

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Запорізький національний технічний університет

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з дисципліни

### **" Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування "**

для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"  
("Колісні та гусеничні транспортні засоби"),  
усіх форм навчання

#### **Частина 1.**

Основні принципи роботи в SolidWorks :  
створення ескізів та тривимірних моделей

2019

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни "Автоматизоване проектування елементів автотранспортних засобів та засобів їх діагностування" для студентів спеціальності 133 "Галузеве машинобудування" ("Колісні та гусеничні транспортні засоби") усіх форм навчання. Частина 1. Основні принципи роботи в SolidWorks : створення ескізів та тривимірних моделей / Укл. : О. М. Артюх, О. В. Дударенко, А. Ю. Сосик, А. В. Щербина. Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. 74 с.

Укладачі: О.М. Артюх, доцент, канд.техн.наук;  
О.В. Дударенко, доцент, канд.техн.наук;  
А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук;  
А.В. Щербина, доцент, канд.техн.наук

Рецензенти: О.С. Слюсаров, доцент, канд.техн.наук;  
С.М. Турпак, професор, д-р.техн.наук

Відповідальний за випуск: А.Ю. Сосик, доцент, канд.техн.наук

Затверджено  
на засіданні кафедри «Автомобілі»  
Протокол № 8  
від « 22 » лютого 2019.

Рекомендовано для видання  
НМК Транспортного факультету  
Протокол № 72  
від « 15 » березня 2019.

## ЗМІСТ

Частина 1	
Вступ.....	6
Лабораторна робота № 1. Знайомство із системою SolidWorks.	
Створення ескізів .....	8
1.1 Загальні відомості .....	8
1.2 Завдання до лабораторної роботи .....	8
1.3 Порядок проведення лабораторної роботи .....	8
Контрольні запитання.....	41
Лабораторна робота № 2. Створення тривимірної моделі деталі.....	42
2.1 Загальні відомості .....	42
2.2 Завдання до лабораторної роботи .....	42
2.3 Порядок проведення лабораторної роботи.....	42
Контрольні запитання.....	72
Рекомендована література .....	73
Основна .....	73
Додаткова .....	73
Інформаційні ресурси .....	73
Частина 2	
Вступ.....	78
Лабораторна робота № 3. Побудова твердих тіл складної	
конфігурації.....	80
3.1 Загальні відомості .....	80
3.2 Завдання до лабораторної роботи .....	80
3.3 Порядок проведення лабораторної роботи .....	80
Контрольні запитання.....	116
Лабораторна робота № 4. Формування креслень.....	117
4.1 Загальні відомості .....	117
4.2 Завдання до лабораторної роботи .....	117
4.3 Порядок проведення лабораторної роботи.....	117
Контрольні запитання.....	146
Рекомендована література .....	147
Основна .....	147
Додаткова.....	147
Інформаційні ресурси .....	147

## Частина 3

Вступ.....	152
Лабораторна робота № 5. Створення деталей з листового матеріалу	154
5.1 Загальні відомості .....	154
5.2 Завдання до лабораторної роботи .....	154
5.3 Порядок проведення лабораторної роботи .....	154
Контрольні запитання.....	196
Лабораторна робота № 6. Створення складань.....	197
6.1 Загальні відомості .....	197
6.2 Завдання до лабораторної роботи .....	197
6.3 Порядок проведення лабораторної роботи .....	197
Контрольні запитання.....	232
Рекомендована література .....	233
Основна .....	233
Додаткова.....	233
Інформаційні ресурси .....	233

## Частина 4

Вступ.....	238
Лабораторна робота № 7. Робота з ливарними формами .....	240
7.1 Загальні відомості .....	240
7.2 Завдання до лабораторної роботи .....	241
7.3 Порядок проведення лабораторної роботи .....	241
Контрольні запитання.....	271
Лабораторна робота № 8. Створення поверхонь і деталей на їхній основі.....	272
8.1 Загальні відомості .....	272
8.2 Завдання до лабораторної роботи .....	272
8.3 Порядок проведення лабораторної роботи .....	272
Контрольні запитання.....	294
Рекомендована література .....	295
Основна .....	295
Додаткова.....	295
Інформаційні ресурси .....	295

Частина 5	
Вступ.....	300
Лабораторна робота № 9. Виконання розрахунків в SimulationXpress.....	302
9.1 Загальні відомості.....	302
9.2 Завдання до лабораторної роботи.....	304
9.3 Порядок проведення лабораторної роботи.....	304
Контрольні запитання.....	324
Лабораторна робота № 10. Створення анімацій та фотореалістичних зображень.....	325
10.1 Загальні відомості.....	325
10.2 Завдання до лабораторної роботи.....	326
10.3 Порядок проведення лабораторної роботи.....	326
Контрольні запитання.....	338
Варіанти завдань для самостійних робіт.....	339
Рекомендована література.....	357
Основна.....	357
Додаткова.....	357
Інформаційні ресурси.....	357

## ВСТУП

Вперше пакети твердотільного параметричного моделювання із промисловими можливостями стали доступні користувачам персональних комп'ютерів лише в середині 90-х років XX століття. Прийнято вважати, що саме 1995-й рік став переломним для світового ринку систем CAD/CAM масового застосування. Одне із кращих рішень такого рівня змогла запропонувати американська компанія SolidWorks Corporation. Ця компанія була створена в 1993 році, і вже через два роки, у листопаді 1995-го, на базі геометричного ядра Parasolid, випустила свій перший програмний продукт - систему тривимірного твердотільного моделювання SolidWorks.

Цей пакет програм твердотільного параметричного моделювання SolidWorks 95 відразу зайняв провідні позиції серед продуктів цього класу, буквально ввірвавшись у світову "табелю про ранги" систем CAD/CAE. З появою нових версій операційної системи Windows з'явилися й нові версії SolidWorks, що використовують можливості операційних систем, підвищуючи швидкодію пакетів SolidWorks.

Сьогодні SolidWorks завойовує міцні позиції на промислових машинобудівних підприємствах Західної Європи та країн СНД, а широта області використання цього програмного комплексу тільки продовжує збільшуватися. Щоб переконатися в цьому, досить відвідати веб-сайт компанії виробника [www.SolidWorks.com](http://www.SolidWorks.com).

Продукт американської фірми SolidWorks Inc. являє собою систему тривимірного твердотільного параметричного проектування механічних вузлів і конструкцій, розроблену спеціально для роботи в середовищі операційної системи Windows.

Локалізація версій програми проводиться безпосередньо самою фірмою SolidWorks а її орієнтація на використання середовища Windows, робить систему легко освоюваною й швидко працюючою.

Система SolidWorks реалізує класичний процес тривимірного параметричного проектування - від ідеї до об'ємної моделі, від моделі до креслення. Незважаючи на легкість освоєння, в SolidWorks реалізуються складні геометричні побудови завдяки використанню об'ємного ядра Parasolid. При цьому можливості твердотільного моделювання, реалізовані в системі, цілком порівнянні з можливостями систем САПР "важкого" класу, що працюють на платформі UNIX, таких як CATIA, NX, PTC Creo Elements/Pro.

Оскільки система SolidWorks працює під управлінням Windows, то вона підтримує багатовіконний режим роботи, підтримку методу "drag-and-drop", інтерфейс настроюваний користувачем, використання буфера обміну й повну підтримку технології OLE Automation. Будучи стандартним додатком Windows, SolidWorks дуже простий у використанні і, що особливо важливо, легкий а значить і швидкий у вивченні.

**У частині 1** даних методичних вказівок розглянуті основні принципи роботи у SolidWorks та загальний алгоритм проектування, способи створення ескізів, методи побудови об'ємної моделі деталі.

**У частині 2** розглянуті принципи та методи побудови у SolidWorks твердих тіл складної конфігурації, основні правила створення та редагування креслень в системі SolidWorks.

**У частині 3** розглянуті методи створення деталей з листового металу, а також методи роботи зі складаннями.

**У частині 4** розглянуто послідовність операцій та інструменти для роботи з ливарними формами в SolidWorks при проектуванні виробів, а також розглянуті принципи створення складних поверхонь та деталей на їх основі.

**У частині 5** розглянуто порядок проведення розрахунків та аналізу спроектованих конструкцій за допомогою вбудованого додатку SimulationXpress. Також розглянуто порядок створення анімації для наочної демонстрації деталей та елементів складань в процесі руху. Розглянуто використання додатку SolidWorks – PhotoWorks для створення реалістичних зображень деталей або складань.

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.

## ЗНАЙОМСТВО ІЗ СИСТЕМОЮ SOLIDWORKS.

### СТВОРЕННЯ ЕСКІЗІВ

**Мета:** Засвоїти програмний інтерфейс системи SolidWorks та виконати креслення графічних примітивів.

#### 1.1 Загальні відомості

Створення будь-якої деталі починається з побудови ескізу, тому розгляд способів створення ескізів в SolidWorks почнемо з побудови простих ескізів, рухаючись від простого до складного. Прості ескізи, як правило, складаються із примітивів: відрізок, прямокутник, ромб, окружність, овал, дуга й т.п., об'єднаних у замкнений контур. Більш складні ескізи передбачають використання додаткових можливостей при побудові, які при правильному використанні прискорюють процес проектування. Але доцільне застосування тих або інших можливостей ескізної інструментарію, в остаточному підсумку, буде визначатися досвідом роботи в SolidWorks.

Таким чином, розгляд простих і складних ескізів почнемо на прикладі такої простої деталі, як хомут.

#### 1.2 Завдання до лабораторної роботи

Засвоїти роботу з панелями інструментів. Створити і зберегти документ (креслення) у форматі SolidWorks. Створити ескіз деталі.

#### 1.3 Порядок проведення лабораторної роботи

Після запуску програми SolidWorks у вікні шаблонів (рис. 1.1), виберіть шаблон "Деталь", виділивши відповідний значок, і натисніть кнопку ОК. Тепер ви бачите перед собою користувацький інтерфейс SolidWorks, що перебуває в режимі "Ескіз" (рис. 1.2). Програма написана у відповідності зі стандартами Windows, тому всі елементи інтерфейсу розташовані на звичних місцях. У верхній частині знаходиться рядок меню, з якого викликаються команди програми. Щоб викликати меню, необхідно навести курсор миші на напис. Наприклад, у меню Файл згруповані такі команди, як "Создать", "Отк-



рыть", "Закорыть", "Сохранить" та ін., тобто працюючи з файлами.

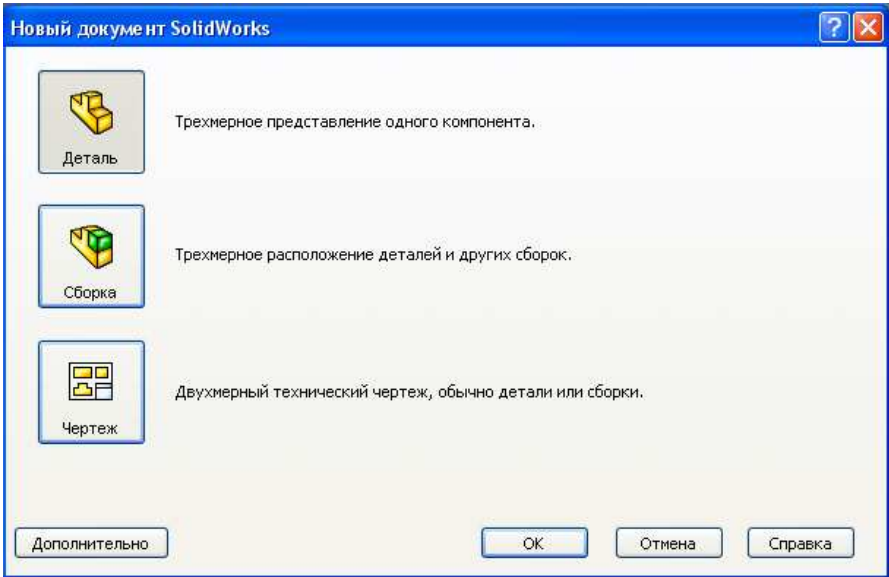


Рисунок 1.1 – Вікно шаблонів SolidWorks

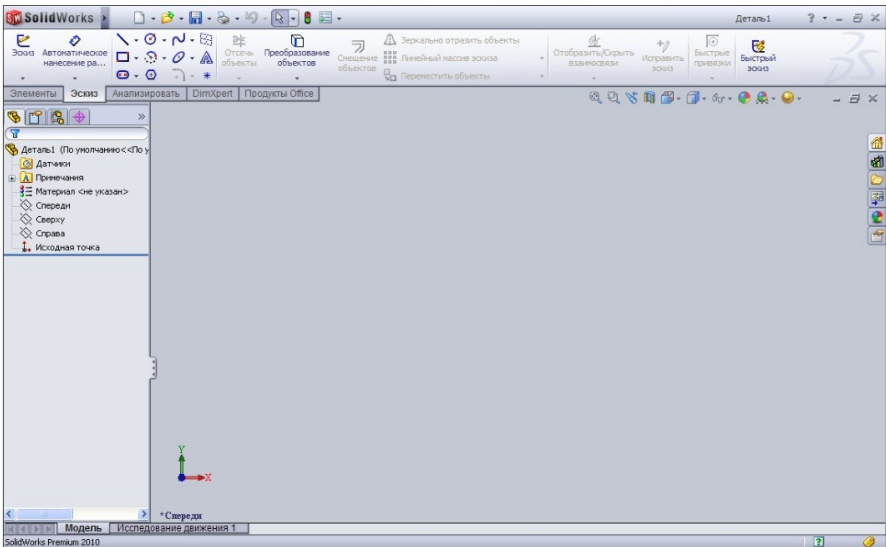


Рисунок 1.2 – Інтерфейс програми SolidWorks

Меню "**Правка**" дозволяє вирізати, копіювати, вставляти й видаляти елементи побудови, а також скасовувати введені команди. Меню "**Вид**" поєднує команди, що задають орієнтацію моделі й виду проєктованої деталі або складання. Меню "**Вставка**" призначене для додавання різних елементів побудови. Коли меню неактивно, його заміщає меню часто вживаних команд. Через меню "**Помощь**" можна одержати доступ до великої електронної локальної довідкової системи, за допомогою якої досвідчений користувач SolidWorks може швидко освіжити в пам'яті забуті команди.

Трохи нижче рядка меню розташовуються значки, які призначені для швидкого виклику команд, тобто вони дублюють команди, розташовані в меню. Усі значки зібрані в інструментальні панелі, які, у свою чергу, також можна набудувувати - відключати, переміщати на екрані тощо.

Для того щоб змінити настроювання панелі інструментів, необхідно вибрати команду "**Інструменти | Налаштування**" й на вкладці "**Панелі інструментів**" встановити або забрати відповідні прапорці (рис. 1.3). Крім того, у цій вікні можна включити або відключити **CommandManager**, у якому розташовуються панелі інструментів.

Відключення **CommandManager** приводить до збільшення графічної області побудов. Крім того, **CommandManager** можна захопити мишею і перетягнути в будь-яке місце екрану. У цій же вікні можна зняти прапорець із параметра "**Использовать большие кнопки с текстом**", що також призведе до збільшення області побудов.

Якщо перейти на вкладку Команди, можна додати або забрати окремі значки на панель інструментів. Усі значки розбиті по категоріях для зручності їх систематизації й вибору (рис. 1.4).

Щоб додати значок на панель інструментів, необхідно знайти його у відповідній категорії (унизу є короткий опис команди в розділі "**Описание**"), а потім, навівши покажчик миші, натиснути ліву кнопку й, втримуючи її, перетягнути значок у зручне для роботи місце на панелі й відпустити кнопку. Доданий значок відобразиться на екрані.

Щоб вилучити значок, необхідно "схопити" значок мишею у вікні програми й перетягнути його у вікно настроювань. Після того як кнопка миші буде відпущена, значок зникне з екрану. Після всіх маніпуляцій зі значками у вікні "**Налаштування**" натисніть кнопку **ОК**.

За замовчуванням у лівій частині екрана розташоване "**Дерево Конструирования**" (рис. 1.5), у якому будуть відображатися всі наші

побудови. Ми тільки почали створювати модель, тому "Дерево Конструирования" порожнє і є тільки вихідні площини "Спереди", "Сверху" и "Справа", на яких можна починати побудову ескізів, і елемент "Исходная точка".

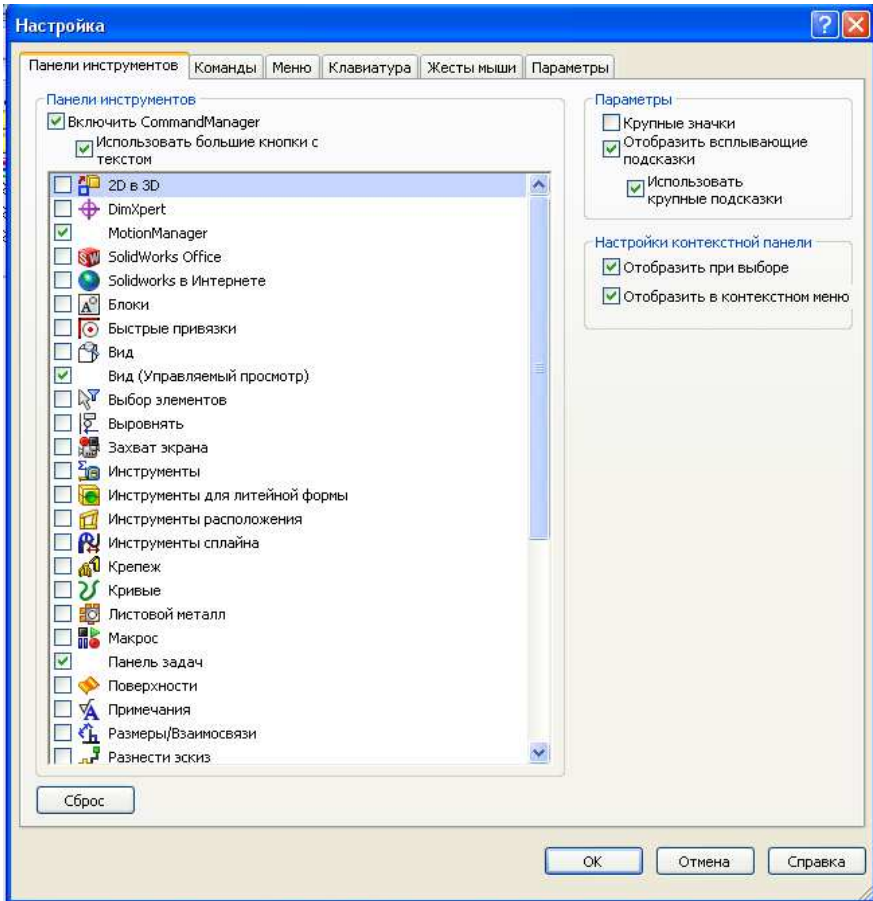


Рисунок 1.3 – Вікно налаштувань SolidWorks

Інструментальна панель "Элементы" (рис. 1.5), що слугує для створення твердотільної моделі, перебуває у верхній частині екрану. У цей момент вона недоступна, тому що ми перебуваємо в режимі малювання ескізів. Для того щоб почати малювання ескізу, клацніть лі-

вою кнопкою миші на площині "Спереди" в "Дереве Конструювання" на кнопці - "Ескіз". Відразу інструментальна панель Ескіз стає активною. Ця панель містить у собі основні кнопки команд, що необхідні для створення ескізів, які описані в табл. 1.1.

