (завершите выбор)[Enter]

Select objects to trim or [Project/Edge/Undo]: оберіть прицілом зовнішній участок вертикальної лінії

Select objects: (завершите команду) [Esc]

Побудова спряжень



а) – внутрішнє спряження

б) – зовнішнє спряження

Рис. 2.3. Спряження двох окружностей дугами заданого радіуса R_3

При внутрішньому касанні (спряженні) рис. 2.3а з центра O_1 окружності R_1 будують дугу допоміжної окружності радіусом $(R_1 - R_3)$, а з центра O_2 окружності радіуса R_2 – дугу радіусом $(R_2 - R_3)$. Точка O_3 перетину цих дуг є центром потрібної дуги радіуса R_3 .

При зовнішньому касанні (спряженні) рис. 2.3б з центра O_1 окружності R_1 будують дугу допоміжної окружності радіусом $(R_1 + R_3)$, а з центра O_2 окружності радіуса R_2 – дугу радіусом $(R_2 + R_3)$. Точка O_3 перетину цих дуг є центром потрібної дуги радіуса R_3 .

Спряження окружностей діаметром 100 мм та 40мм дугою R=125 мм

З центра окружності діаметром 100 мм проводимо окружність радіусом, який дорівнює: радіус спряження мінус радіус окружності $125-50=75$ мм.

З центра окружності діаметром 40 мм проводимо окружність радіусом, який дорівнює: радіус спряження мінус радіус окружності $125-20=105$ мм.

Точка перетину цих допоміжних окружностей і є центром спряження. Допоміжні окружності видаляємо.

Обрізка зайвої частини окружності

Command: _trim(Обрежать) current settings: Projection =..., Edge =...)

(Текущие настройки: Проекция =..., Кромка =...)

Select cutting edges...(Выберите режущие кромки...)

Select objects: (оберіть прицілом окружності діаметром 40мм и 100мм)

2 found (2найден) Select objects: (завершите выбор)[Enter] Select objects to trim or [Project/Edge/Undo]: (обираємо прицілом частину окружності, яку потрібно видалити.)

Select objects: (завершите команду) [Esc].

Командою *Mirror (Зеркало)* відображуємо відносно вертикальної осі ліву частину деталі.

Встановлюємо тип та товщину ліній для креслення (див. пп 1.11.2 та 1.11.3).

Простановка розмірів

Розміри – невід’ємна складова частина будь-якого креслення. Система AutoCAD дозволяє проставляти розміри у відповідності до ГОСТ 2.307 – 68 «*Нанесение размеров и предельных отклонений*»

Кожен розмір – це сукупність графічних примітивів, об’єктів, з’єднаних в одне ціле: складний об’єкт-блок. Це виносні лінії, розмірна лінія, стрілки або зарубки відповідно для машинобудівних, архітектурно-будівельних креслень,

виносні полички, розмірний текст, допуски и т.ін. Безіменний блок розміру створюється автоматично, як при виконанні штриховки або написанні тексту, і його можливо розчленувати на окремі примітиви командою *Explode (Разбить)*.

Набір елементів, які входять в розмірний блок, їх зовнішній вигляд, взаємне відносне положення, формат і точність виконання розмірного тексту, а також інші аспекти – це все складає розмірний стиль. Створення і застосування розмірного стилю перед початком простановки розмірів на кресленні значно спрощує та прискорює роботу простановки розмірів відповідно до стандартів. Для цього користуються командою *Dimstyle (Стиль измерения)*.

Розміри можна проставляти за допомогою рядка меню *Dimension (Размеры)*, або за допомогою однойменної панелі інструментів див. п. 1.6). Програма AutoCAD розраховує величину лінійного розміру між точками, які його визначають, і проставляє на кресленні. Потрібно бути дуже уважним при вказуванні точок, визначаючих розмір, тому краще користуватися об'єктною прив'язкою. Для визначення лінійних розмірів об'єктів, радіусів і діаметрів, кутових розмірів достатньо прицілом вибрати необхідний об'єкт, що не потребує високої точності вказівки. Величини лінійних та кутових розмірів зображень програма AutoCAD розраховує і проставляє у вигляді розмірного тексту. В даній ситуації користувач має чотири можливості:

- Повністю погодитись і завершити простановку запропонованого розміру;
- Повністю не погодитись і проставити інший розмірний текст;
- Повністю не погодитись і зовсім не проставляти розмірний текст;
- Погодитись частково, додавши до вказаного тексту префікс або суфікс.

В останніх трьох випадках доводиться змінювати запропонований розмірний текст.

У Додатку1 надані варіанти завдань.

Запитання для самоперевірки

1. Як видалити примітив?
2. Як видалити частину примітива?
3. Як подовжити або вкоротити лінію?
4. Чому не прив'язується курсор до об'єкта?
5. Чому курсор прив'язується до непотрібної точки?
6. Як змінити текст, коли проставляєш розміри?

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ЗАВДАННЯ «СТВОРЕННЯ ДВОВИМІРНИХ КРЕСЛЕНЬ ДЕТАЛЕЙ»

3.1. Алгоритм побудови креслення «Гайка» в програмі AutoCAD

Автоматизована побудова креслень принципово відрізняється від виготовлення робочих креслень вручну. Найбільш популярне середовище автоматизованого проектування – AutoCAD. Для детального ознайомлення з програмою AutoCAD треба звернутися до джерела літератури [1].

Деякі аспекти побудови зображень за допомогою ПЕОМ розкриті в навчальному посібнику [11].

Розглянемо алгоритм виконання креслення «Гайка».

3.1.1. Побудова вигляду зверху

Відкриваємо файл формату A4 з основним написом.

Побудова горизонтальної осьової лінії.

Вибираємо команду *Отрезок* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*:

Команда: *Отрезок Первая точка*: Вказуємо мишею (приблизно, як на прикладі рис.3.1).

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею.

Следующая точка или [Отменить]: [Esc].

Побудована горизонтальна осьова лінія.

Побудова вертикальної осьової лінії.

Для повторення попередньої команди *Отрезок* натискаємо [Пробел].

Команда: Отрезок Первая точка: Вказуємо мишею (приблизно, як на прикладі).

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею.

Следующая точка или [Отменить]: [Esc].

Побудована вертикальна осьова лінія.

Побудова трьох кіл на вигляді зверху.

Вибираємо команду *Круг* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование:*

Формат виконання:

Команда: Круг Центр круга или [3T, 2T, ККР]: Вказуємо мишею центр кола на перехресті осьових ліній.

Радиус круга или [Диаметр]: 32.5 [Enter] (32.5 Радиус кола).

Побудовано коло діаметром 65 мм.

Команда: Круг Центр круга или [3T, 2T, ККР]: Вказуємо мишею центр кола на перехресті осьових ліній.

Радиус круга или [Диаметр]: 21 [Enter] (21 Радиус кола). Побудовано коло діаметром $D = 42$ мм для гайки М42.

Діаметр отвору під різьбу визначається за формулою $D \times 0.85$.

Виконуємо побудову за допомогою команди *Масштаб*.

Вибираємо команду *Масштаб* в меню *Редактирование* або на панелі інструментів *Редактирование:*

Формат виконання:

Команда: Масштаб Выберите объекты: Вказуємо мишею коло діаметром 42 мм [Enter].

Базовая точка: Вказуємо мишею центр кола на перехресті осьових ліній.

Масштаб или [Копия / опорный отрезок] <1>: 0.85 [Enter].

Побудовано коло отвору під різьбу Dх0.85. Потім ще раз будемо коло діаметром 42мм.

Побудова шестикутника

Обираємо команду *Многоугольник* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*:

Формат виконання (рис.3.1):

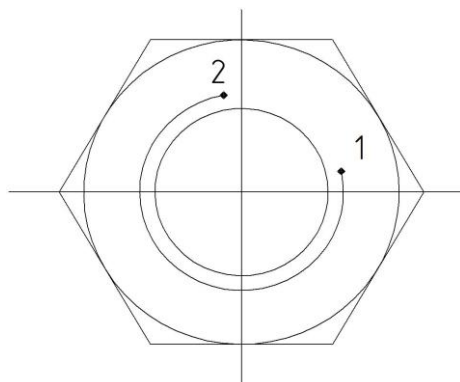


Рис. 3.1. Побудова шестикутника

Команда: Многоугольник Число сторон <4>: 6 [Enter].

Укажите центр многоугольника или [Сторона] : Вказуємо мишею центр кіл на перехресті осьових ліній.

*Задайте опцию размещения [Вписанный в окружность \ Описанный вокруг окружности] *

Натиснути правою кнопкою миші на робочому полі креслення та у діалоговому вікні вибрати *[Описанный вокруг окружности]*. Вказуємо мишею перехрестя кола діаметром 65 та вертикальної осьової лінії.

Тонку лінію, яка зображує різьбу на вигляді зверху, проводять на $\frac{3}{4}$ кола з розривом у будь-якому місці, але не на осьових лініях.

Розриваємо коло різьби з діаметром 42мм.

Вибираємо команду *Разорвать* в меню *Редактирование* або на панелі інструментів *Редактирование*:

Формат виконання (Рис.3.1):

Команда: Разорвать Выберите объект:

Вказуємо мишею точку 1 потім точку 2.

3.1.2. Побудова головного вигляду

На місці головного вигляду, за допомогою команди *Отрезок*, проводимо горизонтальну лінію.

Формат виконання (рис.3.2):

Команда: Отрезок Первая точка:

Вказуємо мишею точку 1 (приблизно, як на прикладі).

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 2.

Следующая точка или [Отменить]: [Esc].

Побудована горизонтальна лінія.

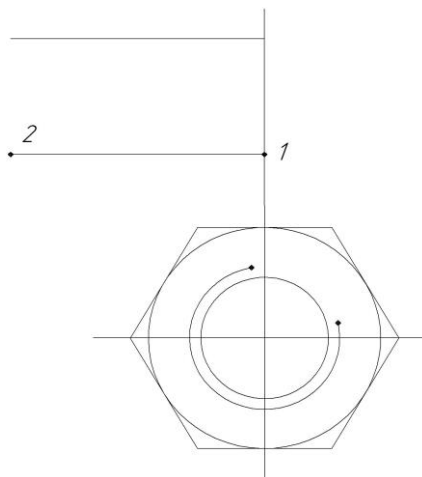


Рис. 3.2. Перший етап побудови головного вигляду гайки

Побудова лінії за допомогою команди *Подобие*.

Вибираємо команду *Подобие* в меню *Редактирование* або на панелі інструментів.

Формат виконання:

Команда: Подобие Укажите расстояние смещения или

[Через/Удалить/Слой] < Через>: 34 [Enter] (34 мм висота гайки).

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

Вказуємо мишею на побудовану горизонтальну лінію.

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

Вказуємо мишею точку, що визначає сторону зміщення (над точкою 1) (рис.3.2) *Enter*]

Побудована лінія на відстані 34 мм.