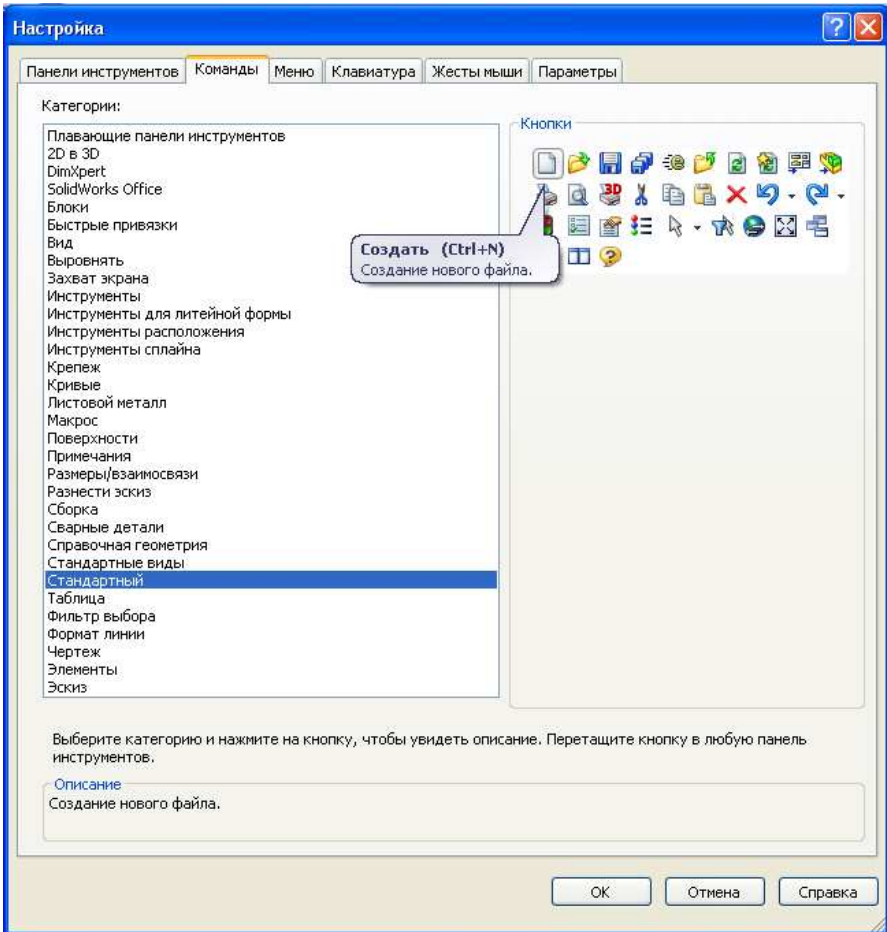


Рисунок 1.4 – Додавання необхідних команд SolidWorks

У таблиці 1.1 наведені не всі значки. Деякі із цих значків можуть бути згруповані. Про те що це група - показує маленький трикутник праворуч від значка -



. Натиснувши на цей трикутник,

можна відкрити всю групу. У кожний момент часу на екрані з'являються тільки ті інструменти, що необхідні в тому або іншому режимі роботи.

Такий спосіб організації дозволяє уникнути надмірної перевантаженості інтерфейсу: значків у панелі інструментів не так багато, і кожна панель інструментів з'являється тільки тоді, коли вона дійсно потрібна. Крім того, панелі інструментів можна перетаскувати мишею в будь-яке місце екрану.

Якщо інструментальна панель не вміщається на екрані, то з'являється подвійна стрілка, нажавши на яку можна розкрити значки, що залишилися в панелі інструментів (рис. 1.6). У нижній частині екрану розташовується статусний рядок, у якому вказуються поточні координати курсору у режимні параметри моделі.

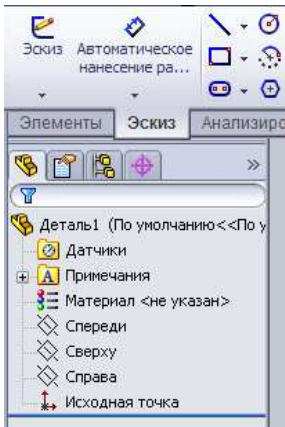


Рисунок 1.5 – Инструментальная панель "Элементы"

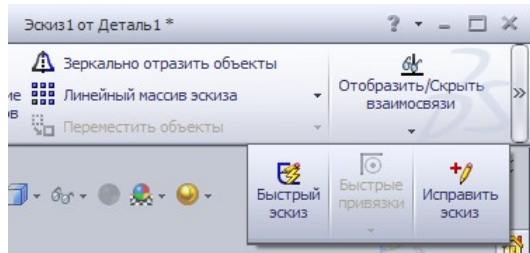


Рисунок 1.6 – Додаткові (невміщувані) значки панелі інструментів










### Створення ескізу деталі.

Відразу після створення нового файлу деталі можна включити режим побудови ескізів, нажавши кнопку "Эскиз", і вибрати одну із площин побудови: "Спереди", "Сверху" або "Справа".

Вікно, у якому проводяться побудови, за замовчуванням не має сітки. Для того щоб її відобразити, виберіть команду "Инструменты | Параметры" (або просто натисніть кнопку в меню) і на вкладці "Свойства документа" в розділі "Масштабная сетка / Привязать"

встановить прапорець "Отобразить масштабную сетку".

Таблица 1.1 - Основные команды эскизов SolidWorks

Значок	Призначення	Значок	Призначення
	Встановлення базової точки		Малювання ліній та відрізків
	Малювання прямокутників		Малювання паралелограмів
	Малювання окружностей		Малювання дуги по трьох точках
	Малювання дуги по центру та двом точкам		Побудова дуги, дотичної до лінії
	Малювання окружностей по периметрах		Дзеркальне відображення обраних об'єктів
	Скруглення кута на перетині двох ліній		Додавання фаски
	Подовження об'єкта ескізу до іншого		Проведення освої лінії
	Додавання об'єктів ескізу, зміщення відносно іншого об'єкта ескізу		Відсічення або видалення об'єктів ескізу
	Додавання кругового масиву		Додавання прямокутного масиву
	Малювання ескізу цілого еліпсу		Малювання ескізу неповного еліпсу
	Малювання сплайну		Малювання багатокутників

Можна також, натиснувши на значок - "Масштабная сетка / Привязать" в панелі інструментів "Эскиз", перейти у вікно, показане на рис. 1.7, і встановити прапорець "Отобразить масштабную сетку". Попутно можна задати бажані параметри сітки й встановити прив'язання елементів ескізу до масштабної сітки.

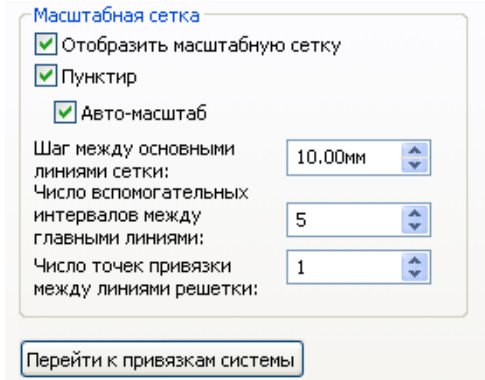


Рисунок 1.7 – Діалогове вікно "Масштабная сетка"

Після установки всіх параметрів натисніть кнопку **ОК** і поверніться в режим малювання ескізу. Параметри масштабної сітки можна викликати в будь-який момент редагування ескізу. Масштаб сітки змінюється обертанням колеса миші. Сітка дає користувачеві візуальну уяву про розміри й кути, полегшуючи тим самим його дії. Базова точка ескізу - **"Исходная точка"** розміщується в центрі вікна, де перебуває початок координат.



### Побудова лінії основи.

Клацнувши мишею значок, виберіть команду малювання лінії з інструментальної панелі **"Эскиз"**. Потім перемістіть курсор в область малювання. При цьому він здобуває вид олівця з лінією. Підведіть курсор до того місця, де планується розташувати початкову точку лінії, і натисніть ліву кнопку миші. Утримуючи кнопку миші, починайте переміщати курсор до кінцевої точки лінії.

Зверніть увагу на динамічну лінію, яку програма проводить до курсору від зазначеної раніше точки. Як тільки курсор досягне кінцевої точки відрізка, відпустіть кнопку миші. Не намагайтеся витримувати лінії строго вертикально або горизонтально - далі ми побачимо, як цього добитися без яких-небудь утруднень.

Отже, намалюйте приблизно горизонтальний відрізок довжиною близько 40 мм. При проведенні відрізка поточна довжина відображається поруч із курсором (рис. 1.8). При малюванні ескізів особливої точності дотримуватися не потрібно: довжина може трохи відрізнятись.

ся від 40 мм, а лінія бути не строго горизонтальною (як на рис. 1.8). Однак якщо намалювати відрізок занадто довгим або занадто коротким, то швидше за все, ескіз може прийняти неправильну форму при проставлянні розмірів, і тоді буде потрібно додаткове корегування його елементів.

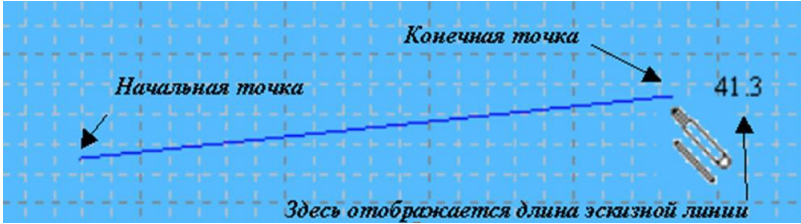


Рисунок 1.8 – Числове значення відріжку під час його побудови

Після виконання команди малювання лінії натисніть кнопку "ОК" у менеджері властивостей. Якщо при побудові було допущено помилку, то слід натиснути кнопку - "Отменить ввод" на інструментальній панелі "Стандартная", а потім повторно викликати команду з панелі "Эскиз". Відмінити введення можна просто натиснувши комбінацію клавіш "<Ctrl>+<Z>".

### Використання жестів миші.

В SolidWorks є можливість швидкого виклику команд - за допомогою жестів миші. Для цього натисніть праву кнопку миші в області побудов і злегка ворухніть нею в будь-якому напрямку. При цьому з'явиться сегментоване кільце, показане на рис. 1.9.

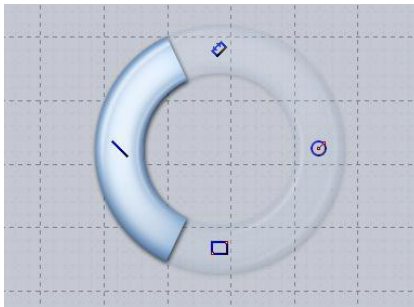
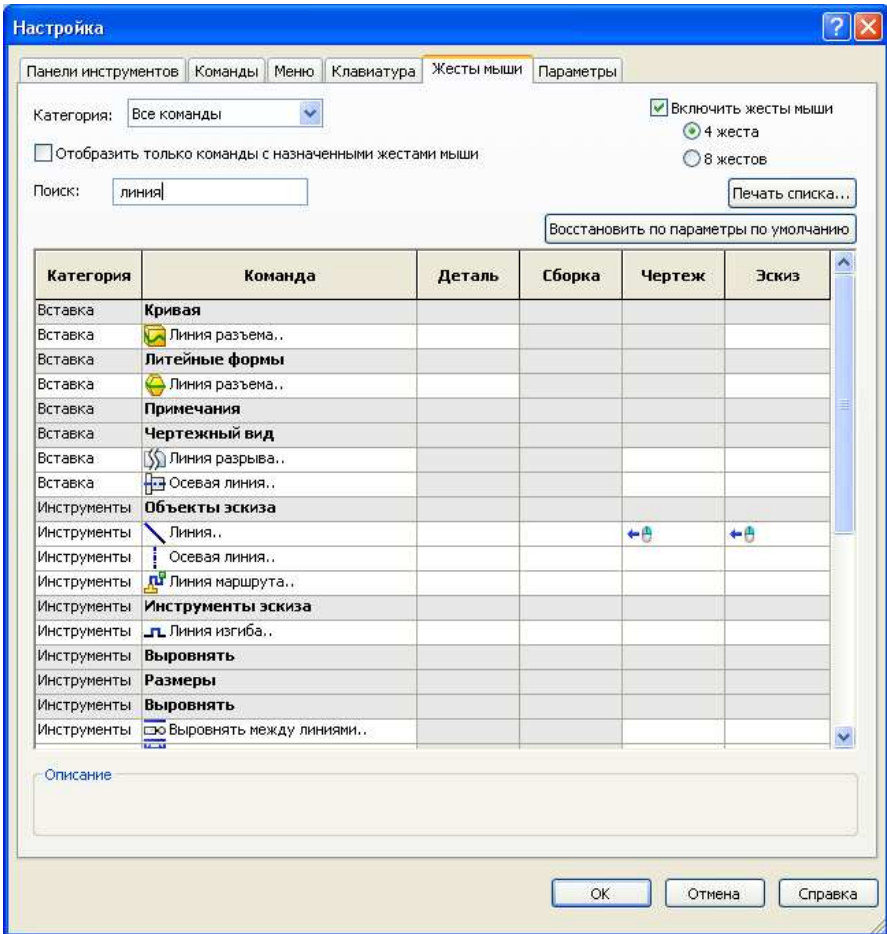


Рисунок 1.9 – Сегментоване кільце



Кожний сегмент кільця (а їх може бути 4 або 8) відповідає за виконання певної команди. Наприклад, за виклик команди малювання ліній відповідає лівий сегмент. Не відпускаючи праву кнопку миші, переведіть курсор на цей сегмент, і після проходження курсору миші над сегментом відбудеться виклик відповідної команди.

Для налаштування жестів миші пройдіть у меню **"Інструменти | Налаштування"**. У діалоговому вікні **"Налаштування"** перейдіть на вкладку **"Жести миши"** (рис. 1.10).



У цім вікні можна виключити використання жестів, знявши прапорець **"Включить жесты мыши"**, а також вибрати кількість сегментів у кільці, встановивши перемикач у положення 4 жестів або 8 жестів.

Для настроювання жесту виберіть команду, що настроюється, знайшовши її в стовпці **"Команда"**. Якщо відоме ім'я команди, то можна скористатися полем **"Поиск"**. Після вибору команди клацніть поле того стовпця (**"Деталь"**, **"Сборка"**, **"Чертеж"** або **"Эскиз"**), для якого відбувається настроювання жесту миші. Далі клацніть по значкові й відкриється меню, у якому можна вибрати напрямок руху миші (рис. 1.11). Після настроювання всіх жестів натисніть кнопку **ОК** у діалоговому вікні **"Настройка"**.

Категория	Команда	Деталь	Сборка	Чертеж	Эскиз
Вставка	 Линия разъема..				
Вставка	<b>Литейные формы</b>				
Вставка	 Линия разъема..				
Вставка	<b>Примечания</b>				
Вставка	<b>Чертежный вид</b>				
Вставка	 Линия разрыва..				
Вставка	 Осевая линия..				
Инструменты	<b>Объекты эскиза</b>				
Инструменты	 Линия..				
Инструменты	 Осевая линия..				Нет
Инструменты	 Линия маршрута..				
Инструменты	<b>Инструменты эскиза</b>				
Инструменты	 Линия изгиба..				
Инструменты	<b>Выровнять</b>				

Рисунок 1.11 – Налаштування напрямків руху миші

### Побудова вертикальної лінії.

Якщо команда побудови ліній усе ще активна, можна відразу ж додати в ескіз другий відрізок. Підведіть курсор до кінця відрізка, від якого ви прагнете продовжити ескіз. Поява двох концентричних окружностей на жовтому тлі поряд із курсором свідчить про захват кінця відрізка, у результаті чого лінії будуть з'єднані.

Побудуйте вертикальний відрізок довжиною 50 мм, також не опікуючись про точність. У результаті побудови можуть з'являтися динамічні пунктирні лінії, що позначають ортогональні напрямки відрізка (рис. 1.12).

Для швидкого малювання ескізів після виклику команди побудови відрізків замкнені відрізки можна будувати шляхом послідовного позиціонування курсору в необхідному місці й однократним натисканням лівої кнопки миші. Для завершення ланцюжка необхідно двічі нажати ліву кнопку миші або, нажавши праву кнопку миші в спливаючому меню, вибрати пункт "**Завершити цепочку (двойное нажатие)**".

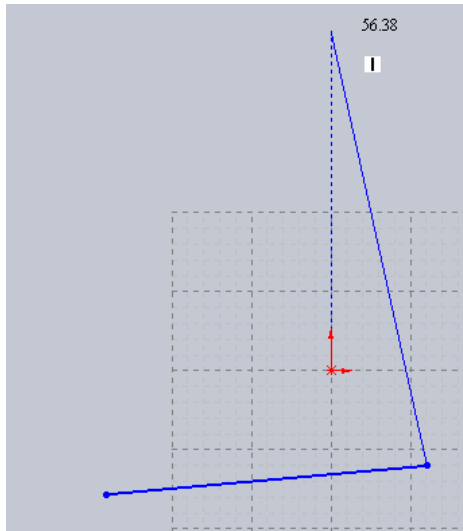


Рисунок 1.12 – Динамічні пунктирні лінії

### **Побудова півкола.**

Для того щоб створити дуговий сегмент ескізу, не потрібно переривати команду побудови відрізків. Помістіть курсор точно наприкінці другого відрізка. Тепер натисніть ліву кнопку миші й ведіть курсор, як би продовжуючи відрізок нагору й небагато вліво.

Програма динамічно буде формувати дугу. Причому дуга буде розташована тангенціально до відрізка, від якого вона почала будуватися. При цьому можуть виникати лінії формування, які працюють разом з покажчиками, прив'язками ескізу й взаємозв'язками, щоб графічно відобразити, як об'єкти ескізу впливають один на одного.

**Лінії формування** - це пунктирні лінії, які з'являються в міру створення ескізу. Коли покажчик наближається до висвітлених міток,

наприклад середніх точок, лінії формування використовуються як орієнтир залежно від існуючих об'єктів ескізу.

Траєкторія руху по дузі повинна приблизно відповідати показаний на рис. 1.13, щоб центральний кут дуги був близький до 180 градусів. Особливої точності домагатися також не треба. Ескіз повинен мати поки приблизні форми й розміри. Після того як ви натиснете ліву кнопку миші, до ескізу додається півколо. Якщо у вас дуга з першого разу не вийшла, спробуйте ще раз.

### Замикання ескізу.

Якщо команда побудови відрізків усе ще активна, перемістіть курсор до початкової точки ескізу (при цьому близько курсору повинні з'явитися концентричні окружності в жовтому квадраті) і клацніть мишею. Програма побудує замикаючий елемент ескізу.

Залежно від того, наскільки близько до ідеального розташування вказувались точки, ескіз може виявитися правильним або злегка перевертеним. Ескіз може вийти, наприклад, таким, як показано на рис. 1.14. Нічого страшного, що ескіз поки "кривий". Наступними діями ми приведемо його в порядок. Для завершення роботи з лініями натисніть кнопку - "Линия" в панелі інструментів "Ескиз" або кнопку **ОК** у менеджері властивостей.