Через точки 1,2,3, за допомогою команди *Прямая* будуюмо вертикальні прямі лінії (рис.3.3).

Вибираємо команду *Прямая* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*:

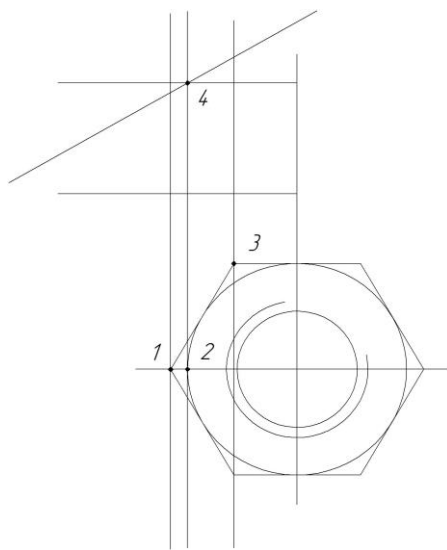


Рис. 3.3. Другий етап побудови головного вигляду

Формат виконання:

Команда: Прямая Укажите точку или [Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ]
:кляцанням правої кнопки миші на робочому полі креслення відкриваємо діалогове вікно та у діалоговому вікні вибираємо *[Вер]*.

Вказуємо мишею точки 1,2,3 (рис. 3.3).

Через точку 4 за допомогою команди *Прямая*, будуюмо пряму лінію під кутом 30° (рис. 3.3).

Формат виконання:

Команда: Прямая Укажите точку или [Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ]
:кляцанням правої кнопки миші на робочому полі креслення відкриваємо діалогове вікно і вибираємо в ньому *[Угол]*.

Угол прямой (0) или [Базовая линия]: 30 [Enter] Вказуємо мишею точку 4.

Наводимо ліву сторону головного вигляду основною лінією, за допомогою команди *Отрезок*.

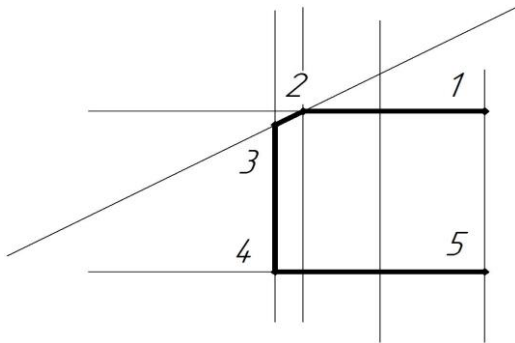


Рис. 3.4. Обведення контуру

Змінюємо товщину лінії на 0.53 мм. Вибираємо товщину лінії клацанням миші на панелі інструментів *Свойства объектов* (рис. 3.5). Для відображення на екрані товщини ліній потрібно в *строке состояния* увімкнути мишею кнопку *Вес*.

Формат виконання (рис.3.4):

Команда: *Отрезок Первая точка*: Вказуємо мишею точку 1.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 2.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 3.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 4.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 5.

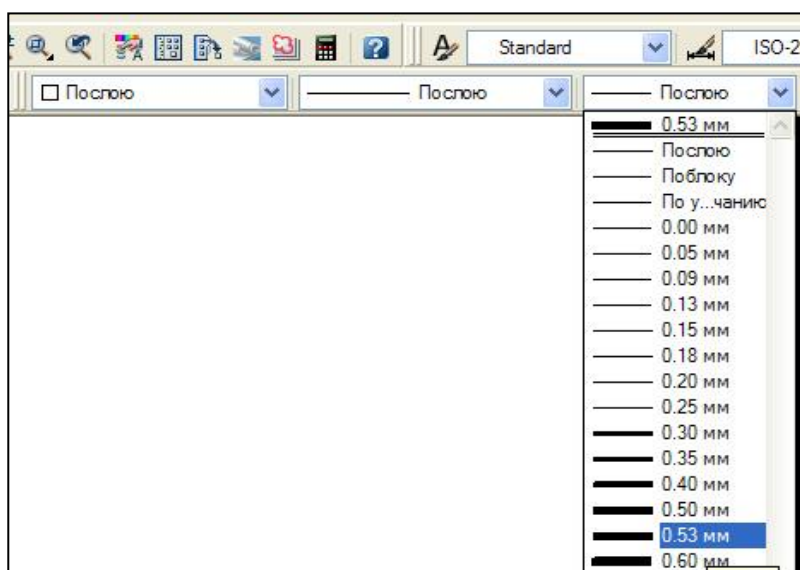


Рис.3.5. Панель інструментів *Свойства объектов*

Побудова правої частини головного вигляду за допомогою команди *Зеркало*.

Вибираємо команду *Зеркало* в меню *Редактирование* або на панелі інструментів *Редактирование*:

Формат виконання (рис.3.6):

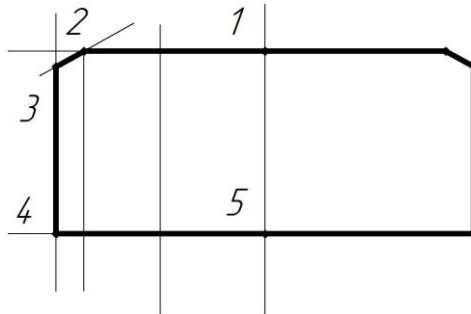


Рис. 3.6. Побудова правої частини головного вигляду

Команда: Зеркало Выберите объекты: Вказуємо мишею відрізки, наведені основною лінією [Enter].

Первая точка оси отражения: Вказуємо мишею точку 1.

Вторая точка оси отражения: Вказуємо мишею точку 5.

Удалить исходные объекты? [Да/Нет] <Н>:[Enter].

Видаляємо зайві допоміжні лінії клавішею [Delete].

Побудова дуг фаски.

За допомогою команди *Отрезок* будуємо допоміжну лінію.

Формат виконання (рис.3.7):

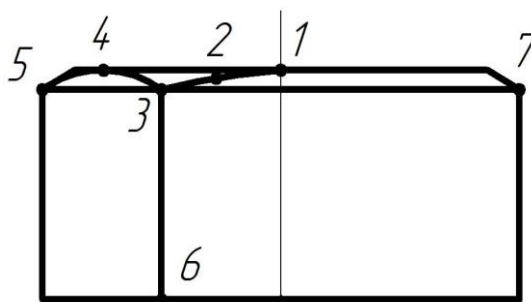


Рис. 3.7. Побудова дуг фаски

Команда: Отрезок Первая точка: Вказуємо мишею точку 5.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 7.

Вибираємо команду *Дуга* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*:

Команда: *Дуга Начальная точка дуги или [Центр]*: Вказуємо мишею точку 1.

Вторая точка дуги или [Центр/Конец]: Вказуємо мишею точку 2.

Конечная точка дуги: Вказуємо мишею точку 3.

Повторюємо побудову для другої дуги, яка проходить через точки 3,4,5.

Наводимо основною лінією, за допомогою команди *Отрезок*, ребро гайки (точка 3, точка 6).

Видаляємо допоміжну лінію, яка проведена через точку 5 та точку 7 клавішею *[Delete]*.

Побудова на розрізі різьбового отвору.

Змінюємо товщину лінії на *По слою*. Вибираємо товщину лінії на панелі інструментів *Свойства объектов* (див. рис. 3.5).

Через точки 1,2 за допомогою команди *Прямая*, будуємо вертикальні прямі лінії (рис.3.8).

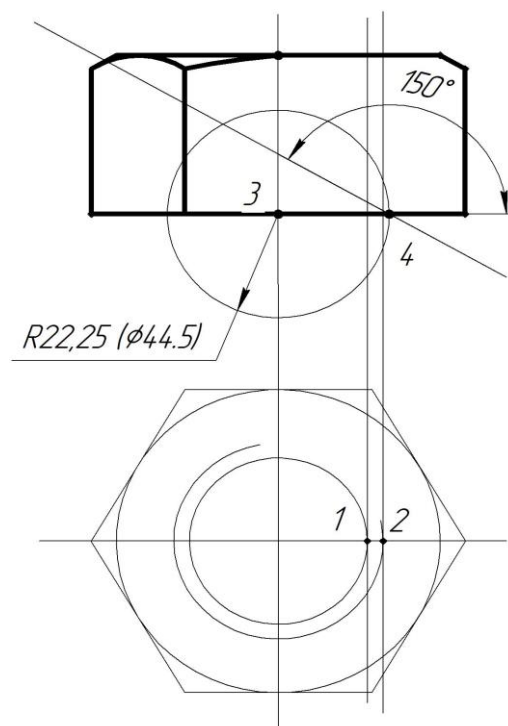


Рис. 3.8. Побудова різьбового отвору

Вибираємо команду *Прямая* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование*:

Формат виконання:

Команда: *Прямая Укажите точку или [Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ]* : клацанням правої кнопки миші на робочому полі креслення та у діалоговому вікні вибрати *[Вер]*. Вказуємо мишею точки 1,2.

Будуємо коло (діаметр фаски 44.5мм) з центром в точці 3.

Через точку 4, за допомогою команди *Прямая*, будуємо пряму під кутом 150°.

Формат виконання:

Команда: *Прямая Укажите точку или [Гор/Вер/Угол/Биссект/Отступ]* клацанням правої кнопки миші на робочому полі креслення та у діалоговому вікні вибрати *[Угол]*.

Угол прямой (0) или [Базовая линия]: 150 [Enter].

Вказуємо мишею точку 4 *[Esc]*.

Наводимо різьбовий отвір основною лінією, за допомогою команди *Отрезок* (рис. 3.9).

Змінюємо товщину лінії на 0.53мм . Вибираємо товщину лінії натисканням миші на панелі інструментів *Свойства объектов* (рис. 3.5).

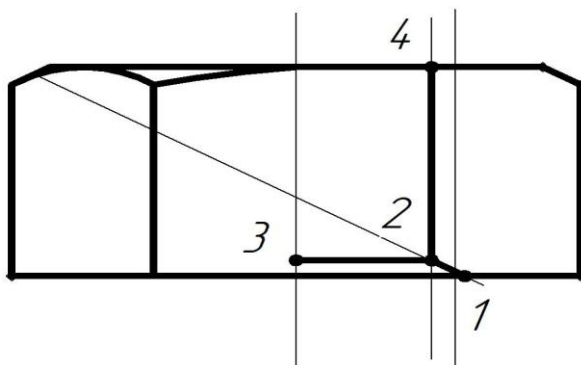


Рис. 3.9. Обводка різьбового контуру

Формат виконання:

Команда: *Отрезок Первая точка*: Вказуємо мишею точку 1.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 2.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 3.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 2.

Следующая точка или [Отменить]: Вказуємо мишею точку 4.

Следующая точка или [Отменить]: [Esc].

Змінюємо товщину лінії на *По слою* . Вибираємо товщину лінії кліком миші на панелі інструментів *Свойства объектов* (рис. 3.5).

Наводимо тонку різьбову лінію, за допомогою команди *Отрезок*.

Видаляємо допоміжні лінії клавішею [Delete].

Штрихування розрізу

Вибираємо команду *Штриховка* в меню *Рисование* або на панелі інструментів *Рисование* (рис. 3.10).

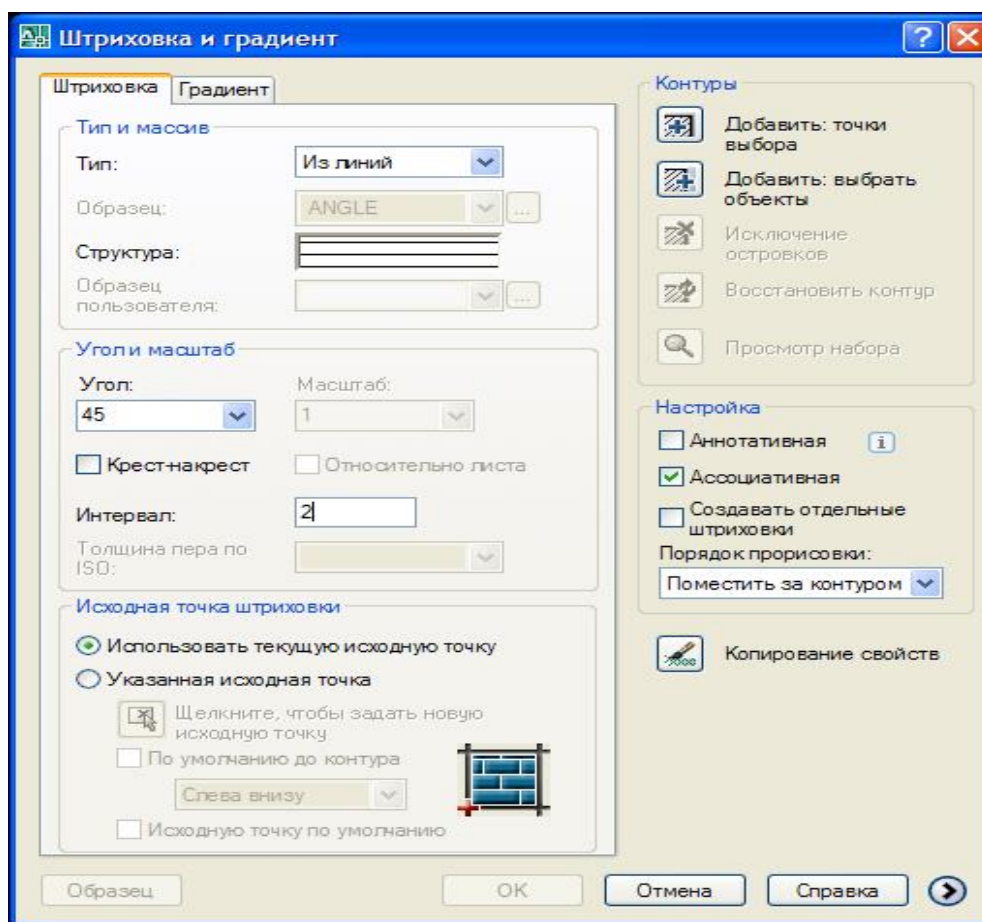


Рис.3.10. Діалогове вікно *Штриховка*

Тип: из линий.

Угол: 45.

Интервал: 2.

Добавить: точки выбора.

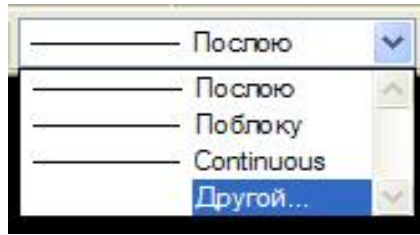


Рис. 3.11. Области для штрихування

Выберите внутреннюю точку или [выбрать объекты/ удалить Контуры]: [Enter]. Вказуємо мишею замкнені області 1,2 [Enter] (рис. 3.11).

У діалоговому вікні (рис. 3.10) натискаємо [OK].

3.2. Редагування креслення «Гайка»

Зміна типу ліній креслення.

Вибираємо тип лінії кліком миші на панелі інструментів *Свойства объектов Другой...* (рис. 3.12).

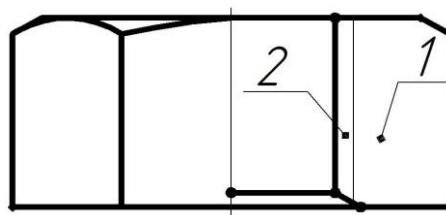


Рис. 3.12. Панель інструментів *Свойства объектов*

У вікні *Диспетчер типов линий* вибираємо *Загрузить* (рис.3.13).

У вікні *Загрузка/перезагрузка типов линий* вибираємо *осевая 2* та натискаємо [OK] (рис.3.14).

У вікні *Диспетчер типов линий* (рис.3.13) з'явиться лінія *осевая 2*. Натискаємо [OK].

Вибираємо на кресленні кліком миші лінії, які повинні стати осьовими

Вказуємо на панелі інструментів *Свойства объектов* тип лінії *осевая 2* (рис. 3.12).

Вибираємо на кресленні кліком миші лінії, які повинні стати основними (рис.2.1).

Вказуємо товщину лінії на панелі інструментів *Свойства объектов* 0.53мм (рис. 2.5).

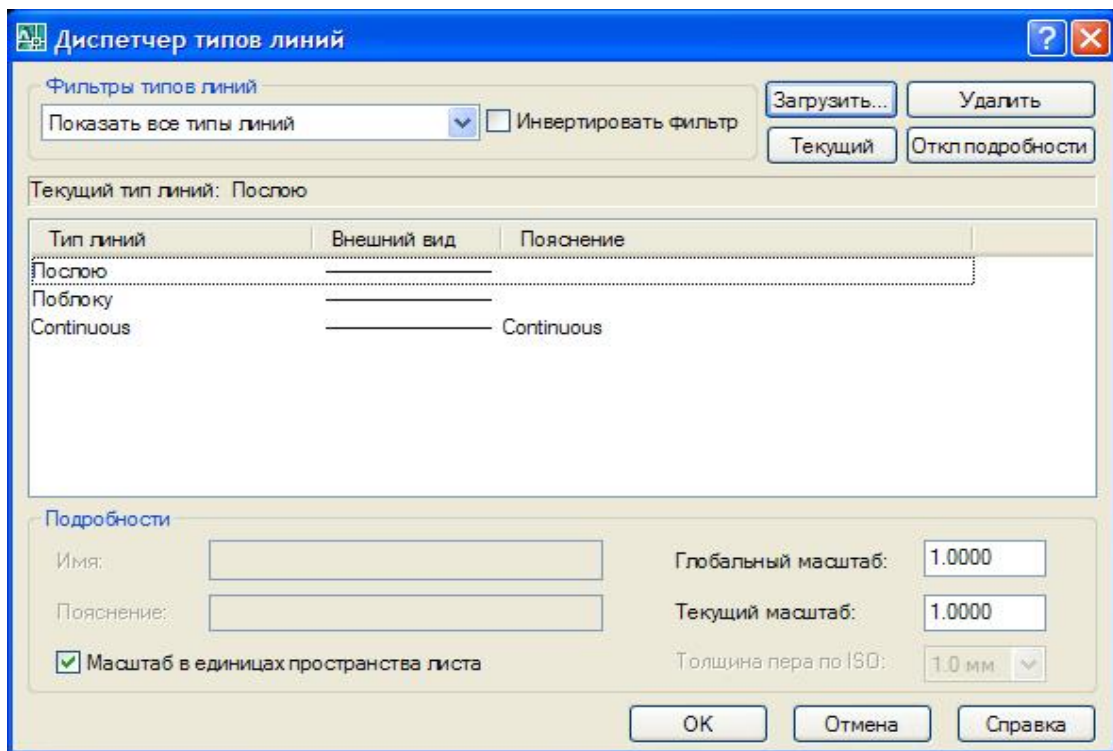


Рис. 3.13. Вікно *Диспетчер типов линий*

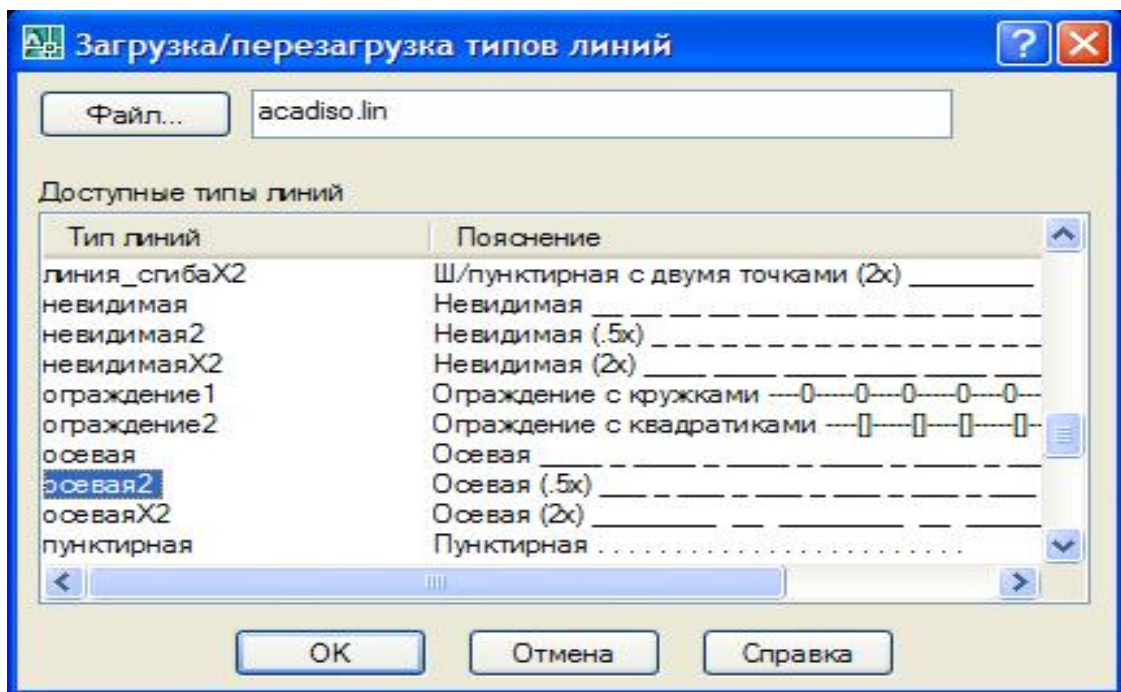


Рис. 3.14. Вікно *Загрузка/перезагрузка типов линий*

3.3 Простановка розмірів на кресленні «Гайка»

В падаючому меню *Формат* вибираємо *Текстовый стиль...* (рис. 3.15).