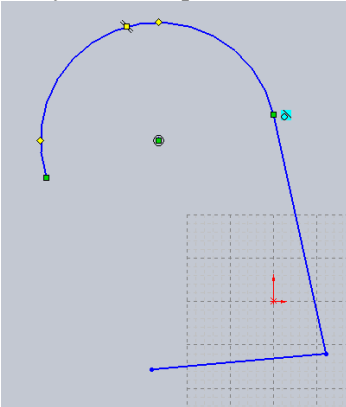


Рисунок 1.13 – Побудова півкола

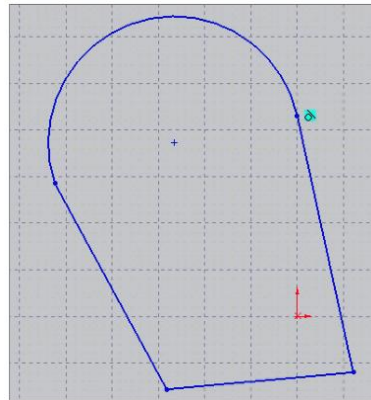


Рисунок 1.14 – Замикання ескізу

### Накладання взаємозв'язків.

Для того щоб накласти на ескіз додаткові взаємозв'язки елементів з метою виправлення побудованого ескізу, необхідно викликати

команду - "**Добавить взаимосвязь**" з панелі інструментів "**Эскиз**". При цьому в менеджері властивостей виникає діалогове вікно "**Добавить взаимосвязь**", показане на рис. 1.15.

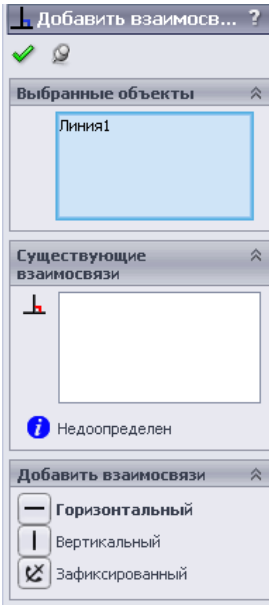


Рисунок 1.15 – Додавання взаємозв'язків

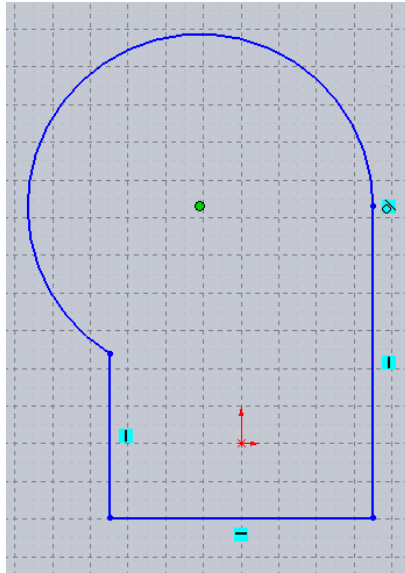


Рисунок 1.16 – Накладення взаємозв'язків

Спочатку вікно "**Выбранные объекты**" порожнє. Виділіть мишею відрізки, які повинні бути в ескізі вертикальними. Обирані відрізки відразу відображаються у вікні "**Выбранные объекты**". У вкладці "**Добавить взаимосвязи**" напівжирним шрифтом позначаються ті взаємозв'язки, які найбільш близькі до побудованої фігури. Наприклад, при виборі об'єкта "**Линия 1**" напівжирним шрифтом відзначений взаємозв'язок "**Горизонтальный**". Натисніть на цю кнопку, і ви побачите, що нижня лінія ескізу стала строго горизонтальною, а на вкладці "**Существующие взаимосвязи**" з'явився напис "**Горizontальность 0**". При цьому поруч із елементом ескізу виникає символ взаємозв'язку. Аналогічно встановіть взаємозв'язок вертикальності для правого й лівого відрізків. Замість взаємозв'язку - "**Вертикальность**", застосованої до правого й лівого відрізків, можна було б застосувати

взаємозв'язки – **"Перпендикулярність"** до нижнього відрізка. У цьому випадку необхідно було б вибрати в якості об'єктів два елементи - лінії, до яких застосовується даний взаємозв'язок. Результат побудови був би точно такий.

У результаті цих дій ескіз може трохи змінити свою форму (рис. 1.16). Нічого страшного. Головне, щоб не з'явилися перетини відрізків. Якщо таке відбулося, необхідно відкоригувати розміри ескізу. Як це зробити, буде розказано далі в пунктах **"Перевірка ескізу"** і **"Завдання значення розміру"**.

Зверніть увагу, що поруч із елементами ескізу проставлені значки доданих взаємозв'язків. З одного боку, вони показують, які зв'язки накладені на даний елемент ескізу, з інший, цими значками можна управляти, наприклад вилучити взаємозв'язок. Положення елемента в ескізі при цьому не зміниться, але зв'язок буде вилучений.

### **Накладення залежності "Касательный".**

Оскільки команда додавання взаємозв'язків ще активна, додайте залежність дотичності дуги й лівого вертикального відрізка шляхом вибору цих елементів. Програма сама визначить цю залежність і позначить напівжирним шрифтом взаємозв'язок - **"Касательный"** (рис. 1.17). Залишилося натиснути тільки відповідну кнопку.

Після установки всіх взаємозв'язків можна завершити діалог і закрити діалогове вікно натисканням кнопки **ОК**. Для перегляду або видалення взаємозв'язків скористайтеся командою - **"Отобразити/Скрыть взаимосвязи"** з панелі інструментів **"Ескіз"**.

У діалоговому вікні **"Отобразити/удалить взаимосвязь"** (рис. 1.18) можна не тільки переглянути взаємозв'язки, але також вилучити їх або погасити.

### **Перевірка ескізу.**

Користувач може підганяти розташування елементів ескізу, перетаскуючи їх мишею. Коли курсор наведений на елемент, програма підсвічує або самі елементи, або їх кінцеві точки. Наведіть курсор миші на нижній відрізок, натисніть ліву кнопку й не відпускайте її. При цьому поруч із курсором з'явиться зелена вертикальна лінія.

Тепер можна перемістити цей відрізок, підбираючи для нього нове положення. Точно так само переміщається й дуга (при наведенні на дугу поруч із курсором з'являється синя окружність). Крім того,

дугу можна переміщати, захоплюючи її центр (поруч із курсором з'являється чорне перехрестя). Можливо, що при перевірці з'ясується відсутність дотичності дуги і лівого вертикального відрізка. Міняти положення елементів можна, також захвачуючи кінцеві точки відрізків (перед захватом точки при наведенні курсору коло нього повинен з'явитися невеликий зелений кружок).

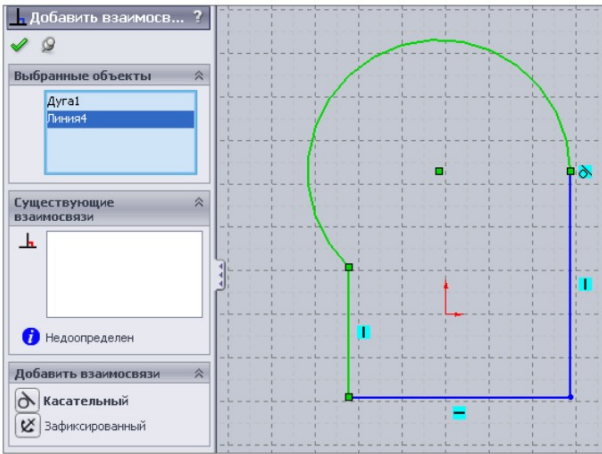


Рисунок 1.17 – Процес додавання взаємозв'язків

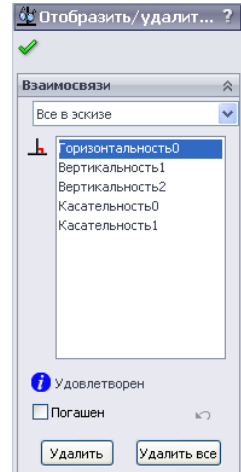


Рисунок 1.18 - Накладення взаємозв'язків

### Нанесення розмірів.

В інструментальній панелі викличте команду – "**Автоматическое нанесение размеров**" і клацніть мишею на правому вертикальному відрізку для нанесення вертикального розміру. Потім перемістіть мишу праворуч. З'являється динамічний зразок розміру. Для установки розміру в обрану позицію клацніть мишею. З'явиться поле з розміром, який має відрізок у цей момент (рис. 1.19). При нанесенні розміру між паралельними лініями необхідно виділити мишею спочатку одну лінію, потім другу й вказати місце для динамічного образу розміру.

### Завдання значення розміру.

Значення тільки що нанесеного розміру визначається тим, у яких точках користувач робив клацання мишею при побудові ескізу. Нам потрібно, щоб довжина бічного відрізка становила точно 30 мм.

Для того щоб добитися цього, просто двічі клацніть на розмірі.

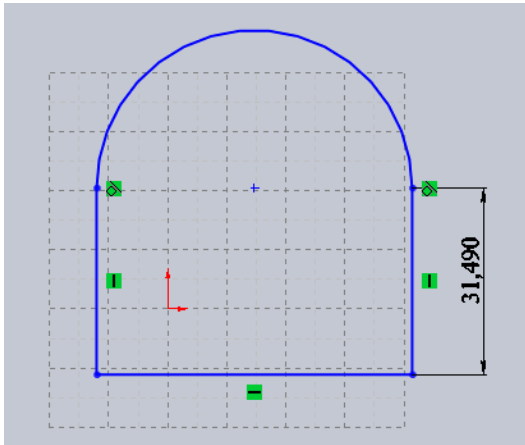



Рисунок 1.19 – Нанесення розмірів

Відкриється діалогове вікно **"Изменить"** (рис. 1.20). У ньому виділене поточне значення розміру. Введіть число 30 із клавіатури й натисніть кнопку . Тому що SolidWorks – це програма параметричного моделювання, уся геометрія ескізу підбудовується під нове значення висоти.

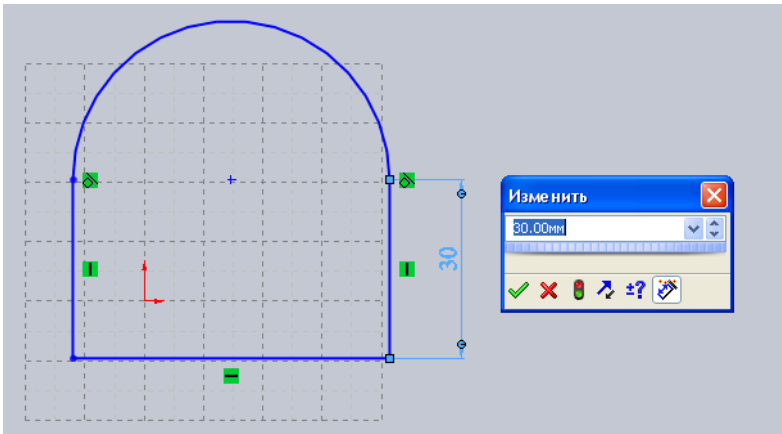


Рисунок 1.20 – Завдання значення розміру

Якщо після нанесення розмірів ви вирішили перетягнути мишею



який-небудь елемент ескізу, то можливо, що ці розміри зміняться. Щоб цього не відбулося, необхідно вибрати команду "**Інструменти | Параметри**" й на вкладці "**Настройки пользователя**" в розділі "**Эскиз**" забрати прапорець "**Корректировать размеры при перетаскивании/перемещении**".

### Нанесення параметричних розмірів.

Нанесіть розмір відомим вам тепер способом на нижній горизонтальний відрізок. Зараз він має довільне значення. Але нам необхідно, щоб він був рівно в 1,5 рази більше розміру вертикального відрізка. Для цього нам треба скористатися діалоговим вікном завдання рівнянь, вибравши команду "**Інструменти | Уравнения**". У вікні "**Уравнения**" натисніть кнопку "**Добавить**". У новому діалоговому вікні "**Добавить уравнение**" (рис. 1.21) у рядку "**Уравнение**" буде зазначене ім'я розміру.

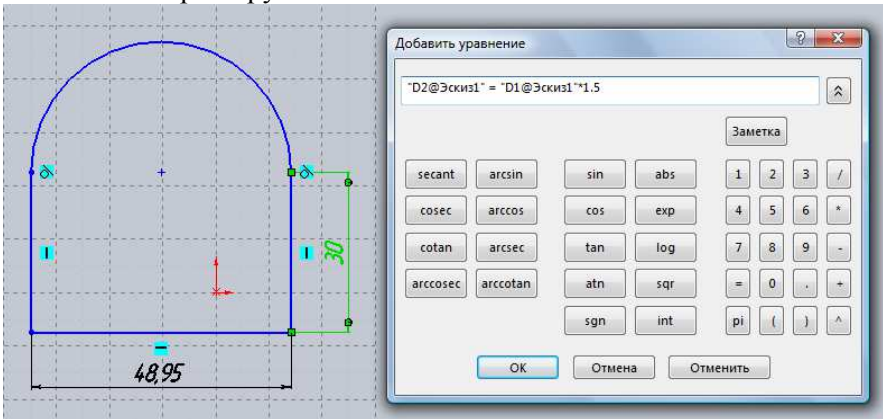


Рисунок 1.21 – Завдання рівняння для параметричного розміру

Якщо поточного імені розміру нема, просто клацніть мишею на розмірі (для нашого випадку це розмір нижнього горизонтального відрізка). Після знака "=" клацніть другий розмір (для нашого випадку це розмір правого вертикального відрізка). Ім'я розміру відразу відображається у вікні. Потім другий розмір помножте на 1,5, додавши в рядок "**\*1.5**" (рис. 1.21). Натисніть кнопку **ОК**. У вікні "**Уравнения**" додається нове рівняння (рис. 1.22). У цім вікні також натисніть кнопку **ОК**, і значення розміру горизонтального відрізка автоматично ста-

не рівним 45 мм. Значок суми перед розміром показує, що розмір отриманий рівнянням. Тепер якщо розмір вертикального відрізка змінити, то автоматично зміниться й розмір горизонтального відрізка, і ескіз прийме нові розміри.

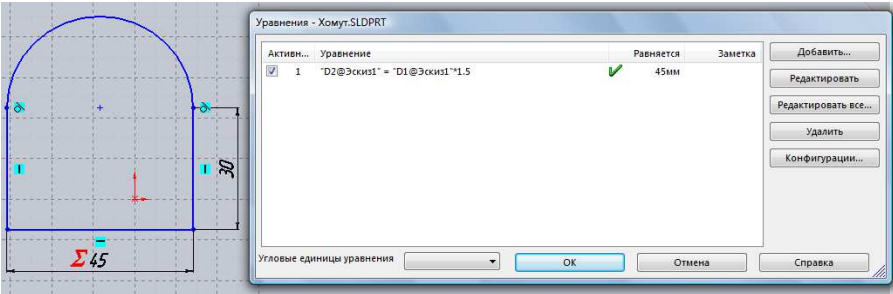


Рисунок 1.22 – Діалогове вікно завдання параметричних розмірів

### Додавання окружності.

Додамо в наш ескіз хомута окружність із центром, що збігається із центром дуги. Викличте команду - "**Окружність**" із панелі інструментів "**Ескіз**". Підведіть курсор до перехрестя - центру дуги (близько курсору повинні з'явитися дві концентричні окружності на жовтому тлі). Натисніть ліву кнопку миші. Далі, відводячи мишу від центру, позначте положення передбачуваної окружності й натисніть ліву кнопку миші ще раз. З'явиться новоспороджена окружність. Нанесемо розмір, що задає товщину кільця хомута рівним 5 мм. Для цього вкажіть розмір окружності відомим вам способом і додайте нове рівняння, яке зв'яже розмір окружності й нижній горизонтальний розмір, які повинні відрізнятись один від іншого на 10 мм (рис. 1.23). У завданні розміру бере участь не тільки ім'я розміру (D1, D2, D3 і т.д.), але й ім'я ескізу (Ескіз), розділені значком "@". Таким чином, розміри можуть управлятися даними не тільки із цього ескізу, але й з інших ескізів.

При введенні значення розміру немає необхідності задавати одиниці: досить ввести тільки число, тому що міліметри встановлені як стандартні одиниці. Але SolidWorks розуміє як метричну, так і британську систему вимірювань. Якщо при установці системи як параметрів за замовчуванням були задані не міліметри, то змінити одиниці виміру можна в меню "**Інструменти | Параметри**", далі перейдіть на вкладку "**Свойства документа**" та встановіть перемикач у поле

"Система единиц измерения" в положения ММГС (миллиметр, грамм, секунда) (рис. 1.24). Після вибору натисніть кнопку **ОК**.

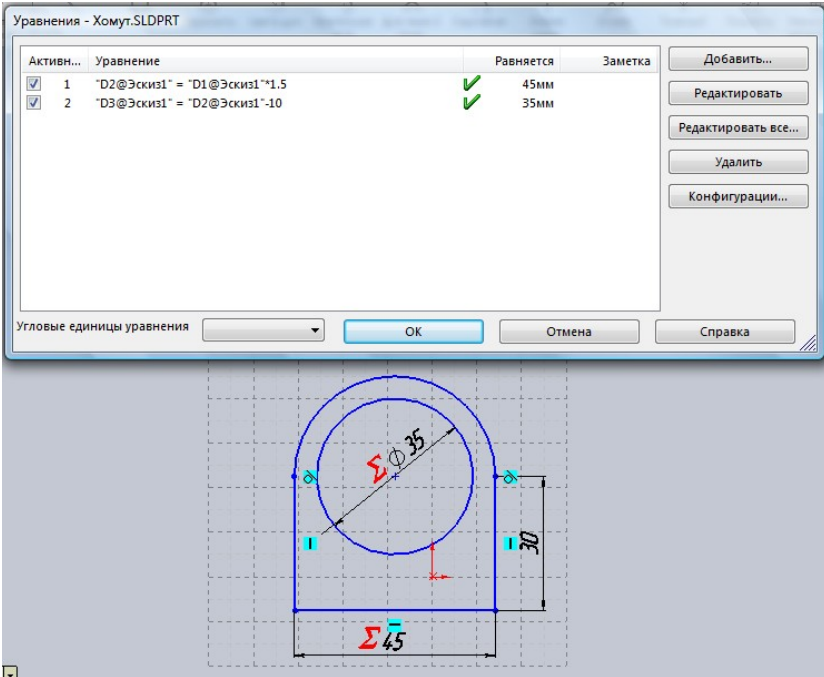


Рисунок 1.23 – Завдання параметричних розмірів для кола

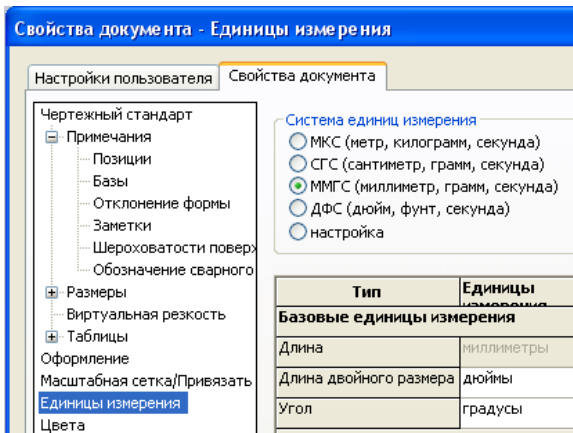


Рисунок 1.24 – Вибір одиниць виміру

### Повне визначення ескізу.

Елементи нашого ескізу мають синій колір, а в статусному рядку SolidWorks зазначено "Недоопределен". Це означає, що наш ескіз не повністю вирішений, тобто є ще безліч положень ескізу, для якого слушні обмеження при вказівці взаємозв'язків і розмірів. У нашому випадку ми можемо, зачепивши мишею за який-небудь елемент ескізу, перетягнути його. Необхідно домагатися повного визначення ескізу, тому що недовизначення ескізів може позначитися надалі при створенні складань, коли одна з деталей може зненацька змінити свою форму або положення.