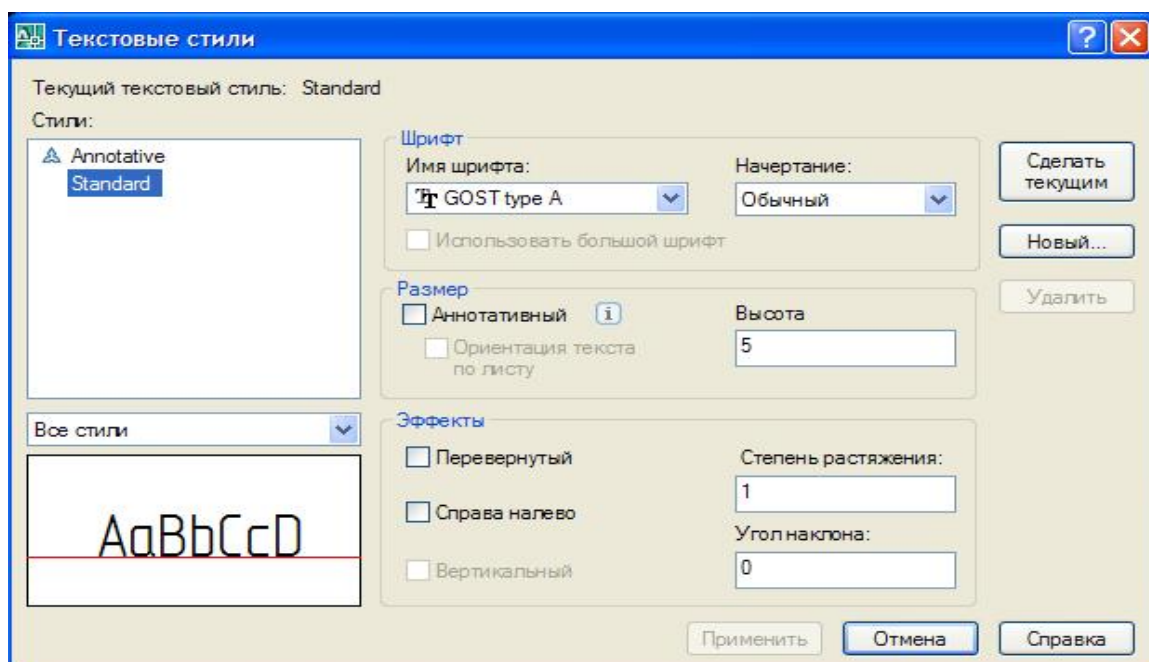


Рис. 3.15. Діалогове вікно *Текстовый стиль*

Имя шрифта GOST type A або *Tahoma*.

Высота 5.

Натиснути [*Сделать текущим*].

Закрити діалогове вікно.

В меню *Формат* вибираємо *Размерные стили...* (рис. 3.16).

Натиснути [*Редактировать...*].

У вікні *Переопределение текущего стиля: ISO-25* вибираємо *Основные единицы* (рис.3.17).

Точность 0.0.

Масштаб: 1 (число 1 – множник).

Множник дорівнює величині, що обчислюється за формулою. Наприклад:

Креслення виконано в масштабі 2: 1. Множник дорівнює величині $1/2 = 0.5$.

Креслення виконано в масштабі 4: 1. Множник дорівнює величині $1/4 = 0.25$.

Креслення виконано в масштабі 1: 2. Множник дорівнює величині $2/1 = 2$.

Натиснути [*OK*] (рис. 3.17), [*Закреть*] (рис.3.16).

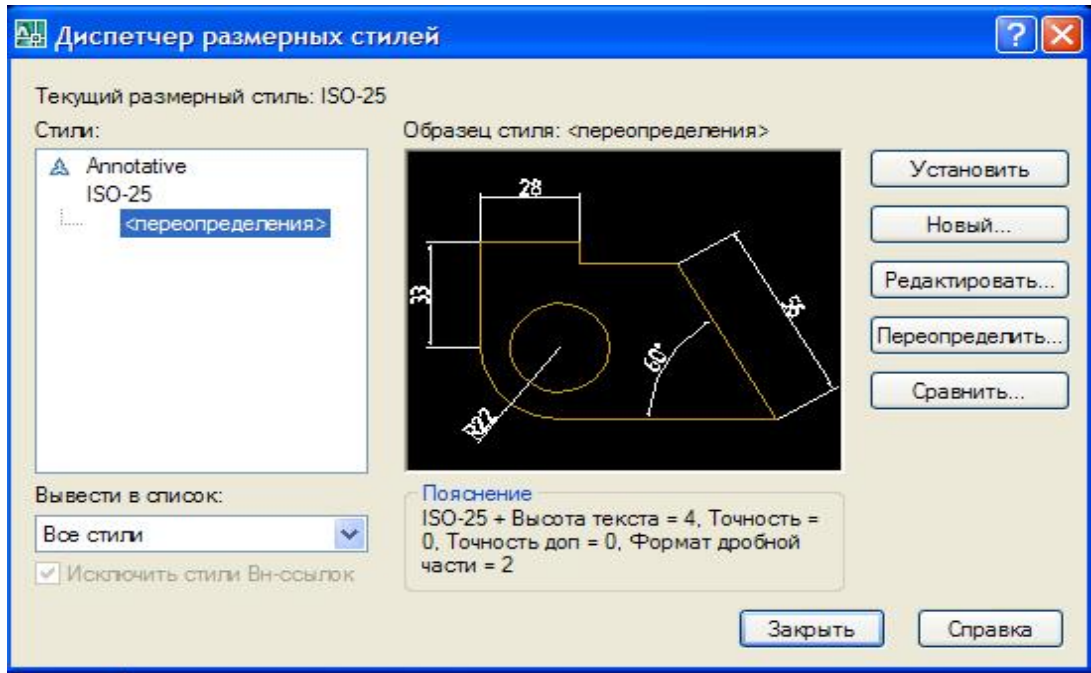


Рис. 3.16. Размерные стили

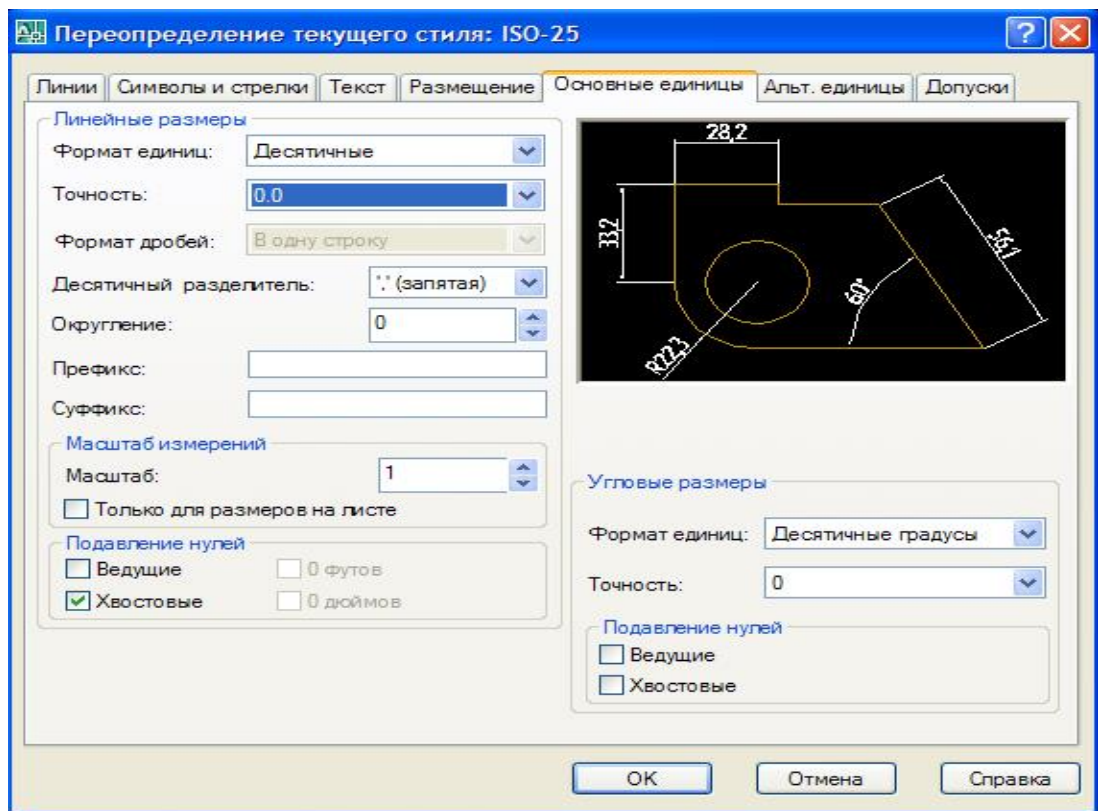


Рис. 3.17. Вікно Переопределение текущего стиля: ISO-25

Для нанесення розмірів на головному вигляді віддзеркалюємо лінії різьби і фаски.

Вибираємо команду *Зеркало* в меню *Редактирование* або на панелі інструментів *Редактирование*:

Формат виконання (рис.3.18):

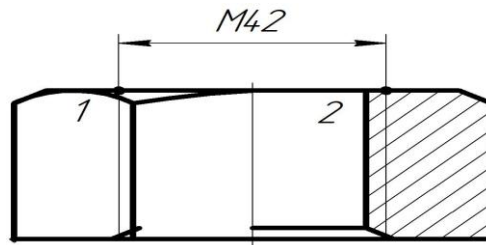


Рис. 3.18. Нанесення розмірів різьби та фаски

Команда: *Зеркало Выберите объекты*: Вказуємо мишею відрізки тонкої лінії різьби та основної лінії фаски [Enter].

Первая точка оси отражения: Вказуємо мишею точку 1.

Вторая точка оси отражения: Вказуємо мишею точку 2.

Удалить исходные объекты? [Да/Нет] <H>:[Enter].

Простановка розміру різьби M42.

Формат виконання: (рис.3.19).

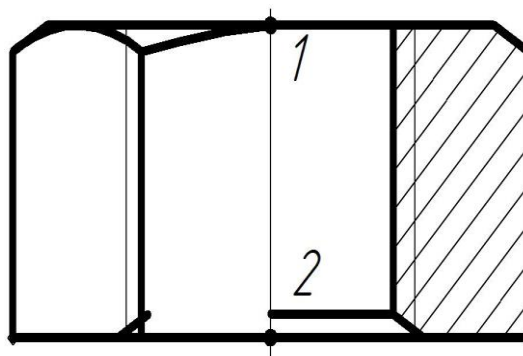


Рис. 3.19. Простановка розміру різьби M42

Обираємо *Линейный* в меню *Размеры* або на панелі інструментів *Размеры*.

Команда: *Линейный размер*. *Начало первой выносной линии или <выбрать объект>*: Вказуємо мишею точку 1.

Начало второй выносной линии: Вказуємо мишею точку 2.

Натискаємо праву кнопку миші на робочому полі креслення.

У діалоговому вікні вибрати *Мтекст*.

Відредагувати напис (додати букву М) [OK]. Встановити розмір на місце.