Щоб повністю визначити ескіз, необхідно його жорстко закріпити відносно центру координат. Наш ескіз можна повністю визначити, прив'язавши центр окружностей до центру координат або вказавши відстані від центру координат до найближчих елементів ескізу.

Виконаємо прив'язку по першому варіанту - просто додамо ще одну залежність - "совпадение" - для центру координат і центру дуги й окружності. Колір елементів ескізу при цьому став чорним, а в статусному рядку тепер вказано "Определен". Тепер ескіз має єдиний розв'язок, показаний на рис. 1.25.

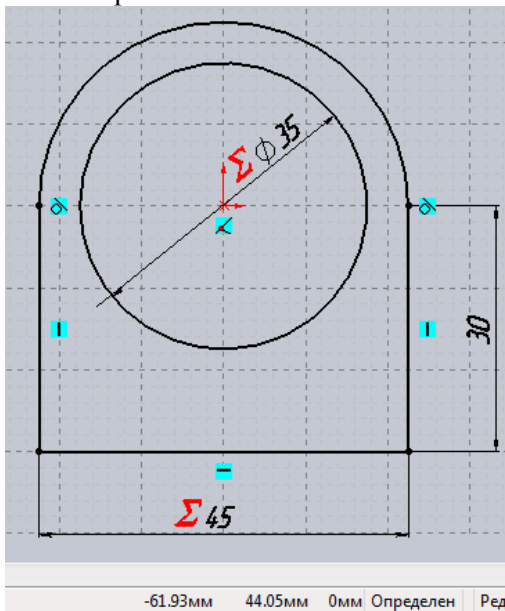


Рисунок 1.25 – Повне визначення ескізу деталі

Якщо в повністю визначений ескіз додати ще один (зайвий) розмір, лінії стануть жовтими, а в статусному рядку буде зазначено **"Переопределен"** або **"Решение не было найдено"**.

Цього також не слід допускати. Для прикладу додамо в ескіз ще один "зайвий" розмір (рис. 1.26), вказуючий радіус дуги, який у цей момент конфліктує з розміром 45 мм.

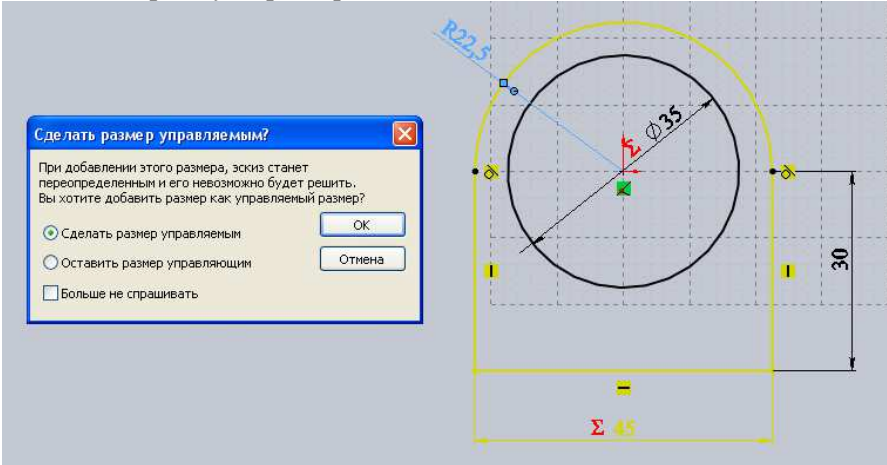


Рисунок 1.26 – Додавання до ескізу "зайвого" розміру

При цьому програма SolidWorks видасть повідомлення про те, що при додаванні даного розміру, що управляє, ескіз буде перевизначений, і будуть запропоновані варіанти встановлення розміру:

- зробити розмір керованим, тоді розмір буде просто показувати поточну довжину елемента і їм не можна управляти (довідковий розмір);
- залишити розмір керуючим, тоді розміром можна управляти й змінювати величину елемента ескізу.

Щоб продемонструвати ще одну можливість SolidWorks у вирішенні конфліктів в ескізах, зробіть розмір керуючим і натисніть кнопку **ОК**. При цьому ескіз стане перевизначеним і система повідомить про помилку, запропонувавши клацнути по червоному напису **"Переопределен"** (рис. 1.27).

### Використання SketchXpert.

Клацніть лівою кнопкою миші по напису **"Переопределен"** у

статусному рядку. У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно **SketchXpert**, показано на рис. 1.28.

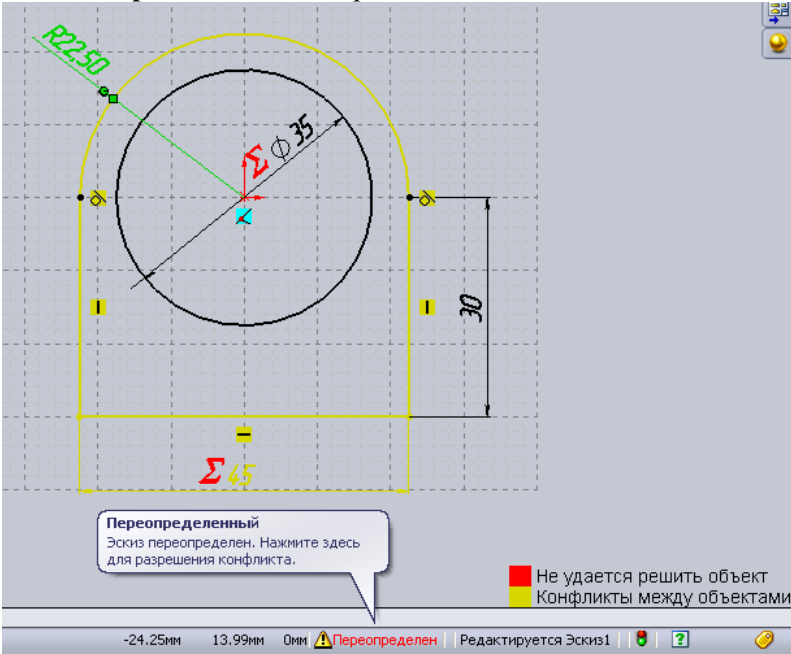


Рисунок 1.27 – Повідомлення системи при додаванні "зайвого" розміру

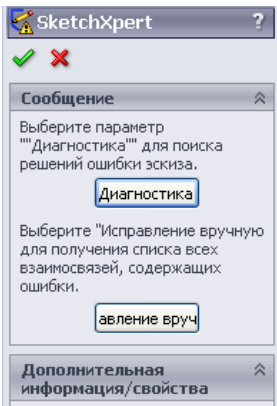


Рисунок 1.28 – Діалогове вікно SketchXpert

Натисніть кнопку "**Диагностика**", і програма відкриє вкладки "**Результаты**" й "**Дополнительная информация / свойства**" (рис. 1.29), у яких запропонує одне з можливих рішень проблеми. У даному випадку необхідно вилучити розмір **Радиус5**, тому натискаючи кнопки і спостерігаючи зміни в області побудов, дійдіть до цього варіанта рішення й натисніть кнопку "**Принимаю**". При цьому рішенні розмір **R22,50** буде закреслений. У результаті правильне рішення буде знайдене і ескіз стане визначеним, при цьому всі елементи ескізу офарбляться в чорний колір, а в статусному

рядку з'явиться напис "**Определен**" (рис. 1.30). Натисніть кнопку **OK** і закінчіть роботу інструмента **SketchXpert**.

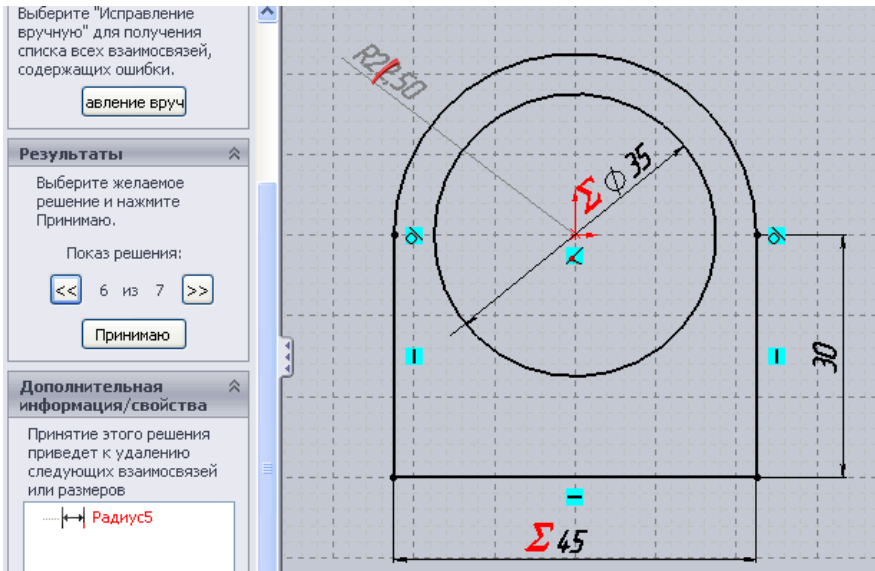


Рисунок 1.29 – Варіанти рішень запропоновані системою

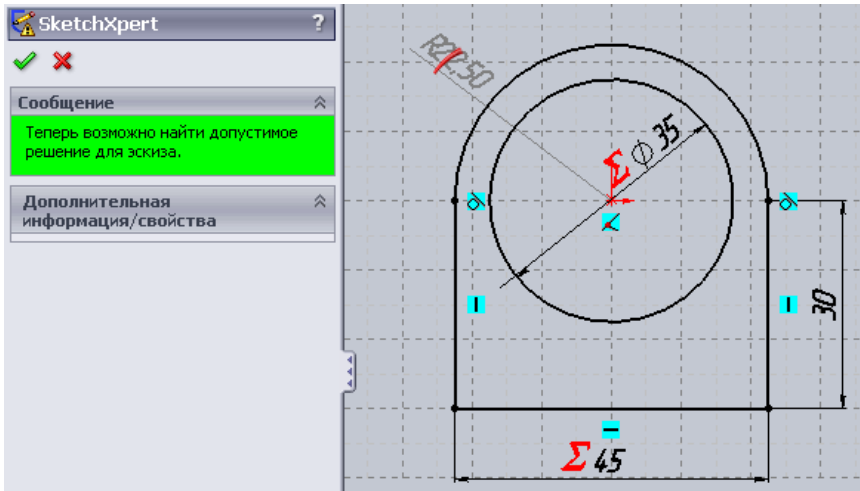


Рисунок 1.30 – Повністю визначений ескіз

Проблему можна також розв'язати самостійно, натиснувши в діалоговому вікні **SketchXpert** кнопку "**Исправление вручную**" (рис. 1.28). При цьому відкриється діалогове вікно "**Противоречивые взаимосвязи/размеры**" (рис. 1.31), у якому представлені конфліктуючі взаємозв'язки або розміри (виділені червоним кольором).

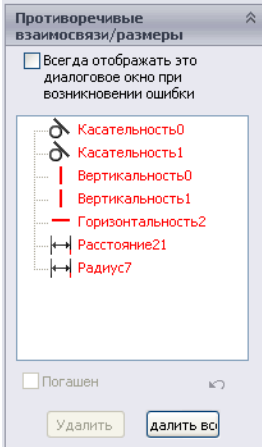


Рисунок 1.31 – Діалогове вікно з конфліктуючими взаємозв'язками ескізу

Необхідно вибрати взаємозв'язок або розмір (у нашому випадку це розмір **Радиус3**) і натиснути кнопку "**Удалить**". Проблема буде вирішена, і ескіз стане визначений. Натисніть кнопку **ОК** і закінчіть роботу інструмента **SketchXpert**.

### Завершення роботи з ескізом.

По закінченню роботи в режимі побудови ескізу натисніть кнопку "**Выход из эскиза**" в панелі інструментів "**Эскиз**" або скористайтеся "**Углом для выбора**", що перебувають у правому верхньому куті області побудов. Щоб прийняти усі зміни й вийти з ескізу, натисніть на значок у "**Угле для выбора**". При наведенні курсору на ці значки поруч із курсором з'являється відповідне позначення.

### Збереження деталі.

Для збереження нашого ескізу виберіть команду "**Файл | Сохранить**" або просто натисніть кнопку – "**Сохранить**" в панелі інструментів "**Стандартная**". У діалоговому вікні, що з'явилося, "**Сохранить как**" задайте ім'я деталі "**Хомут.sldptr**" і натисніть кнопку "**Сохранить**". Надалі при збереженні ескізу або деталі діалогове вікно з'являтися не буде. Якщо виникне необхідність зберегти ескіз або деталь під іншим іменем, виберіть команду "**Файл | Сохранить как**" або натисніть на стрілочку кнопки й у меню, що випадає, виберіть "**Сохранить как**".

### Додаткові можливості побудови ескізів.

Розглянемо деякі більш складні прийоми побудови ескізів засобами, надаваними SolidWorks.



### Використання дзеркального відбиття об'єктів.

Команда дзеркального відбиття об'єктів буває корисною тоді, коли необхідно спроектувати деталь, що має площину симетрії. У цьому випадку немає необхідності повністю малювати ескіз, досить намалювати його половину й дзеркально відобразити. Продемонструємо це на прикладі ескізу із завдання 1 даного заняття.

### Настроювання панелі ескізів.

Відкрийте для редагування новий ескіз. Для початку роботи нам необхідно настроїти панель інструментів "Ескіз" для роботи з відповідними інструментами. Виберіть команду "Інструменти | Настройка", відкрийте вкладку "Команди" й перетягніть мишею кнопки - "Осевая линия" й "Зеркально отразить объекты" з категорії ескіз на панель інструментів "Ескіз" в області побудов SolidWorks.

### Побудова половини ескізу.

Проведіть осьову лінію горизонтально через початок координат аналогічно тому, як раніше ви проводили лінію простого ескізу. Тепер, дивлячись на ескіз завдання 1, побудуйте верхню половину ескізу. У результаті у вас повинен вийти ескіз, як на рис. 1.32.

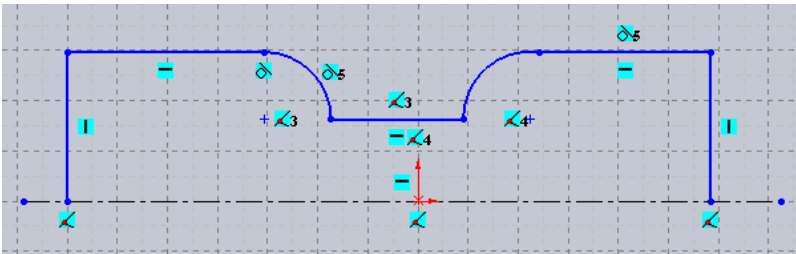


Рисунок 1.32 – Побудова половини ескізу

### Побудова дзеркального відображення.

Тепер побудуємо дзеркальне відбиття нашого ескізу, викликавши команду - "Зеркально отразить объекты" з панелі інструментів "Ескіз". У вікні "Менеджер свойств" відобразиться діалогове вікно, зображене на рис. 1.33, у якому необхідно вибрати елементи для відображення й лінію, щодо якої необхідно відобразити обрані елементи.

Клацніть мишею в поле "Зеркально относительно" та вкажіть

осьову лінію. У вікні повинне з'явитися найменування лінії, наприклад **"Линия 1"**.

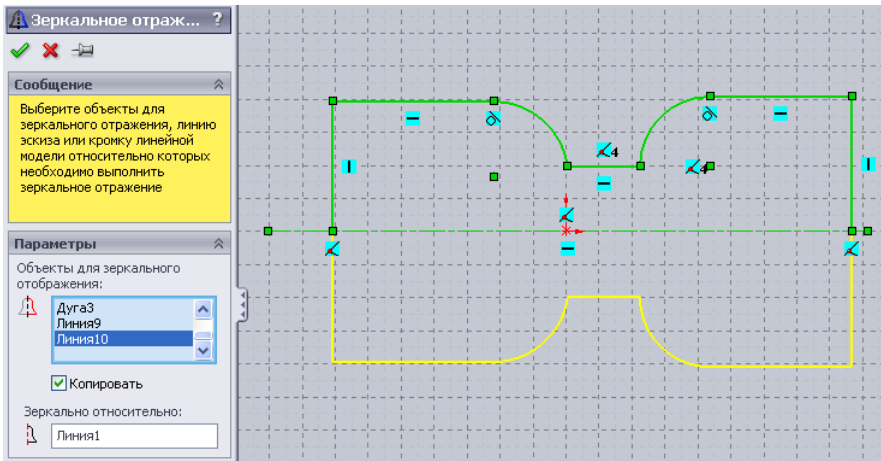


Рисунок 1.33 – Діалогове вікно дзеркальної побудови об'єктів

Далі клацніть мишею в списку **"Объекты для зеркального отображения"** та вкажіть послідовно всі елементи ескізу (крім осьової лінії). Щоб вибрати елементи для відбиття, просто клацайте мишею по елементах ескізу і їх імена будуть з'являтися в менеджері властивостей у списку **"Объекты для зеркального отображения"**. При цьому самі елементи ескізу офарбляться в блакитний колір. У міру вказівки елементів будуть з'являтися їхні відбиті образи.

Для швидкої вказівки безлічі елементів ескізу можна скористатися виділенням за допомогою прямокутної області вибору елементів. Для цього виберіть один з кутів для вказівки прямокутної області, натисніть на ліву кнопку миші й, утримуючи її натиснутою, ведіть до другого кута уявлюваного прямокутника по діагоналі.

Намагайтеся, щоб в область вибору не потрапили непотрібні елементи ескізу. Якщо ж це все-таки відбулося, то виберіть і вилучіть їх зі списку **"Объекты для зеркального отображения"** в діалоговому вікні.

Натисніть кнопку **ОК**. У вас повинен вийти ескіз, як на рис. 1.34. Далі потрібно вказати розміри й зробити ескіз повністю визначеним вже відомим вам способом.