Простановка розміру фаски $\text{Ø}44.5$.

Формат виконання (рис.3.20).

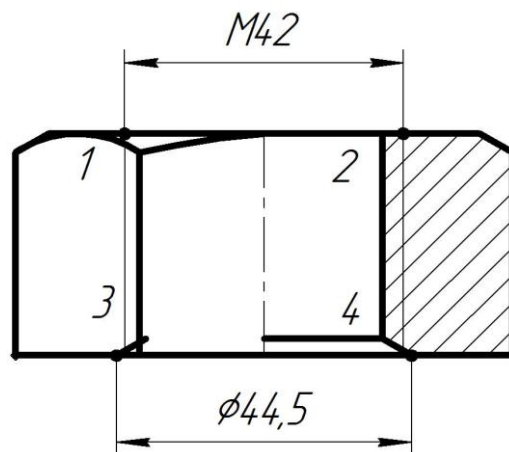


Рис. 3.20. Простановка розміру фаски $\text{Ø}44.5$

Обираємо *Линейный* в меню *Размеры* або на панелі інструментів *Размеры*.

Команда: *Линейный размер*. *Начало первой выносной линии или <выбрать объект>*: Вказуємо мишею точку 3.

Начало второй выносной линии: Вказуємо мишею точку 4.

Натискаємо праву кнопку миші на робочому полі креслення.

У діалоговому вікні вибрати *Мтекст*.

Відредагувати напис (добавити Ø) [OK]. Встановити розмір на місце.

Простановка кутового розміру фаски 120°.

Формат виконання (рис.3.21).

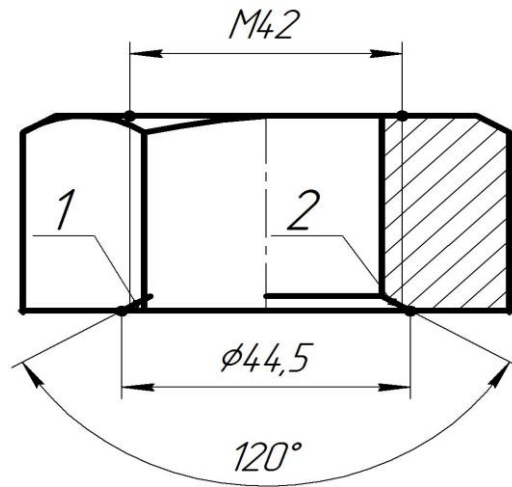


Рис. 3.21. Простановка кутового розміру фаски 120°

Вибираємо *Угловой* в меню *Размеры* або на панелі інструментів *Размеры*.
Команда: *Угловой размер. Выберите дугу, круг, отрезок или <указать вершину>*: Вказуємо мишею лінію 1.

Второй отрезок: Вказуємо мишею лінію 2.

Укажите положение размерной дуги или [Многострочный/Текст/Угол/Квадрант]. Вказуємо мишею положення розмірної дуги (рис.3.21)

Якщо вигляд або розріз симетричного предмета зображують тільки до осі або з обривом, то розмірні лінії, які відносяться до цих елементів, проводять з обривом і роблять їх далі осі або лінії обриву предмета.

Формат виконання.

Обираємо команду *РасчлениТЬ в меню Редактирование* або на панелі інструментів *Редактирование*:

Команда: *РасчлениТЬ. Выберите объекты*: Вказуємо мишею проставлені розміри *[Enter]*.

Видаляємо зайві лінії клавішею *[Delete]* (рис.3.22).

Аналогічно проставляємо відсутні розміри.

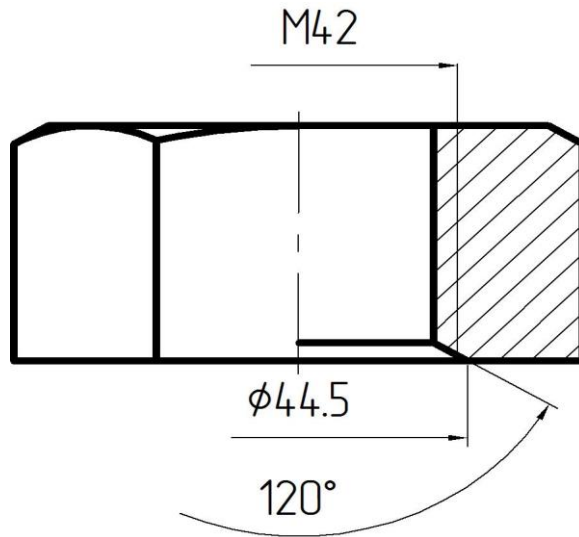


Рис. 3.22. Кінцева простановка розмірів

На рисунку 3.23 наведено приклад виконання індивідуального завдання «Створення двовимірних креслень деталей». У Додатку2 подані варіанти завдань.

Запитання для самоперевірки

1. За допомогою якої команди будуюмо шестигранник?
2. Як побудувати лінію різьби на вигляді зверху?
3. Як провести лінію під заданим кутом?
4. Як побудувати дугу фаски?
5. Як змінити товщину лінії?
6. Як змінити тип лінії?

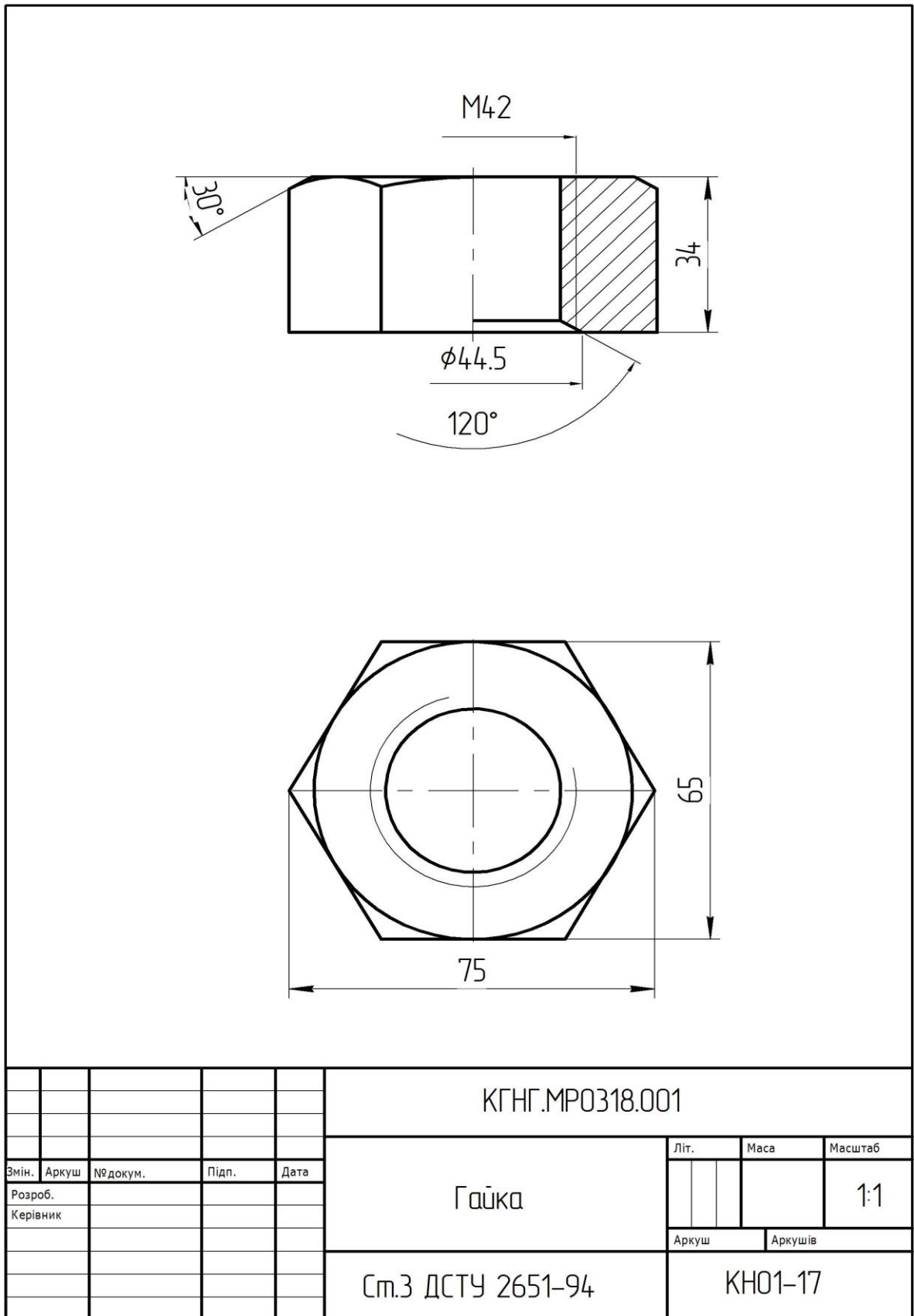
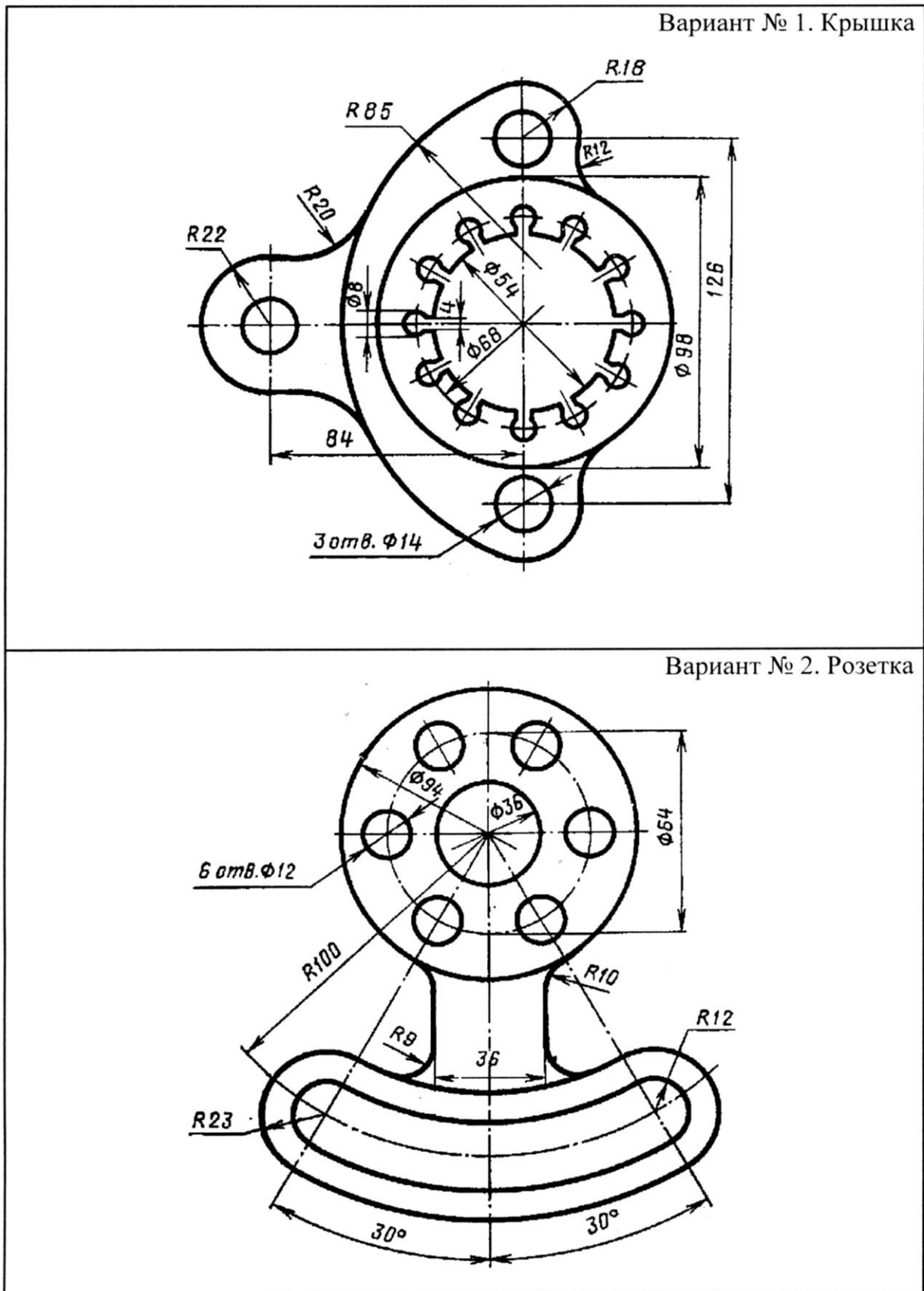
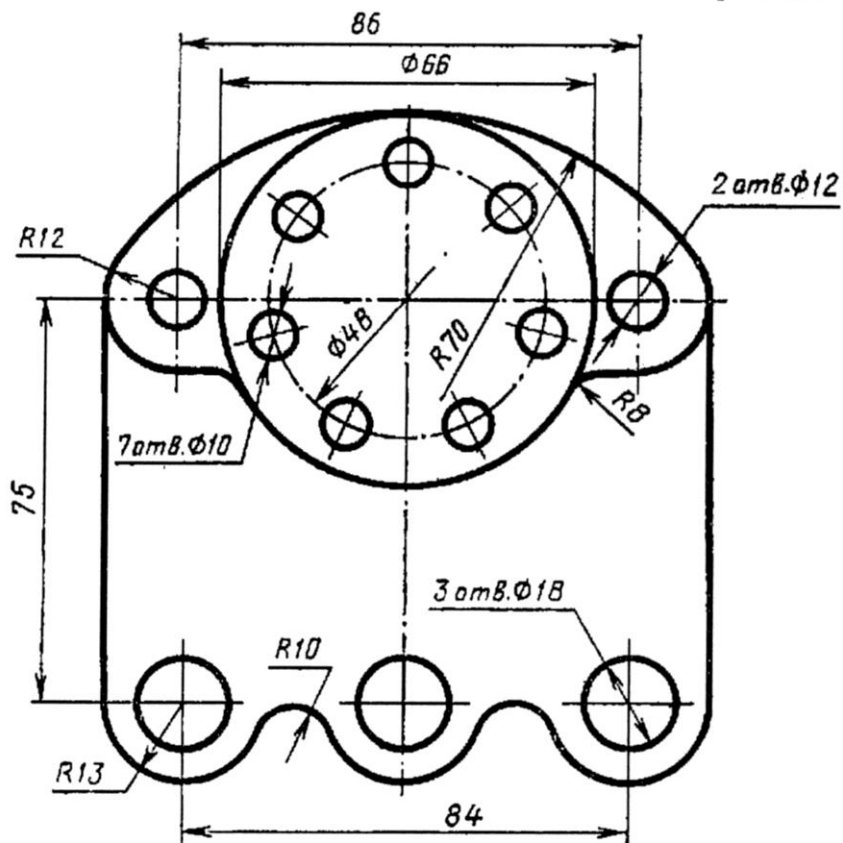