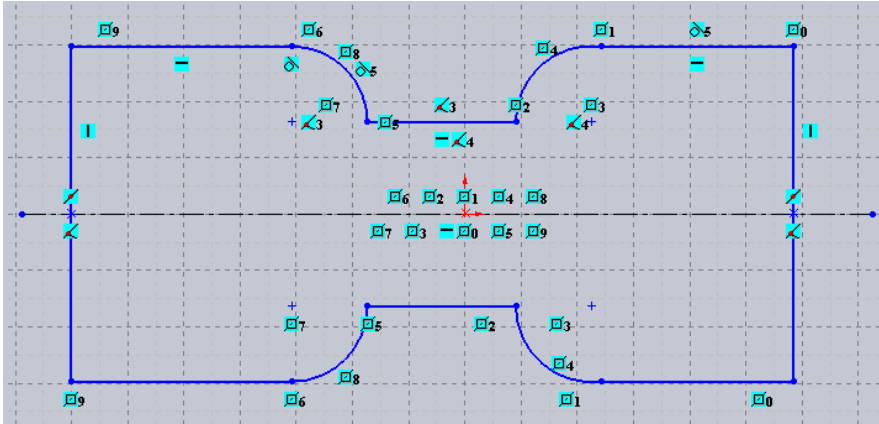


Рисунок 1.34 – Завершений ескіз за допомогою дзеркальної побудови

### Використання команд побудови масивів.

Команди побудови масивів призначені для швидкого виконання ескізів з багаторазово повторюваними елементами будь-якої форми. В SolidWorks є два види масивів:

- лінійний масив;
- круговий масив.

Розглянемо на прикладах способи розмноження елементів за допомогою команд побудови масивів.

#### Лінійний масив.

Для прикладу побудуємо ескіз плити із прямокутними гніздами. Відкриємо для редагування нову область побудови й намалюємо наступний ескіз (рис. 1.35).

Гнізда розміром 10x10 мм повинні розташовуватися горизонтально в 4 ряди й вертикально в 10 рядів. Щоб не малювати 40 гнізд, скористаємося командою - "**Линейный массив эскиза**" в панелі інструментів Ескіз. Якщо кнопки для такої команди немає в інструментальній панелі Ескіз, необхідно додати її вже відомим вам способом.

У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно "**Линейный массив**" (рис. 1.36). Клацніть мишею в списку "**Объекты в массив**" і вкажіть чотири лінії, з яких складається ланка. Імена цих ліній повинні відбитися в списку.

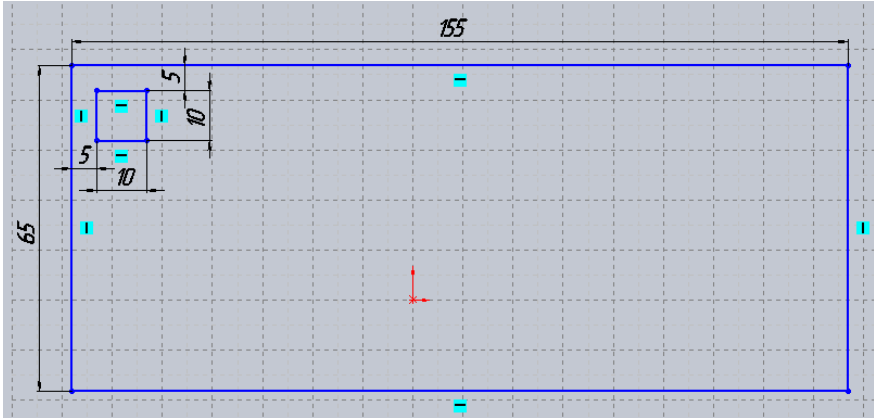


Рисунок 1.35 – Ескіз плити

Тепер перейдемо на вкладку "**Направление 1**". Нехай у нас перший напрямок буде горизонтальним і спрямованим вправо, тоді параметр "**Угол**" повинен становити 0 градусів. Параметр "**Номер**" визначає число елементів, яке задамо рівним 10, тому що в нас на ескізі вміститься саме 10 гнізд, а параметр "**Интервал**" встановимо рівним 15 мм, тобто відстань між гніздами буде становити 5 мм. У міру установки параметрів на ескізі жовтими лініями буде динамічно відображатися попереднє розташування елементів ескізу. У результаті повинен з'явитися горизонтальний ряд гнізд.

Тепер перейдемо на вкладку "**Направление 2**" і додамо ще 3 ряду гнізд під першим рядом, отже, параметр "**Номер**" задамо рівним 4, тому що в нас на ескізі по вертикалі вміститься 4 гнізда. Параметр "**Угол**" повинен становити 270 градусів, щоб гнізда розміщалися вниз, а параметр "**Интервал**" встановимо 15 мм.

У вас повинен вийти ескіз, як на рис. 1.36.

Натисніть кнопку **ОК** у менеджерів властивостей, щоб усі зроблені установки набули чинності. При побудові ескізів перед натисканням кнопки **ОК** будьте уважні, тому що команди побудови масивів не оборотні, тобто якщо ви зробили щось неправильно й вирішили виконати відкат команди, то всі параметри необхідно буде вводити знову.

Якщо ви зробили все правильно, повинен вийти наступний ескіз (рис. 1.37).

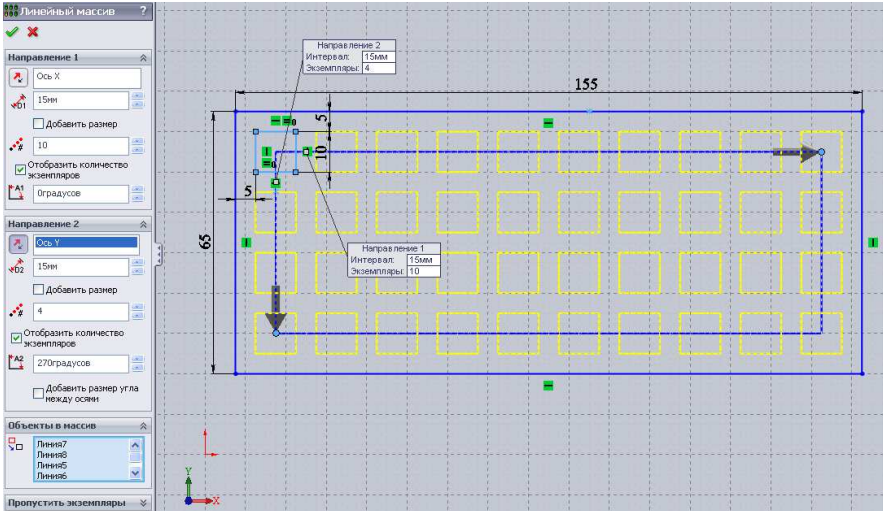


Рисунок 1.36 – Побудова лінійного масиву

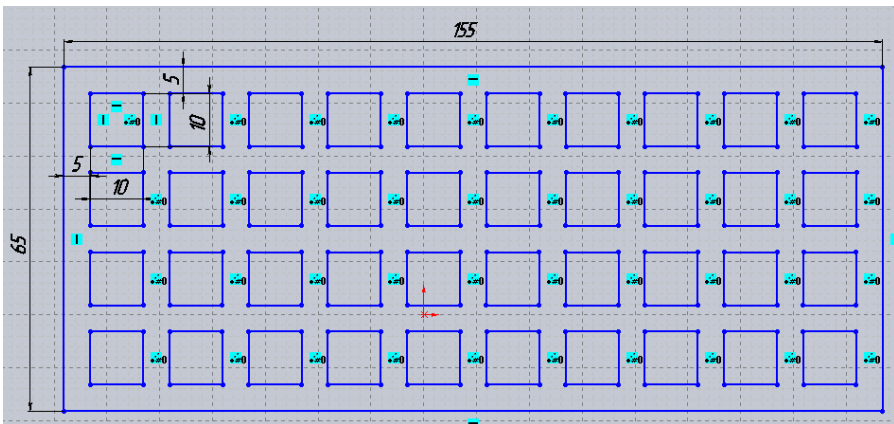


Рисунок 1.37 – Лінійно побудований масив

### Круговий масив.

Для демонстрації прикладу кругового масиву побудуємо ескіз із завдання 4 даного заняття. Відкриємо для редагування нову область побудови й намалюємо наступний ескіз (рис. 1.38).

Щоб намалювати 4 отвори, скористаємося командою - "**Круговий масив ескиза**" з панелі інструментів Ескіз. Якщо кнопки для

такої команди немає в інструментальній панелі Ескіз, необхідно додати її вже відомим вам способом.

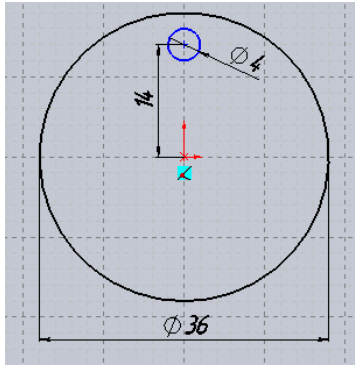


Рисунок 1.38 – Додавання об'єкта для побудови кругового масиву

У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно "Круговий масив" (рис. 1.39). Клацніть мишею в списку "Объекты в массив" і вкажіть окружність радіусом 4 мм.

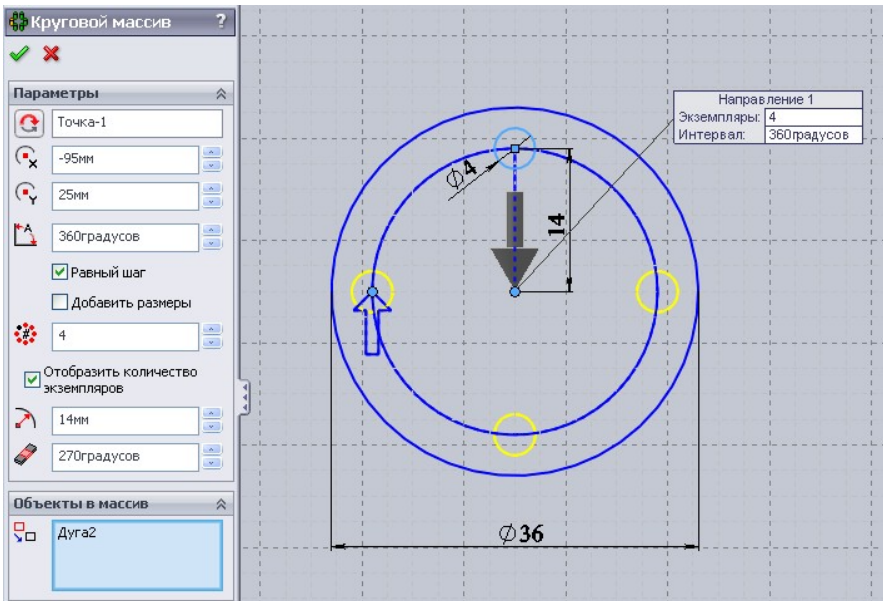


Рисунок 1.39 – Побудова кругового масиву

Оскільки програма автоматично визначила тільки одну точку, навколо якої вона могла б розмножити обрані елементи, то вона також автоматично розставила параметри у всіх полях. Цією точкою є центр більшої окружності, що збігається з початком координат.

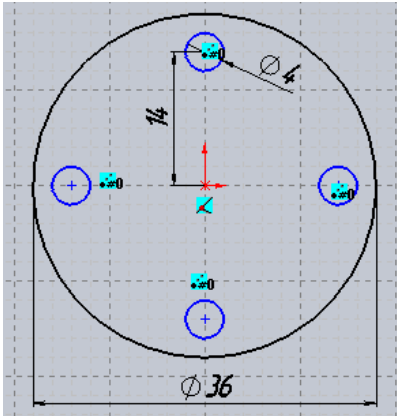


Рисунок 1.40 – Завершений круговий масив

На побудованому ескізі (рис. 1.41) покажемо, як змінити його масштаб, наприклад, у 2 рази. Для цього викличте команду - **"Змінити ескіз"** у панелі інструментів **"Ескіз"**. Відкриється діалогове вікно **"Змінити ескіз"** (див. рис. 1.42). Якщо в даному вікні в розділі **"Масштаб вокруг"** неможливо ввести значення масштабу, то це означає, що ескіз посилається на яку-небудь зовнішню точку.

У нашому випадку цією точкою є **"Исходная точка"** ескізу - збіг вихідної точки ескізу із центром отвору Ø36. Щоб вилучити цей зв'язок, викличте команду - **"Отобразити/Скрыть взаимосвязи"** в панелі інструментів **"Размеры/взаимосвязи"**. У діалоговому вікні менеджера властивостей **"Отобразити/удалить взаимосвязи"** (рис. 1.41) у полі **"Взаимосвязи"** знайдіть взаємозв'язок **"Совпадение"**, клацніть по ньому мишею й натисніть кнопку **"Удалить"**. Далі натисніть кнопку **ОК** і закрийте діалогове вікно.

Тепер знову викличте команду - **"Змінити ескіз"**. Знову відкриється діалогове вікно **"Змінити ескіз"** (рис. 1.42). Тепер у розділі **"Масштаб вокруг"** можна задати масштаб у полі коефіцієнт. Для збільшення розмірів ескізу у два рази введіть у це поле число 2 і натисніть клавішу **<Enter>**. Ескіз змінить розміри всіх своїх елементів так,

Якби таких точок було декілька, то необхідно було б задати координати центру **"Центр X"** и **"Центр Y"**. У поле **"Номер"** потрібно задати необхідну кількість екземплярів (за замовчуванням програма виставила 4). Натисніть кнопку **ОК**, і якщо все зроблено правильно, то ескіз буде мати вигляд, як на рис. 1.40.

#### Зміна масштабу ескізу.

Іноді після побудов ескізу потрібно змінити його масштаб.

як показано на рис. 1.43. Після зміни масштабу ескізу закрийте діалогове вікно "Изменить эскиз", натиснувши кнопку "Закорьть".

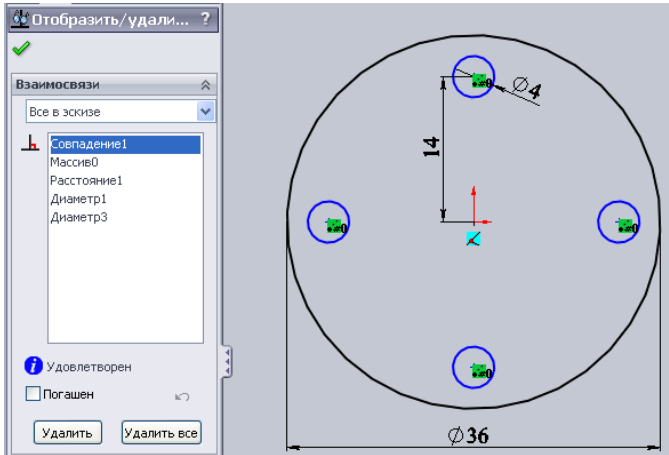


Рисунок 1.41 – Видалення взаємозв'язків

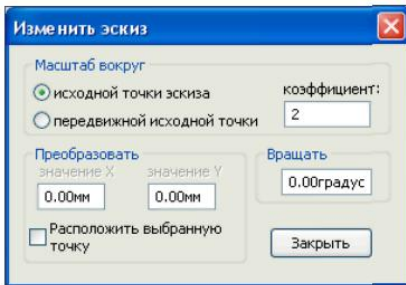


Рисунок 1.42 – Діалогове вікно зміни ескізу

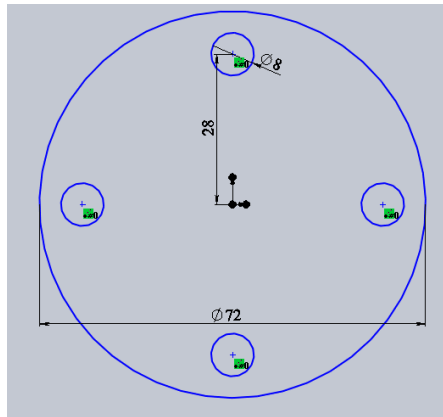


Рисунок 1.43 – Зміна розміру ескізу

### Поворот ескізу.

Для зміни положення ескізу щодо "Исходной точки" знову ви-кличте команду - "Изменить эскиз" у панелі інструментів Ескіз. У діалоговому вікні "Изменить эскиз" у поле "Вращать" задайте значення градусів для повороту, наприклад 45 градусів, і натисніть кла-



вішу <Enter>. Результат показаний на рис. 1.44. Для завершення команди натисніть кнопку "Закрити".

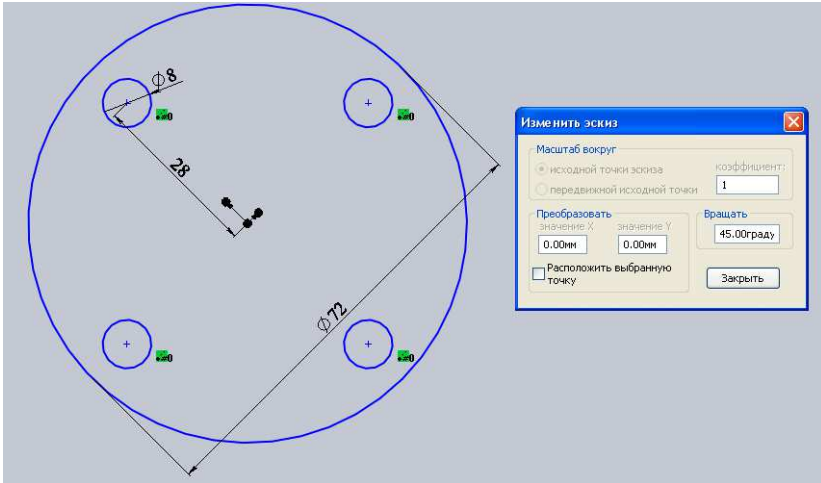


Рисунок 1.44 – Поворот ескізу

### Контрольні запитання

1. Перелічіть основні елементи робочого вікна програми SolidWorks.
2. Коротко охарактеризуйте кожний з пунктів головного меню програми.
3. Як створити новий документ?
4. Перелічіть основні панелі інструментів в системі SolidWorks.
5. Які команди використовуються для нанесення розмірів?
6. Навіщо потрібен інструмент "SketchXpert"?
7. Що таке "Повне визначення ескізу"?
8. Перелічіть основні способи створення ескізів деталей.

### Література

[1], с.21-50; [2], с.27-46; [3], с.41-115.

## **ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. СТВОРЕННЯ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ**

**Мета:** Засвоїти методи тривимірного моделювання.

### **2.1 Загальні відомості**

Залежно від типу проєктованої деталі різняться й способи побудови об'ємної моделі. В SolidWorks передбачено два такі способи:

- витягування основи для деталей типу призми;
- витягування поворотом для деталей типу тіл обертання.

Тому далі ми послідовно розглянемо практичне застосування кожного способу проєктування об'ємних тіл.

### **2.2 Завдання до лабораторної роботи**

Засвоїти методи тривимірного твердотілого моделювання і побудувати тривимірну модель деталі з наступним створенням розсіченого виду.

### **2.3 Порядок проведення лабораторної роботи**

#### **Деталі типу призми.**

Для перетворення двовимірного ескізу (2D) у тривимірну модель (3D) завантажимо ескіз хомута, який ми створили на минулому занятті. Для цього в панелі інструментів "**Стандартная**" виберіть команду "**Открыть**". У діалоговому вікні, що з'явилося, знайдіть файл "Хомут.sldprt". Якщо такого файлу немає, перевірте, чи встановлене в полі "Тип файлів" значення "Деталь (\*.prt;\*.sldprt)", і папку, у яку ви зберігали ескіз. Ескіз завантажиться в тому виді, у якому ви його зберегли.

#### **Перехід в 3 D-Простір.**

Увійдіть у режим редагування ескізу, нажавши мишею на елемент "**Эскиз1**" у дереві конструювання й кнопку - "Эскиз" у панелі інструментів. Для того щоб краще спостерігати створювану модель, слід переіменувати вид від зображення. До цього ми дивилися на площині

ну побудов попереду. Тепер більш зручним буде ізометричний вид (рис. 2.1).

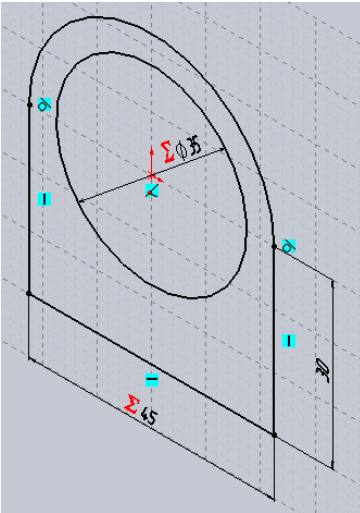


Рисунок 2.1 – Ізометричний вид

Він дає користувачеві краще уявлення про проєктовану 3D-модель. Для одержання ізометричного виду скористуйтеся командами орієнтації "Стандартные виды" й "Изометрия" з панелі інструментів "Стандартные виды". За допомогою команди "Стандартные виды" можна переглядати створювану модель із різних сторін, у тому числі й в ізометричному, триметричному, діаметричному видах, а також у виді каркасної або зафарбованої моделі. При повороті ескізу в просторі, розміри як і раніше добре помітні.

#### Завершення роботи з ескізом.

Клацніть по значковій "Выход из эскиза" або за допомогою значка

"Угла для выбора" по стрілці у правому верхньому куті області побудов. Ви вже напевно помітили, що SolidWorks намагається максимально спростити працю конструктора: у багатьох випадках для виклику команди, яка по логіці речей необхідна в цей момент, досить одного-двох клацань миші.

Отже сітку більше не видно - вона була потрібна тільки для роботи з ескізом. Щоб активізувати у панелі набори команд, необхідні для роботи з конструктивними елементами деталей, клацніть по вкладці "Элементы".

#### Створення об'ємного елемента.

Скористаємося командою витягування ескізу. Для цього клацніть спочатку на побудованому ескізі "Эскиз1" у "Дерево Конструирования", а потім на значку "Вытянутая бобышка/основание" в панелі інструментів "Элементы".

У менеджері властивостей відкриється діалогове вікно "Бобышка-Вытянуть". Перемістіть мишу в область побудови й захопіть стрілку. У нашого ескізу з'явиться другий контур, що динамічно пере-

міщається (рис. 2.2). Причому у вікні ліворуч відображається поточна відстань між ескизом і другим контуром, який автоматично перераховується при переміщенні миші. Вибравши певну товщину деталі, натисніть ліву кнопку миші.

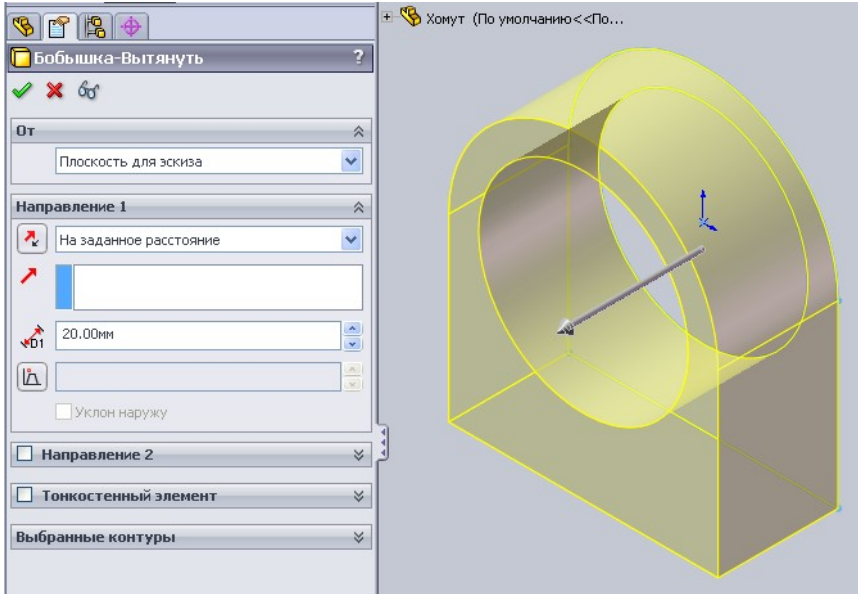


Рисунок 2.2 – Процес створення об'ємного елемента

Якщо витягування повинне проводитися на заздалегідь відому фіксовану глибину, то її слід ввести із клавіатури в поле "Глубина" в області "Направление 1" діалогового вікна "Бобышка-Вытянуть" (рис. 2.2). Клацніть на значенні глибини в цім полі й виправте наявне там значення на необхідне. Введіть значення 20.

Зверніть увагу на області "Направление 2" та "Тонкостенный элемент" (рис. 2.3), що перебувають трохи нижче основного вікна. Ці області дозволяють витягнути модель в обидва боки або побудувати тонкостінний елемент заданої товщини відповідно.

Якщо дані області згорнуті, то розгорнути їх можна, нажавши на кнопку в заголовку області. Натисніть на зелену галочку кнопки **ОК** у менеджері властивостей. У "Дерево Конструирования Эскиз1" замінено на "Бобышка-Вытянуть1".

### Редагування ескізу в контексті об'ємної деталі.

Дуже часто потрібно редагувати ескіз в контексті об'ємної деталі або навіть у контексті складання, оскільки в процесі проектування деталей і складань відбувається уточнення конфігурації об'єктів. Щоб відредагувати ескіз, клацніть правою кнопкою миші на визначенні, яке виникло від цього ескізу.

У нашому випадку цим визначенням є **"Бобышка-Вытянуть1"**. Після клацання на ньому правою кнопкою миші відкриється меню, що випадає, показане на рис. 2.4.

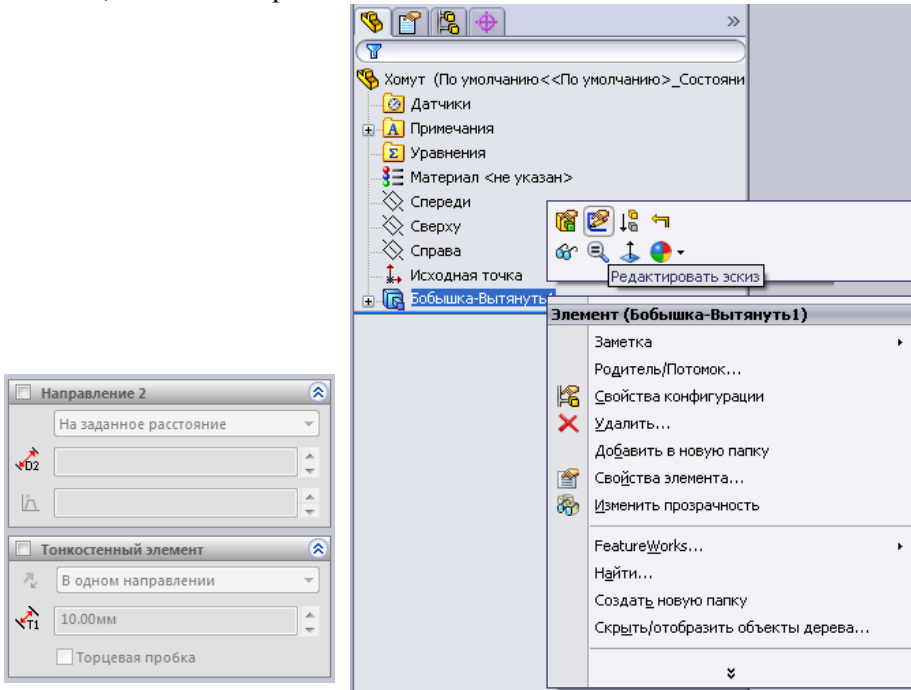


Рисунок 2.3 – Діалогове вікно вибору напрямку витягування

Рисунок 2.4 – Редагування ескізу у контекстному меню

У верхній частині меню представлені швидкі кнопки виклику команд. У меню, що випадає, виберіть мишею кнопку **"Редактировать эскиз"**. Програма перейде в режим редагування ескізу. Після зміни ескізу й завершення режиму роботи з ескізом програма перейде

в режим роботи з об'ємною деталлю. У цьому меню, що випадає, можна перейти до редагування визначення, для чого потрібно вибрати мишею кнопку **"Редактировать определение"**.

### Зумування, панорамування й поворот.

Щоб розглянути модель із різних сторін у SolidWorks, для початку натисніть на стандартній панелі **"Вид"** кнопку **"Изменить в размер экрана (F)"**. Ця команда показує модель так, щоб усі її елементи вміщалися у вікні програми (рис. 2.5).

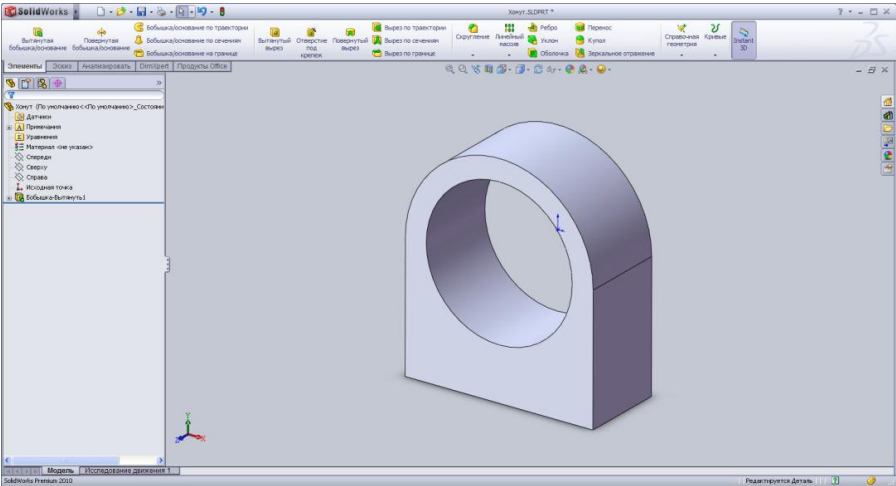


Рисунок 2.5 – Зміна розміру відображення моделі

Латинська буква або комбінація клавіш у круглих дужках у контекстній підказці, при наведенні курсору миші на кнопку означає, що дану команду можна викликати простим натисканням відповідної клавіші на клавіатурі комп'ютера. Тепер натисніть на стандартній панелі **"Вид"** кнопку **"Вращать вид"**. На екрані з'являється покажчик миші у вигляді орбітального кільця.

Натисніть ліву кнопку миші й, не відпускаючи її, переміщайте по екрану. Модель повертається відповідно до руху курсору. Розгляньте її з різних сторін. Переглянути модель із різних сторін можна також за допомогою інструментальної панелі **"Вид"** (рис. 2.6). Щоб додати який-небудь інструмент у цю панель, просто клацніть лівою кно-

пкою миші по панелі й у меню, що випадає, встановить галочки напроти тих інструментів, які ви прагнете додати в панель.



Рисунок 2.6 – Інструментальна панель меню "Вид"

Швидко відновити на екрані вихідний ізометричний вид можна, клацнувши по значках **"Стандартные виды"** та **"Изометрия"**. При використанні миші з колесом, швидке включення режиму обертання виду здійснюється простим натисканням на це колесо. Обертання ж колеса миші приведе до збільшення або зменшення масштабу зображення на екрані монітору.

### Завдання кольору моделі.

Ви можете задати колір для екранного виду моделі. Клацніть правою кнопкою миші на моделі елемента й у контекстному меню, що випадає, виберіть кнопку **"Редактировать внешний вид"**. У менеджерові властивостей відкриється діалогове вікно **"Цвет"** (рис. 2.7), за допомогою якого ви можете видалити непотрібний колір, змінити або додати новий колір елемента.

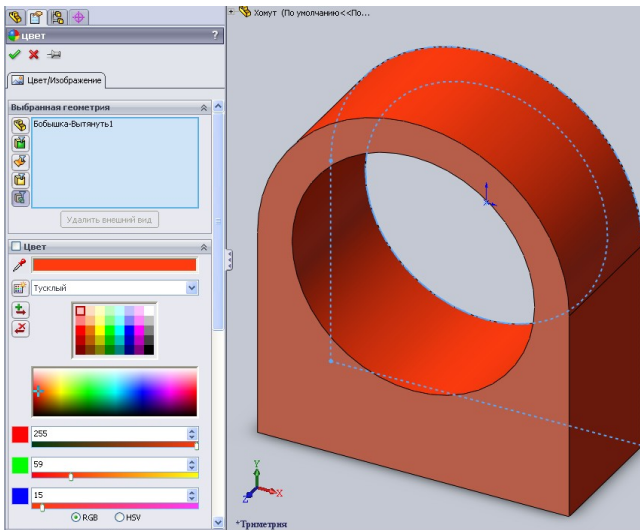


Рисунок 2.7 – Завдання кольору моделі

Аналогічним чином можна задати колір окремих граней елемента, тобто розфарбувати деталь в усі кольори веселки. За допомогою цього ж діалогового вікна можна змінити прозорість деталі.

### Вибір грані для створення прорізу.

Тепер нам потрібно створити в хомуті проріз і, видаляючи зайвий матеріал, додати деталі необхідну форму. Як і раніше, вирішимо це завдання шляхом створення ескізів та їх витягування. Натисніть мишею на вкладку , потім на кнопку "Ескиз" і наведіть курсор на передню грань деталі (рис. 2.8). Поруч із курсором повинен з'явитися жовтий квадрат.

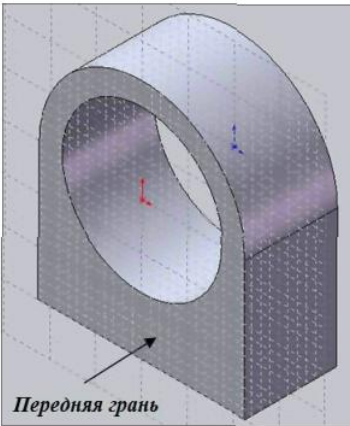


Рисунок 2.8 – Вибір грані моделі

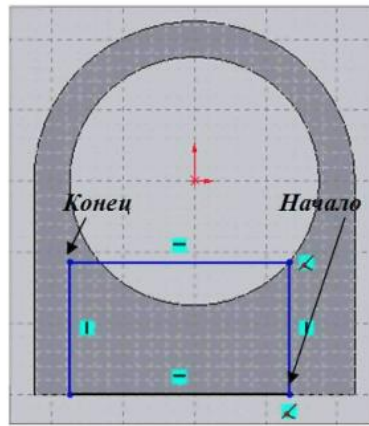


Рисунок 2.9 – Побудова прямокутника на грані деталі

Встановіть нову площину побудов, клацнувши лівою кнопкою миші на передній грані. Обрана грань змінить свій колір. На екрані, як завжди для ескізів, з'являється сітка й підсвічується набір команд роботи з ескізами. Встановимо вид ескізу в плані. Хоча взагалі-то будувати ескіз допускається при будь-якій орієнтації, простіше всього це робити, коли площина екрана сполучена із площиною побудов.

Для цього клацніть на значку "Стандартные виды", а потім у вікні, що випадає, "Перпендикулярно".

Модель повернеться, причому зробить це плавно, щоб принцип зміни виду був ясний користувачеві. Можна також натиснути кнопку "Спереди", тому що обрана грань стосовно деталі є передньою.



### Побудова ескізу прорізи

З інструментальної палітри "**Эскиз**" виберіть команду "**Прямоугольник**". Побудуйте прямокутник, як показано на рис. 2.9. Початкова точка повинна перебувати на основі деталі. Коли курсор наближається до лінії основи, з'являється символ прив'язки, це означає, що відбулося прив'язування до лінії. Клацніть у цей момент лівою кнопкою миші, і перша точка прямокутника виявиться точно на основі деталі. Для завдання протилежної неправильної кутової точки переведіть курсор ближче до окружності.

Добийтеся, щоб курсор сполучився з нею й з'явився символ прив'язки. Як тільки це відбулося, клацніть мишею. Отже прямокутник побудований, але команда все ще активна. Як і для інших команд, існують два способи її завершення: або натисніть клавішу <Esc>, або клацніть ще раз по тому ж значку прямокутника.

Якщо прив'язка ескізу до крайок не проводиться, перевірте, чи встановлений прапорець у параметра "**Разрешить привязку**" на вкладці "**Инструменты | Параметры | Настройка пользователя | Эскиз | Взаимосвязи/привязки**".

Ескіз прорізу ще не симетричний щодо осі деталі. Щоб добитися симетрії, потрібно підкоректувати ескіз. Акуратно підведіть покажчик миші до лівого верхнього кута прямокутника й, коли близько нього з'явиться зелене коло (захват кута), натисніть і не відпускайте ліву кнопку миші. Обережно потягніть кут прямокутника в напрямку до окружності. Коли з'явиться символ прив'язки, відпустіть кнопку миші. Теж саме проробіть із другим кутом (рис. 2.10).

Якщо прямокутний ескіз видається вам занадто широким, можна встановити курсор на кожну з його вертикальних сторін, натиснути кнопку й перетягнути сторону в потрібному напрямку.

Але нам відома точна ширина прорізу, тому в інструментальній панелі "**Эскиз**" виберіть команду "**Автоматическое нанесение размеров**" і нанесіть горизонтальний розмір, як показано на рис. 2.10. Для того щоб задати значення розміру, клацніть двічі на ньому й введіть число 6. Підтвердіть введення натисканням кнопки **ОК** або клавіші <Enter>. Завершіть команду простановки розмірів одним з відомих вам способів.

Як ви могли помітити, ескіз прямокутника має чорний колір, отже, він повністю визначений (рис. 2.11).

Закінчіть роботу з ескізом і встановіть ізометричний вид. Як ви

й очікували, сітка зникла. У дереві конструювання з'явився новий елемент "Ескиз2". Натисніть вкладку "Элементы", щоб вивести на екран панель команд роботи з конструктивними елементами деталей.

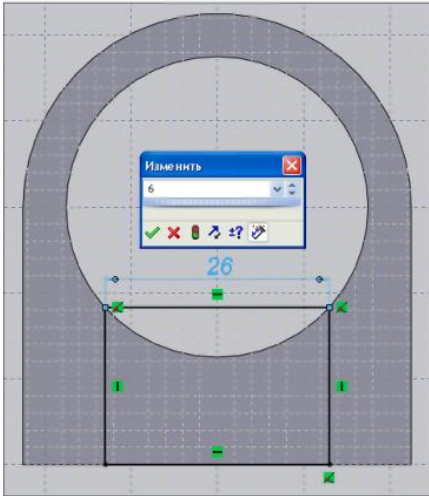


Рисунок 2.10 – Завдання розміру прямокутника

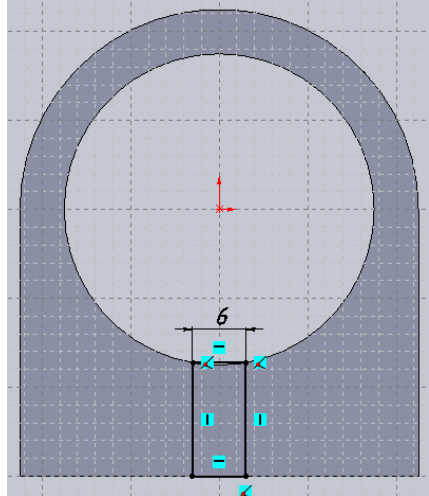


Рисунок 2.11 – Повністю визначений ескиз прямокутника

### Виконання вирізу.

Виберіть у дереві конструювання тільки що створений ескиз (він повинен бути підсвічений) і викличте команду "Вытянутый вырез" із панелі інструментів "Элементы". З'являється динамічний зразок прорізу (рис. 2.12). У розкритому списку виберіть режим "Насквозь", тому що ми прагнемо, щоб прорізь проходила через усю деталь. Виконайте вирізання, натиснувши мишею кнопку **ОК**.