Рис. 3.23. Приклад виконання завдання «Створення двовимірних креслень деталей»

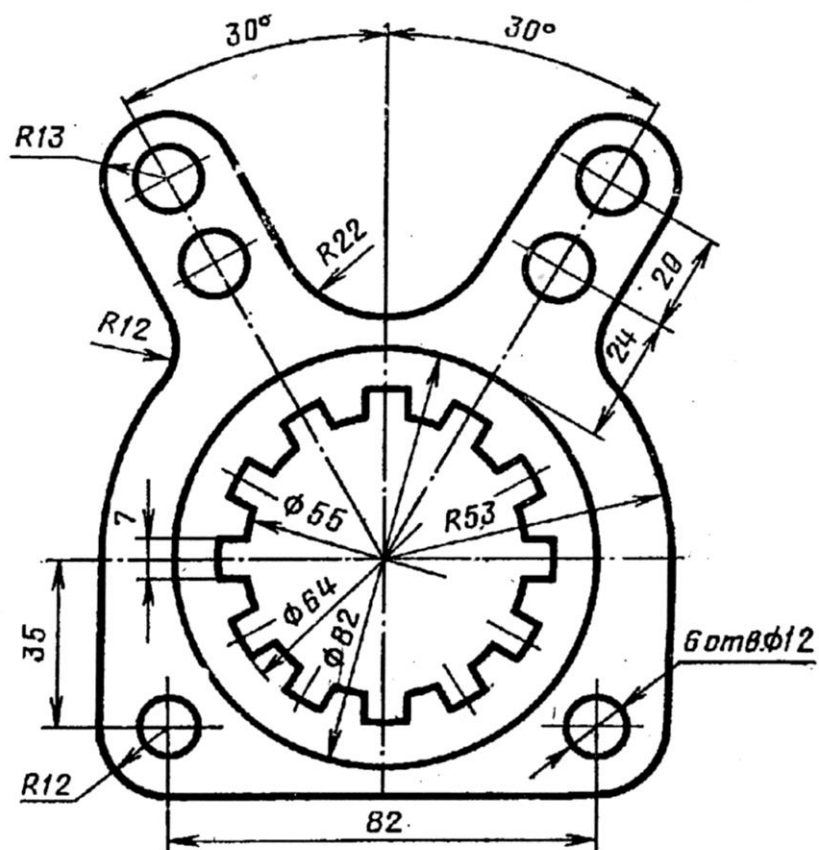
Додаток 1. Варіанти завдання «Створення та редагування графічних примітивів в програмі AutoCAD»



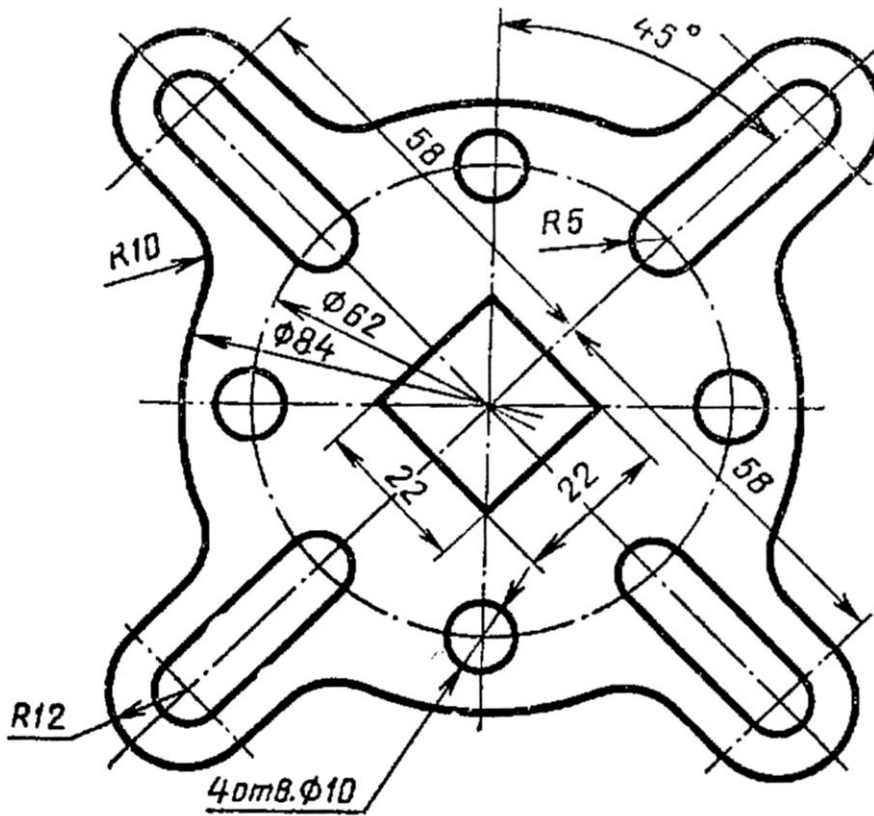
Вариант № 3. Крышка



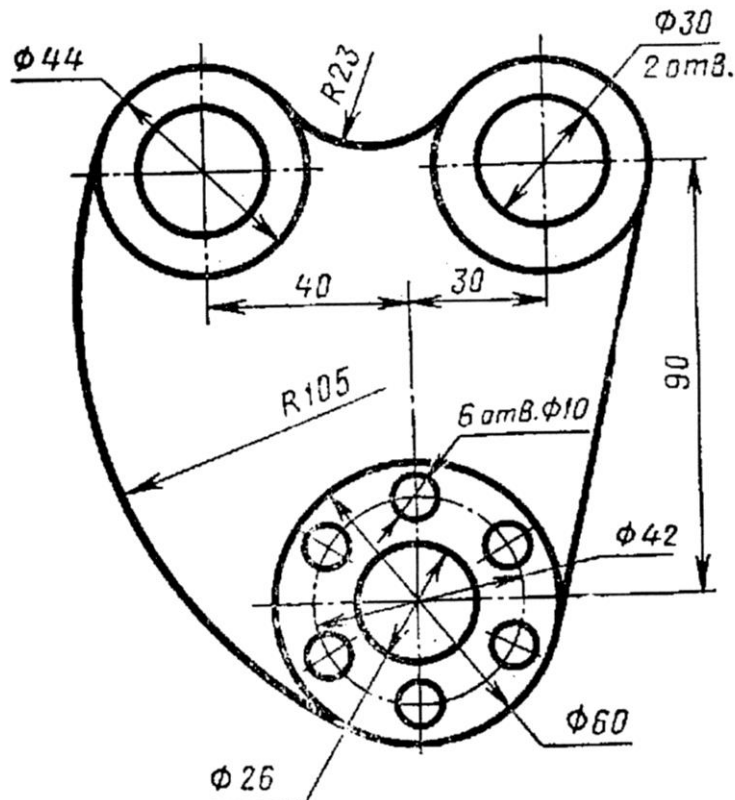
Вариант № 4. Вилка



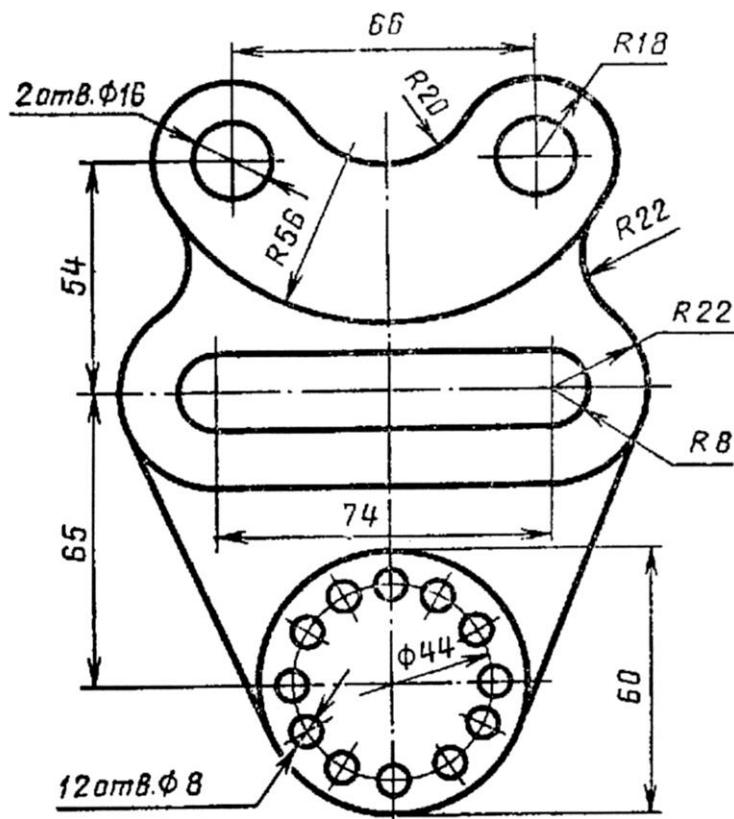
Вариант №9. Крестовина



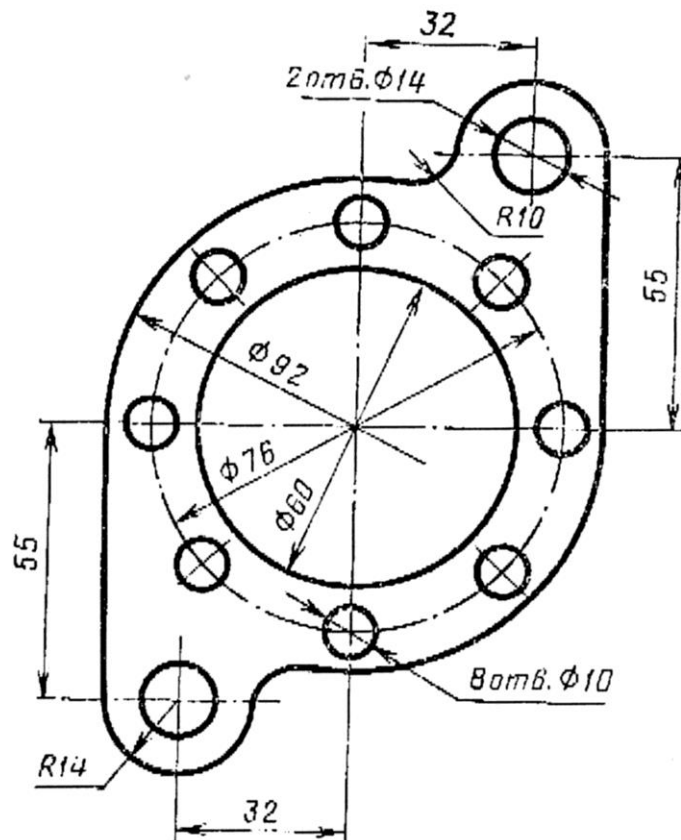
Вариант № 10. Ушко



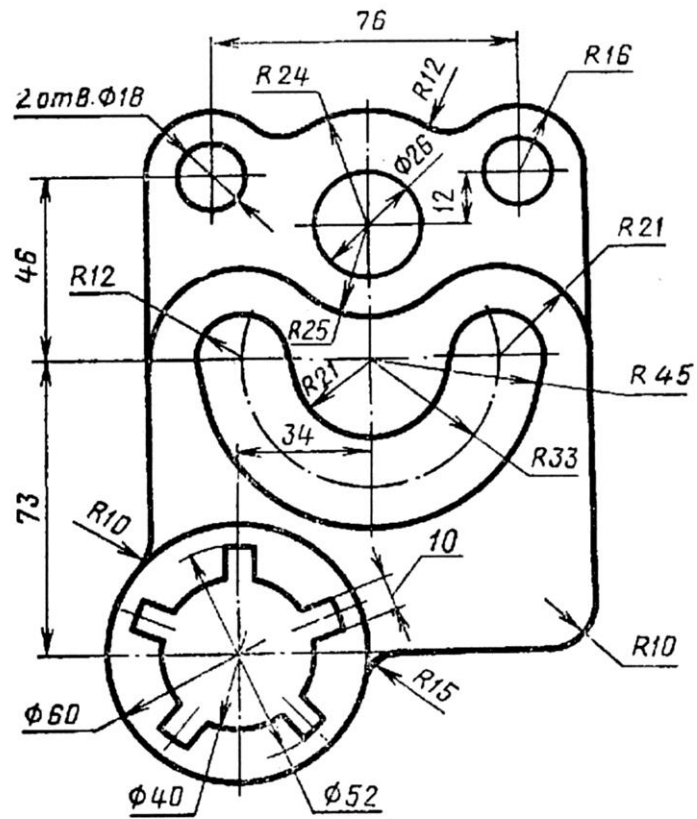
Вариант № 11. Подвеска



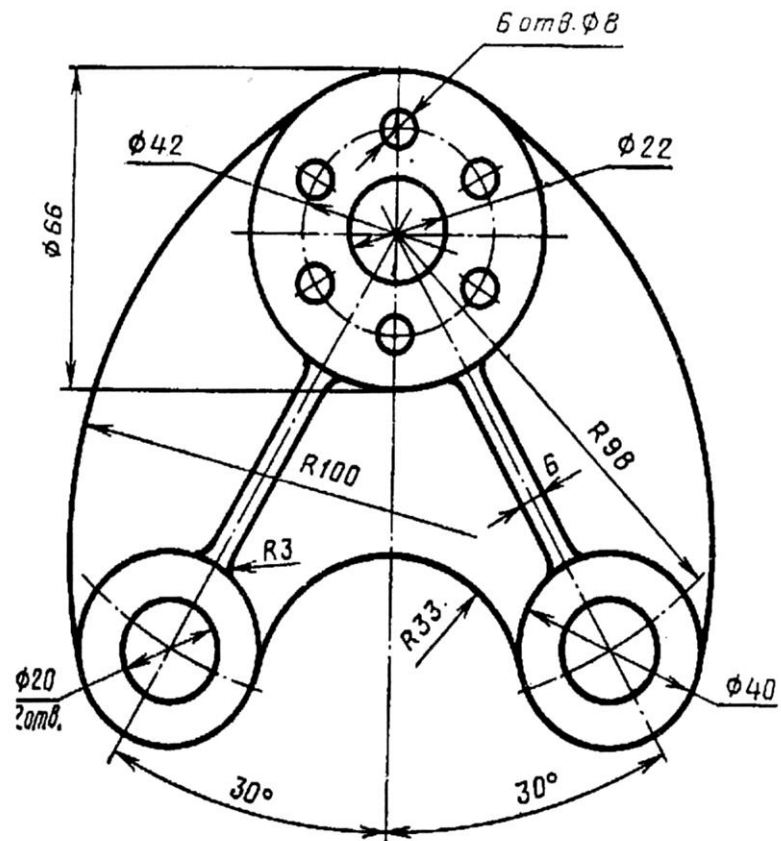
Вариант № 12. Прокладка



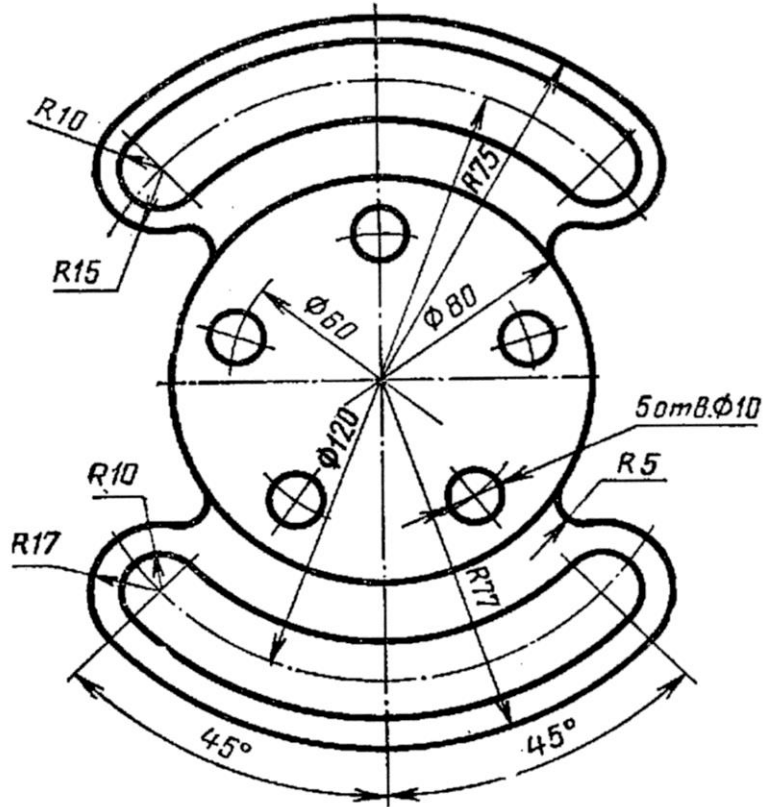
Вариант № 13. Крышка



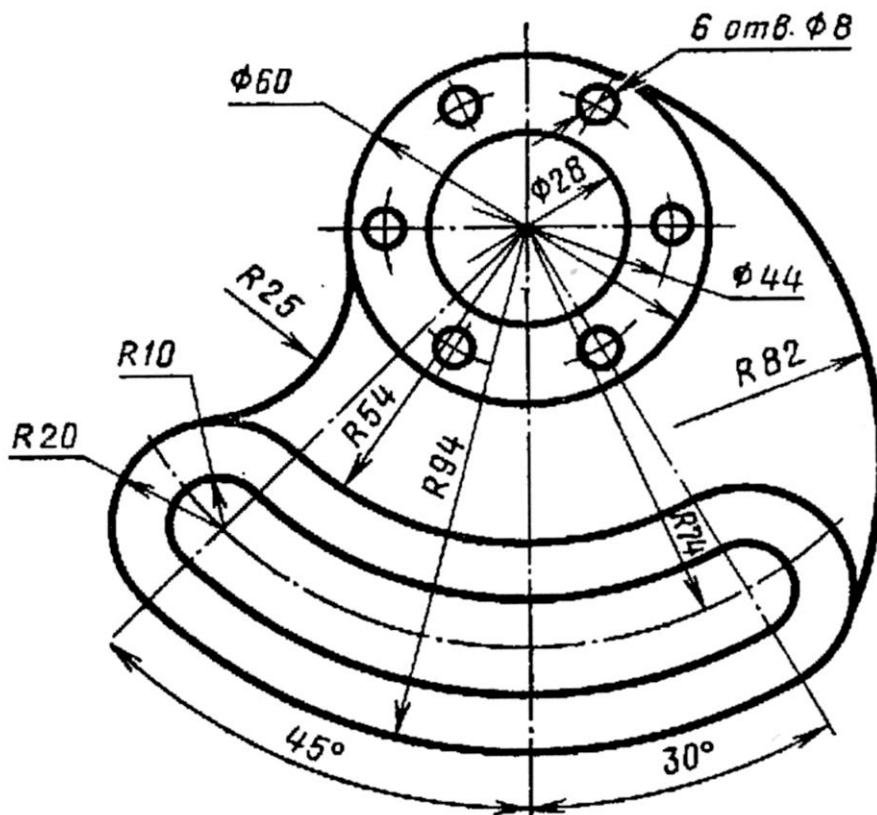
Вариант № 14. Вилка



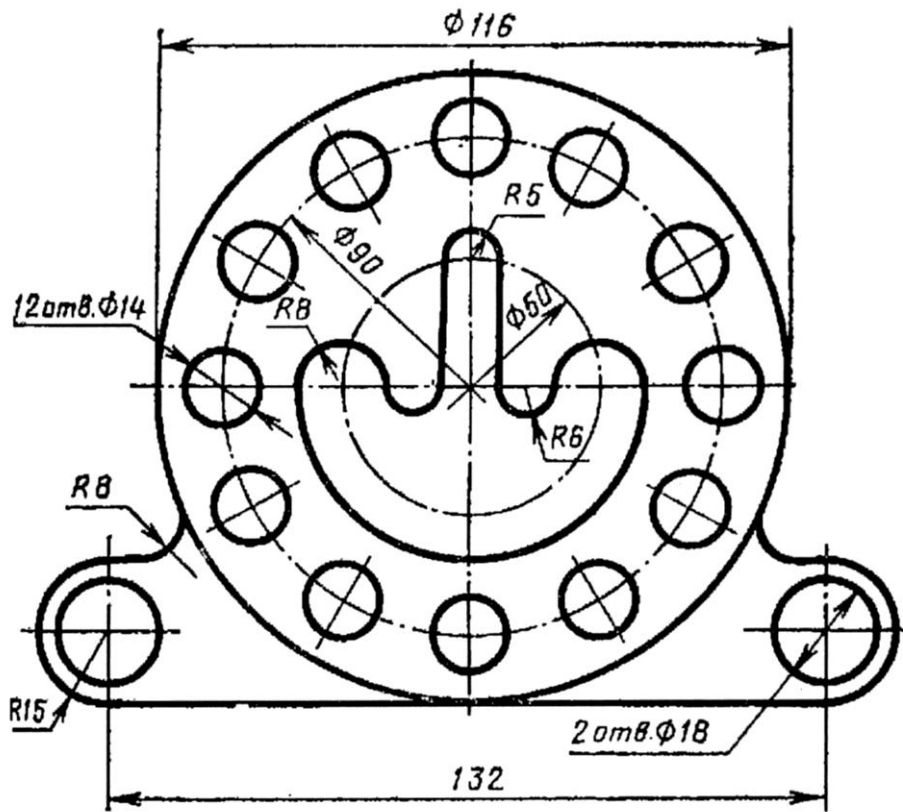
Вариант № 15. Регулятор



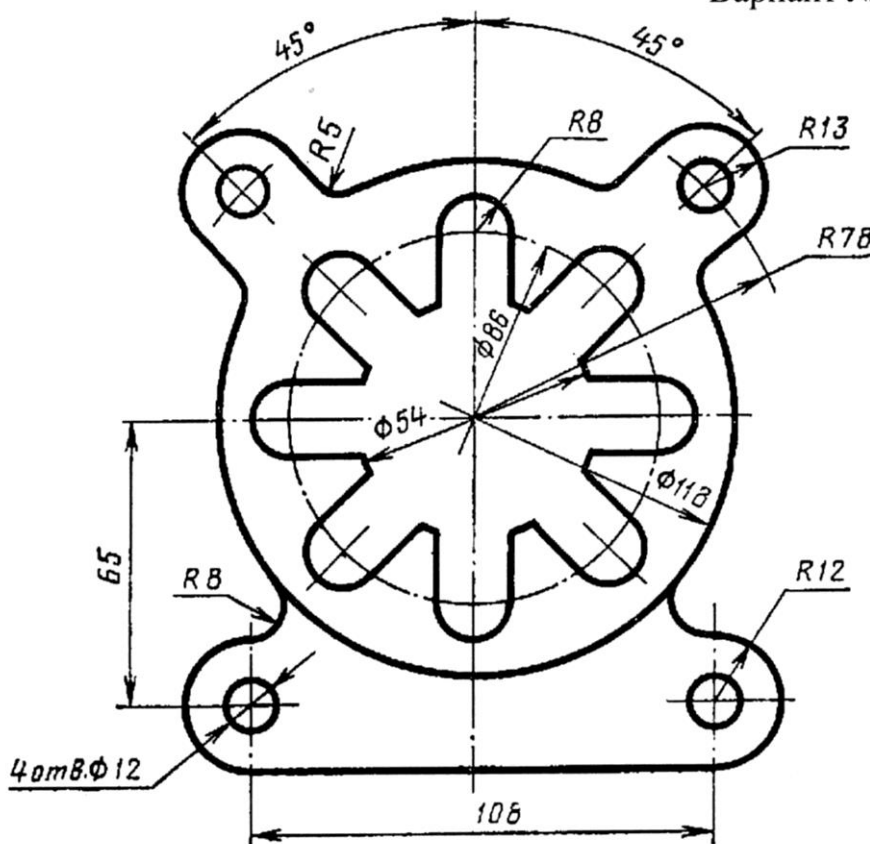
Вариант № 16. Гитара



Вариант № 17. Розетка



Вариант № 18. Крышка



Додаток 2. Варіанти завдання «Створення двовимірних креслень деталей»

| № вар. | Номинальний діаметр, d | Розмір «під ключ», S | Висота гайки, H | Діаметр фаски, da | Рекомендований масштаб |
|--------|------------------------|----------------------|-----------------|-------------------|------------------------|
| 1 | M2 | 4 | 1,6 | 2.2 | 20:1 |
| 2 | M48 | 75 | 38 | 51.8 | 1:1 |
| 3 | M2,5 | 5 | 2 | 2.7 | 15:1 |
| 4 | M36 | 55 | 29 | 38.9 | 1:1 |
| 5 | M3 | 5.5 | 2.4 | 3.3 | 15:1 |
| 6 | M30 | 46 | 24 | 32.4 | 1:1 |
| 7 | M4 | 7 | 3.2 | 4.4 | 10:1 |
| 8 | M27 | 41 | 22 | 29.2 | 2:1 |
| 9 | M5 | 8 | 4 | 5.5 | 10:1 |
| 10 | M24 | 36 | 19 | 25.9 | 2:1 |
| 11 | M6 | 10 | 5 | 6.5 | 5:1 |
| 12 | M22 | 32 | 18 | 23.8 | 2:1 |
| 13 | M8 | 13 | 6.5 | 8.7 | 5:1 |
| 14 | M20 | 30 | 16 | 21.6 | 2:1 |
| 15 | M10 | 17 | 8 | 10.8 | 4:1 |
| 16 | M18 | 27 | 15 | 19.4 | 2.5:1 |
| 17 | M12 | 19 | 10 | 13 | 4:1 |
| 18 | M16 | 24 | 13 | 17.3 | 2.5:1 |

ЛІТЕРАТУРА

1. Элен Финкельштейн. AutoCAD 2000. Библия пользователя. – М., СПб., К.: Диалектика, 2002. – 1039 с.
2. Богданов В.М. Инженерна графіка: Довідник. / В.М. Богданов, А.П. Верхола, Б.Д. Коваленко та ін.:– К.: Техніка, 2001. – 268 с.