### Додавання скривленого вирізу.

Сформуємо фланцеві поверхні хомути. Будувати ескиз знову будемо на передній грані деталі. Як і для попереднього ескизу, натисніть вкладку "Эскиз", а потім виконайте клацання на передній грані моделі й далі натисніть кнопку побудови ескизу. Клацніть на значках "Спереди" та "Перпендикулярно" для розміщення ескизу в плані.

Для початку побудуйте ескиз дуги. Для цього виберіть в інструментальній панелі "Эскиз" команду "Центр дуги".

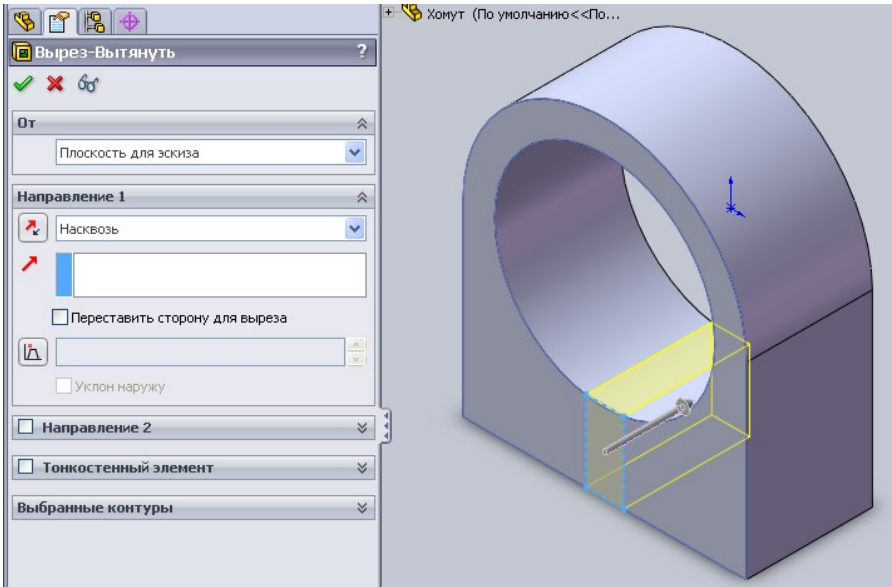


Рисунок 2.12 – Виконання вирізу

Підведіть курсор до центру отвору в моделі (повинен з'явитися символ прив'язання). Клацніть мишею. Перемістіть курсор праворуч до зовнішньої дугової поверхні, клацніть мишею й перемістіть курсор до лівої вертикальної лінії так, як показано на рис. 2.13. Знову клацніть мишею. Таким чином, ми побудували дугу, прив'язану до нашої деталі. Як бачите, дуга має чорний колір, отже, вона повністю визначена.

Далі побудуйте три відрізки: два вертикальні й один горизонтальний, як показано на рис. 2.14. Правий і нижній відрізки повинні збігатися, але із правою й нижньою сторонами нашої деталі. Лівий відрізок повинен доходити до тільки що побудованої дуги. За розмірами поки можете не стежити.

Зайвий шматок дуги й нижньої лінії відріжте, скориставшись інструментом **"Отсечь объекты"** з панелі інструментів **"Эскиз"**. Відкриється діалогове вікно **"Отсечение"** (рис. 2.15), у якому в розділі **"Параметры"** виберіть спосіб відсікання **"Отсечь до ближайшего"**. Поруч із курсором з'явиться зображення ножиців. Підведіть курсор до частини дуги, що відтинається, й клацніть мишею (рис. 2.15). Таким

чином, ми одержали замкнений ескіз. Тепер задайте довжину нижнього відрізка 10 мм. Ескіз також повинен бути повністю визначений.

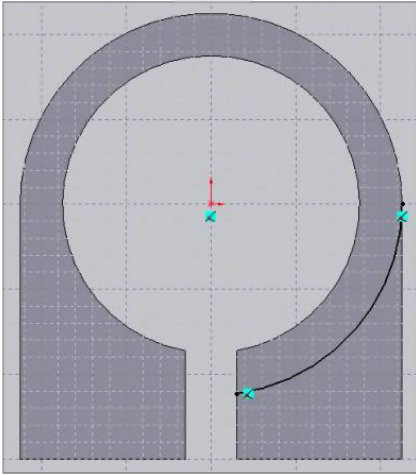


Рисунок 2.13 – Побудова кривої ескізу

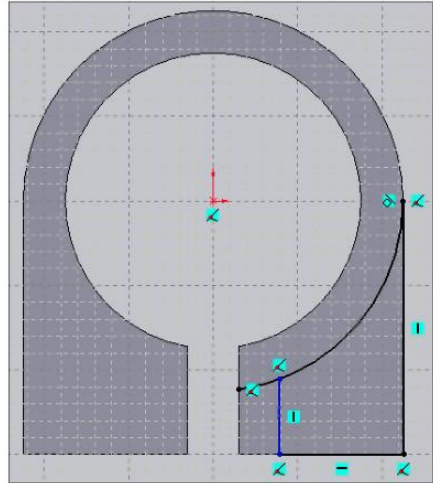


Рисунок 2.14 – Процес побудови ескізу для вирізу

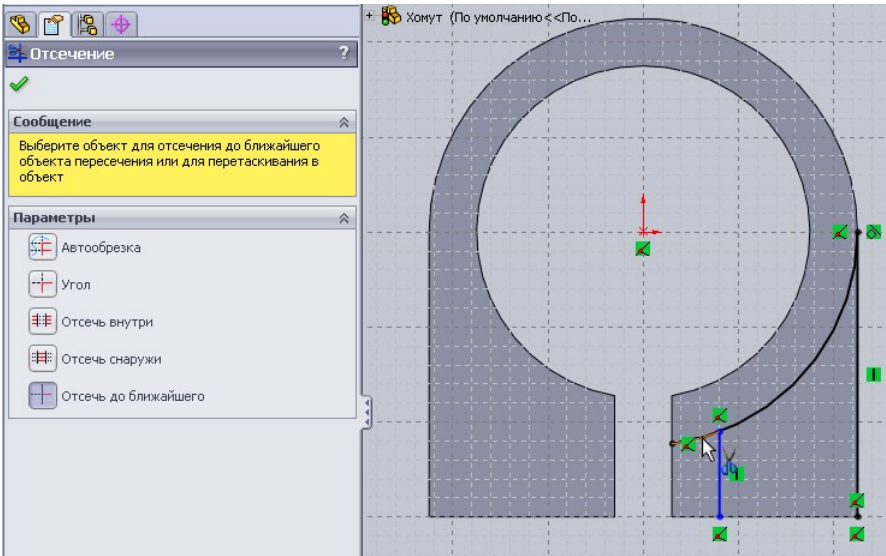


Рисунок 2.15 – Відсікання за допомогою ескізу

Якщо ескіз недовизначений, необхідно додати взаємозв'язки горизонтальності або вертикальності. Також перевірте, чи встановлені взаємозв'язки при побудові об'єктів ескізу. Для перегляду взаємозв'язків натисніть у панелі інструментів "Эскиз" кнопку "Отобразить взаимосвязи".

Взаємозв'язки також можна переглянути, клацаючи по елементах ескізу. У менеджері властивостей, зв'язки, призначені до даного елемента ескізу, відображаються в списку "Существующие взаимосвязи". Крім того, необхідно переконатися, що отриманий ескіз має замкнений контур, інакше ми не зможемо побудувати правильний виріз. Далі нам необхідно створити дзеркальну копію нашого ескізу на лівій стороні деталі. Для чого за допомогою команди "Осевая линия" з панелі інструментів "Эскиз" створіть вертикальну осьову лінію, що проходить через центр хомута.

Тепер, щоб дзеркально відбити ескіз щодо осьової лінії на ліву половину хомута, викличте в панелі інструментів "Эскиз" команду "Зеркально отразить объекты". Результат дзеркального відбиття представлений на рис. 2.16. Зверніть увагу, що лівий контур, так само як і правий, повністю визначений.

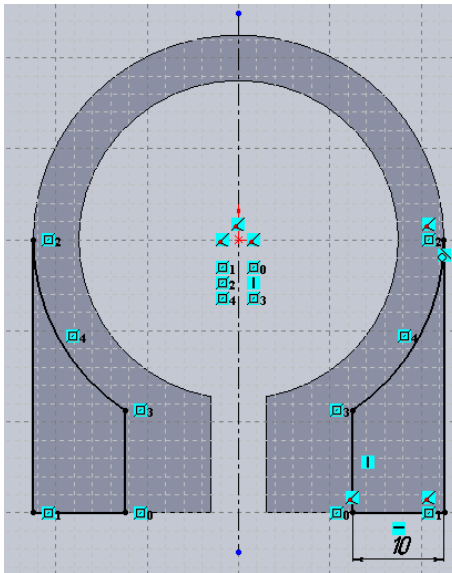


Рисунок 2.16 – Дзеркальна побудова ескізу

Додайте округлення на лівій половинці ескизу. Скористайтеся командою **"Скругление"** інструментальної панелі **"Эскиз"**. В менеджері властивостей, діалоговому вікні **"Скругление"** введіть число 10 - радіус округлення й виберіть два елементи ескизу, між якими ми прагнемо побудувати сполучення.

У результаті ви повинні одержати на екрані те, що показано на рис. 2.17. Після побудови округлення натисніть кнопку ОК.

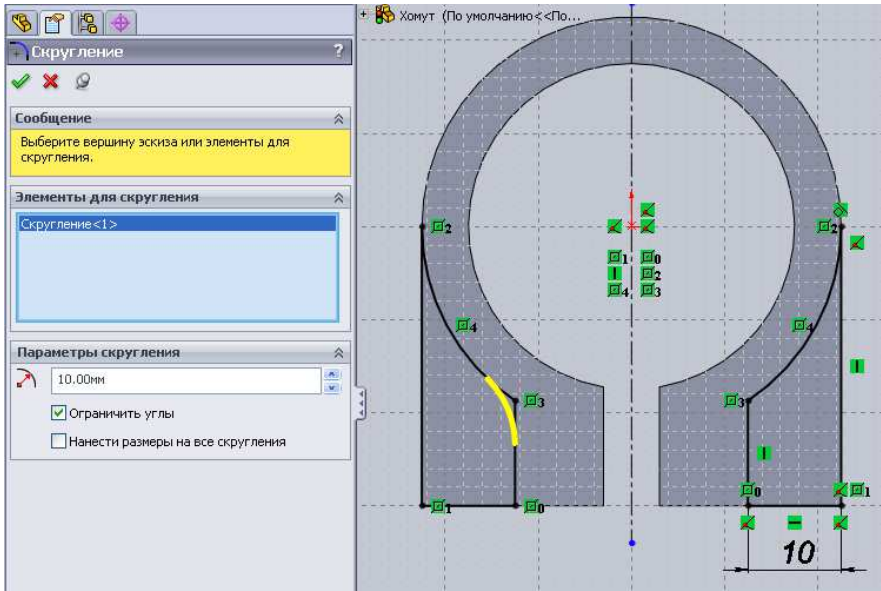


Рисунок 2.17 – Побудова округлень

Тепер закінчіть ескиз, натиснувши кнопку **"Выход из эскиза"**, і встановіть ізометричний вид за допомогою кнопок на панелі **"Стандартные виды"**. І, нарешті, зробіть скривлений виріз хомута. Для цього з панелі інструментів **"Элементы"** викличте команду **"Вытянутый вырез"**. Задайте параметри аналогічні параметрам прямокутного вирізу. Клацніть кнопку **ОК**. У результаті ви повинні одержати деталь, зображену на рис. 2.18.

### Побудова сполучень і фасок.

Округлимо ребра нашого хомута з передньої й задньої сторони. Для цього натисніть на панелі інструментів **"Элементы"** кнопку

"Скругление". У менеджері властивостей з'являється діалогові вікна "Скругление" або **FilletXpert**, показані на рис. 2.19. Яке із цих двох вікон з'явиться, залежить від того, яким вікном користувалися востаннє.

За допомогою інструмента "Скругление" можна управляти округленням на рівні елемента (грані або крайки) з постійним або змінним радіусом. Щоб скористатися інструментом "Скругление" в діалоговому вікні **FilletXpert**, необхідно натиснути кнопку "Вручную". Інструмент **FilletXpert** використовується для керування, організації й переупорядкування округлень тільки постійного радіуса. Щоб скористатися інструментом **FilletXpert** у діалоговому вікні "Скругление", необхідно нажати кнопку **FilletXpert**.

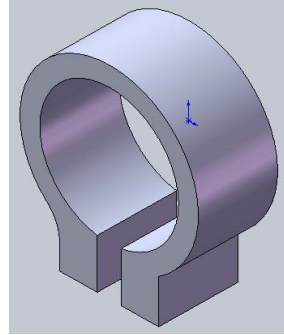


Рисунок 2.18 – Кінцевий вигляд побудованої деталі Хомут

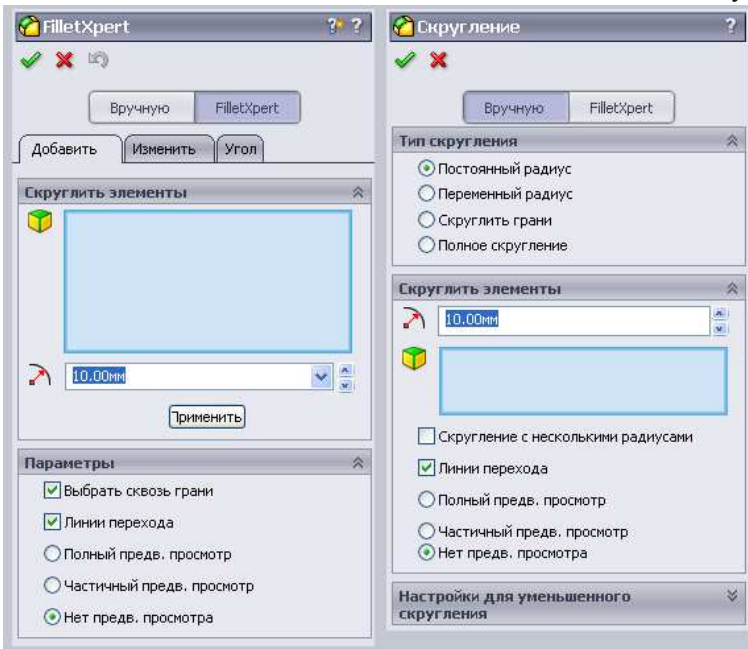


Рисунок 2.19 – Діалогові вікна округлення

Скористаємося інструментом **FilletXpert** і округлимо крайки, окаймляючи передню й задню грані деталі (рис. 2.20). У діалоговому вікні **FilletXpert** клацніть мишею у вікні "**Скруглить элементы**" й потім вкажіть передню й задню грані деталі. Імена зазначених граней повинні відобразитися в цьому вікні (рис. 2.21).

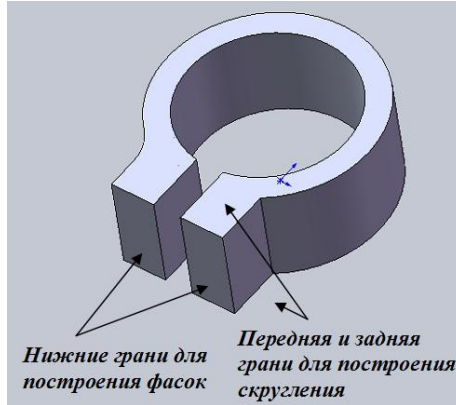


Рисунок 2.20 – Використання інструмента FilletXpert

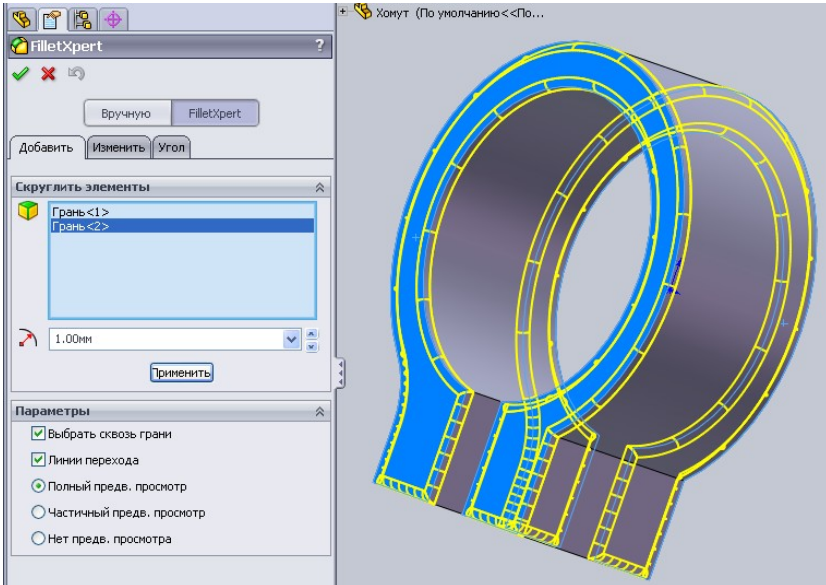


Рисунок 2.21 – Діалогове вікно FilletXpert



Якщо в процесі вибору ви випадково клацнули по якій-небудь крайці, то скасувати вибір крайки можна, виділивши її у вікні "Скруглить элементы" й натиснувши клавішу <Delete>.

Далі в списку, що розкривається, "Радиус" вкажіть розмір скруглення 1 мм і натисніть кнопку "Применить". Якщо все зроблено правильно, то натисніть кнопку ОК, і у вас повинна підключитися деталь, показана на рис. 2.22.

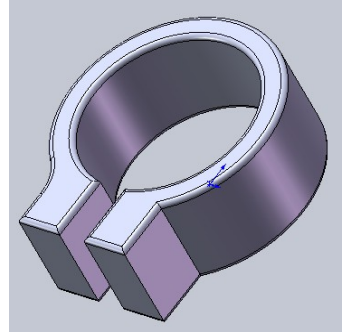


Рисунок 2.22 – Кінцевий вигляд деталі з округленими поверхнями

### Побудова фасок.

Аналогічно побудуємо фаски на нижніх гранях деталі (рис. 2.20). Для цього натисніть на панелі інструментів "Элементы" кнопку "Фаска". У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно "Фаска" (рис. 2.23). Укажіть у полі "Расстояние" розмір фаски 0,25 мм. Тепер виберіть обидві нижні грані для побудови фасок.