3. ДСТУ 3321:2003. Система конструкторської документації. – К.: Держспоживстандарт України, 2005.
4. Куликов В.П. Стандарты инженерной графики: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2007. – 240 с.
5. Новичихина Л.И. Справочник по техническому черчению. – Мн.: Книжный дом, 2005. – 320 с.
6. Морозенко О.П. Комп'ютерна графіка: Навч. посібник. / О.П. Морозенко, І.В. Вишневецький: – Дніпро: НМетАУ, 2013. –38 с.
7. Михайленко В.Е. Инженерна та комп'ютерна графіка/ В.Е. Михайленко, В.М. Найдиш, А.М. Підкоритов, І.А. Скидан; За ред. В.Є. Михайленка.– 2-ге вид., перероб. – К.: Вища школа, 2001. – 350 с.
8. Морозенко О.П. Правила виконання та оформлення креслень: Навчальний посібник./ О.П. Морозенко, Г.В. Малишко: – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012.– 48 с.
9. Морозенко О.П. Правила виконання та оформлення креслень. Ч. 2: Навч. посібник./ О.П. Морозенко, Г.В. Малишко, Н.Ю. Грибанова: – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2014. – 80 с.
10. Матвеев А.А. Черчение: Учебник. / А.А. Матвеев, Д.М. Борисов, П.И. Богомолов: – Л.: Машиностроение, 1979. – 479 с.
11. Фролов С.А. Машиностроительное черчение: Уч. пособие. / С.А. Фролов, А.В. Воинов, Е.Д. Феоктистова: – М.: Машиностроение, 1981. – 304 с.
12. Попова Г.Н., Алексеев С.Ю. Машиностроительное черчение: Справочник. – СПб.: Политехника, 2008. – 474 с.

Навчальне видання

Морозенко Олена Петрівна
Вишневський Ігор Володимирович
Малишко Ганна Віталіївна

ОСНОВИ ТВЕРДОТІЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ФІЗИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ
ЧАСТИНА 1

Навчальний посібник

Тем. план. 2020, поз. 123

Підписано до друку . Формат 60x84 ¹/₁₆. Папір друк. Друк плоский.
Облік.-вид. арк. 3,76. Умов. друк. арк.3,72. Замовлення № 120

Національна металургійна академія України
49600, м.Дніпро, пр. Гагаріна,4

Редакційно-видавничий відділ НМетАУ