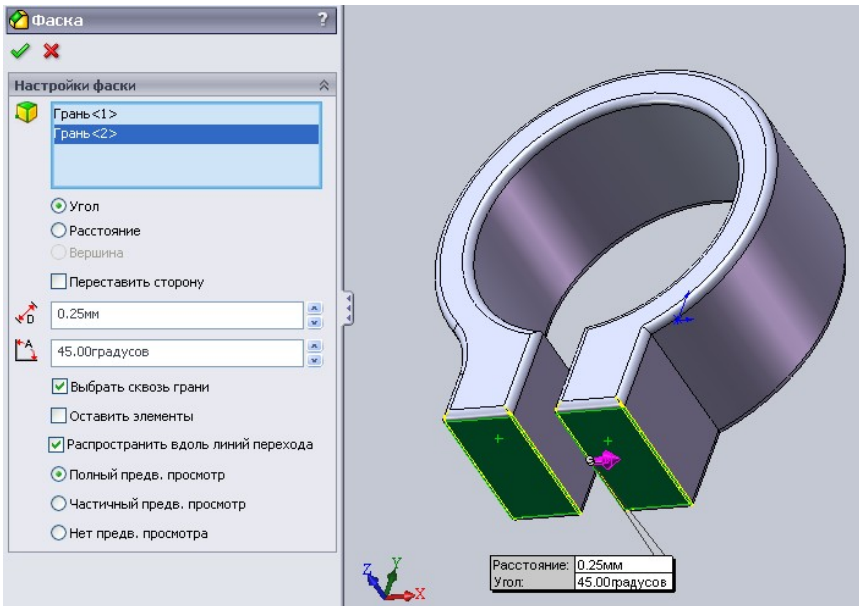


Рисунок 2.23 – Діалогове вікно побудови фасок

Потім натисніть мишею кнопку **ОК**, і в результаті до цих граней будуть додані фаски. Після зроблених побудов у дереві конструювання будуть додані нові елементи: **"Скругление1"** і **"Фаска1"**.

### Побудова ескізу стяжного отвору.

У фланцях хомута необхідно створити отвори під стяжною болтів. Для побудови їх ескізу найкраще підходить вертикальна поверхня правого фланцю. Крім вертикальних поверхонь деталі можна використовувати паралельні допоміжні площини, наприклад площину **"Справа"**. У панелі інструментів **"Вид"** натисніть кнопку **"Врацать вид"** і поверніть модель так, як показано на рис. 2.24.

Побудуйте новий ескіз на поверхні правого фланця (див. окружність на рис. 2.24). Для цього клацніть по вкладці ескіз, укажіть грань правого фланця й натисніть кнопку ескіз у панелі інструментів ескіз. Далі клацніть мишею по кнопці **"Стандартные виды"** й потім - **"Справа"**, і модель повернеться до вас правим боком.

Виберіть у панелі інструментів **"Эскиз"** команду отрисовки окружності **"Окружность"** і побудуйте на цьому фланці окружність. Далі викличте команду проставлення розмірів **"Автоматическое нанесение размеров"** і поставте три розміри так, як вказано на рис. 2.25. Ескіз буде повністю визначений. Завершіть побудову ескізу, нажавши кнопку **"Выход из эскиза"**, і виберіть ізометричний вид.

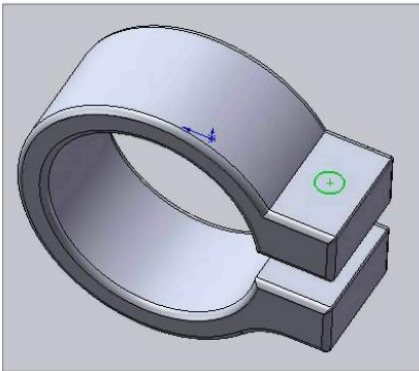


Рисунок 2.24 – Побудова нового ескізу на поверхні деталі

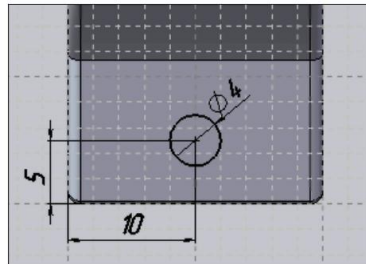


Рисунок 2.25 – Визначення розмірів ескізу

### Створення отвору.

Виділіть мишею тільки що побудований ескіз і викличте з пане-

лі інструментів "Элементы" команду "Вытянутый вырез" для вирі-  
зання отвору. Задайте мишею напрямок для вирізу й у діалоговому  
вікні "Вырез-Вытянуть" встановіть в полі "Граничное условие"  
замість розміру вирізу режим "Насквозь" (рис. 2.26).

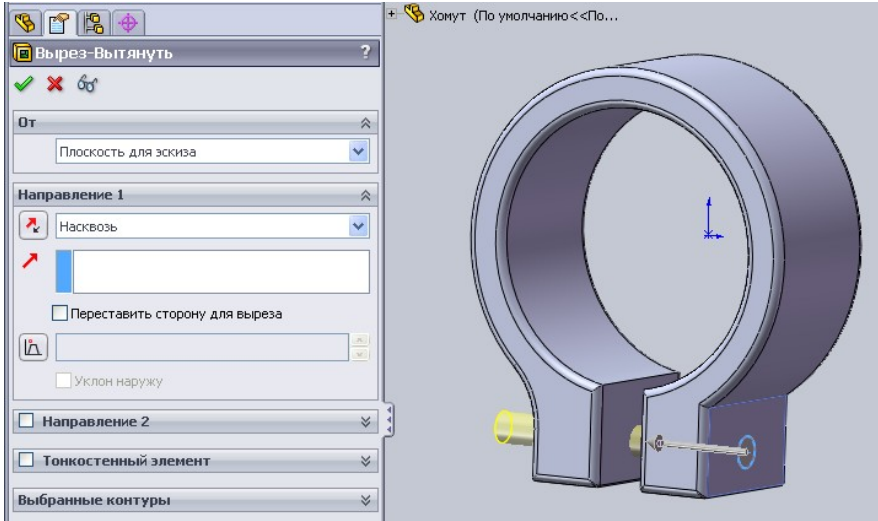


Рисунок 2.26 – Створення отвору

Клацніть по кнопці **ОК**. У ре-  
зультаті ви повинні одержати деталь,  
показану на рис. 2.27. На останок по-  
будуємо умовне зображення різьби  
на створеному отворі. Для цього ви-  
діліть клацанням миші праву крайку  
нашого отвору. Постарайтеся виділи-  
ти саме крайку, а не грань. Обрана  
крайка повинна підсвітитися. При  
цьому курсор повинен прийняти від-  
повідний вид. Далі виберіть команду  
**"Вставка | Примечания | Условное  
изображение резьбы"**.

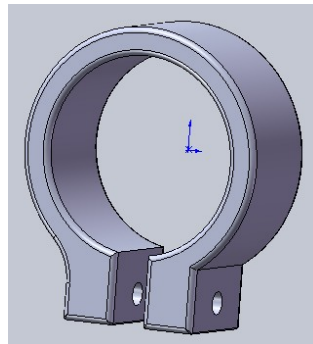


Рисунок 2.27 – Створені отвори  
в деталі

Якщо цей пункт недоступний, виходить, ви неправильно вибра-  
ли крайку отвору. Спробуйте ще раз. Якщо крайка обрана правильно,  
з'явиться діалогове вікно, показане на рис. 2.28. Встановіть параметри,

зазначені у вікні, і натисніть кнопку **ОК**.

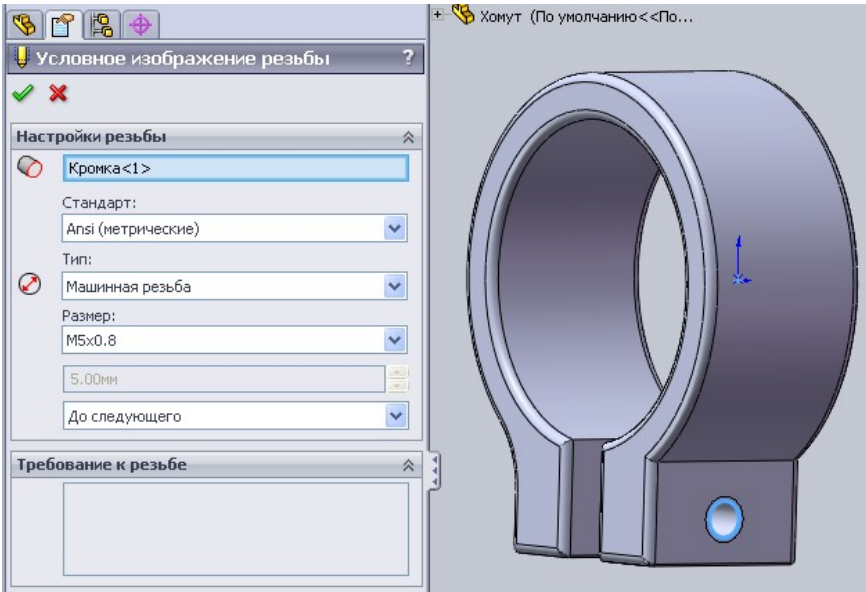


Рисунок 2.28 – Диалогове вікно "Условные изображения резьбы"

Якщо різьблення в отворі хомути не відобразилася, то перевірте, чи встановлені прапорці в параметрах **"Условные изображения резьбы"** та **"Закрашенные условные изображения резьбы"**, розташовані у меню: **"Инструменты | Параметры | Свойства документа | Оформление | Отобразить фильтр"** (рис. 2.29).

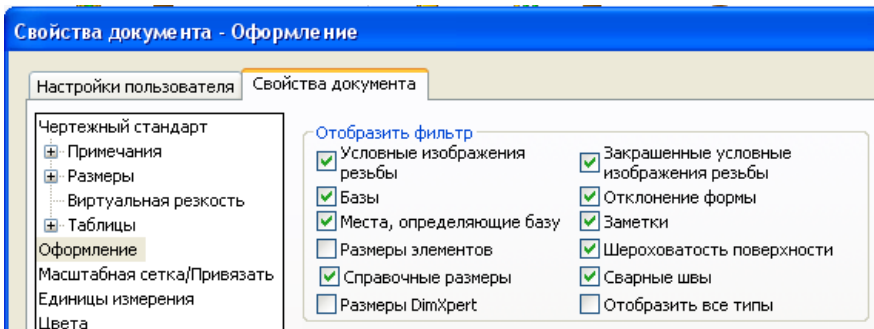


Рисунок 2.29 – Вибір параметрів відображення різьби

Гляньте на вікно дерева конструювання (рис. 2.30). Тепер воно заповнене різними елементами, що відбивають увесь процес формування моделі.

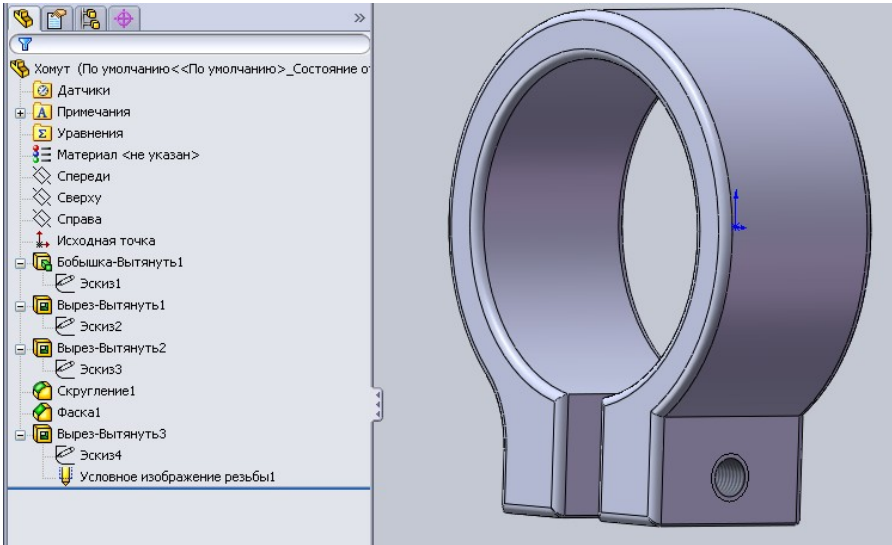


Рисунок 2.30 – Вікно "Дерево Конструювання"

При установці курсору на який-небудь запис у дереві конструювання програма підсвічує відповідний елемент у графічній області. За допомогою дерева конструювання можна також редагувати модель, клацнувши правою кнопкою миші на необхідному елементі й вибравши в контекстному меню пункт **"Редактировать определение"** або **"Редактировать эскиз"**.

Після редагування елементів або ескизу модель автоматично перестроїться. Якщо перестроювання з якої-небудь причини не відбулося, натисніть кнопку **"Перестроить (Ctrl+B)"**.

### **Збереження деталі.**

Конструювання фіксуючого хомута успішно завершено. Збережіть його, натиснувши в панелі інструментів **"Стандартная"** кнопку **"Сохранить"**.

### **Деталі типу тіл обертання.**

У машинобудуванні є деталі, які виготовляються методом обертання: на токарському верстаті, відцентровим литтям і т.п. Як правило, це циліндричні деталі або деталі, що мають вісь обертання.

В SolidWorks є засоби для більш зручної побудови тривимірних моделей деталей типу тіл обертання, хоча їх можна побудувати, використовуючи тільки спосіб призматичного витягування й вирізання.

Ці засоби дозволяють більш швидко й ефективно проектувати такі деталі, і при цьому дерево конструювання виходить більш компактним. Повернуті елементи додають або видаляють матеріал шляхом повороту одного або декількох профілів навколо осьової лінії або якої-небудь іншої лінії обертання.

Оскільки деталі типу тіл обертання виготовляються переважно способом обертання, то й тривимірні моделі таких деталей ми будемо будувати також обертанням контуру ескізу навколо якоїсь осьової лінії, яку необхідно задавати в ескізі.

При проектуванні в SolidWorks таких деталей, необхідно ретельно продумати, які елементи деталі ви повинні одержати шляхом обертання, а які - шляхом призматичного витягування, і визначити послідовність дій. Тому що наступні ескізи будуються на основі витягування або вирізання побудов з попередніх, може створитися ситуація, коли не можна буде поміняти порядок побудови елементів деталі й проектування прийде починати спочатку.

Розглянемо на прикладі проектування циліндричного поршня метод витягування тіл обертання. Для простоти викладу матеріалу не будемо затримуватися на повному визначенні ескізів, оскільки тепер ви вже знаєте, як це робиться.

### **Побудова контуру тіла обертання.**

Побудуємо новий ескіз контуру поршня на робочій площині "Спереди" з дерева конструювання. Спочатку побудуємо вертикально осьову лінію, а потім замкнений контур так, як показано на рис. 2.31. Верхня дуга вибудована із використанням команди "Дуга" через 3 точки з панелі інструментів "Ескіз".

Щоб усе було зрозуміло а сам процес побудови поршня був би більш осмисленим, відразу пояснимо, що ми на цьому ескізі зобразили бічну поверхню й днище поршня (дуга описує криволінійну поверхню днища).

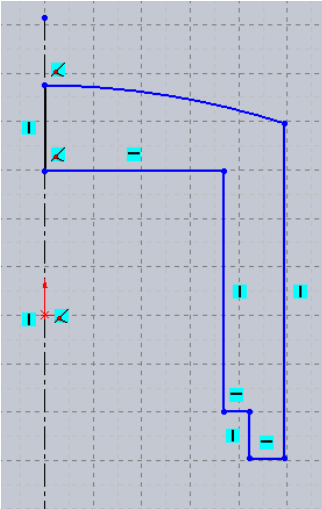


Рисунок 2.31 – Ескіз для побудови тіла обертання

### Побудова тіла обертання.

Тепер вийдемо з режиму побудови ескізу й виконаємо аналог витягування, обертанням нашого контуру навколо осьової лінії. Натисніть вкладку "Элементы" й потім кнопку "Повернутая бобышка/основание". У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно "Повернуть". Оскільки ми побудували тільки одну осьову лінію й один контур, програма автоматично їх прийняла й повернула наш контур за замовчуванням на 360 градусів (рис. 2.32). Для зручності подальших побудов усередині поршня змінимо значення параметра "Угол" з 360 на 180 градусів, тобто одержимо половину поршня так, як показано на рис. 2.33. Натисніть кнопку **ОК**.

Не хвилюйтеся, що поршень у нас поки не цілий. Після всіх необхідних побудов ми повернемо йому необхідний вид.

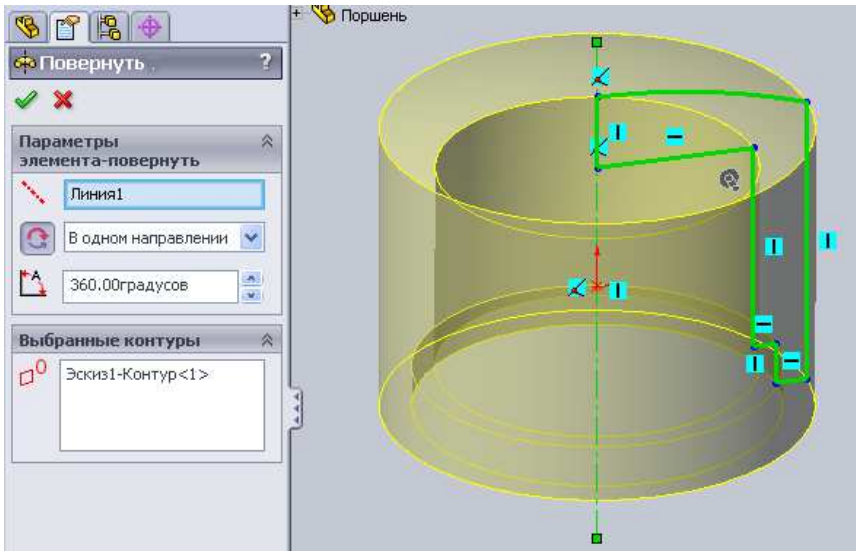


Рисунок 2.32 – Процес побудови тіла обертання

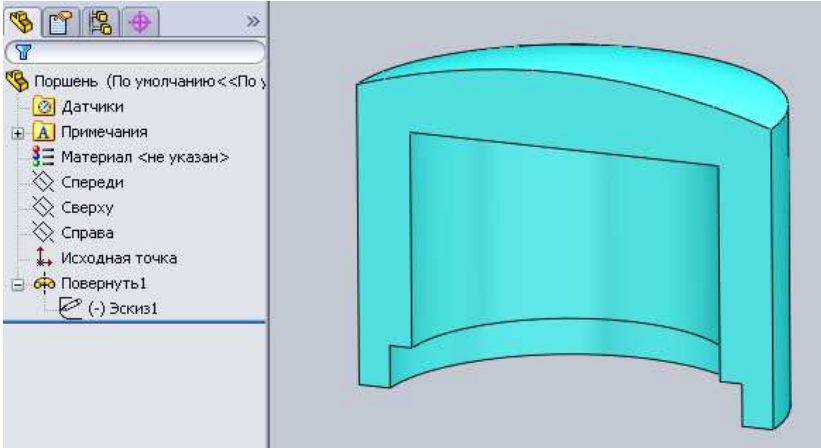


Рисунок 2.33 – Побудова половини поршня

### Вирізання обертанням.

Тепер виріжемо в побудованому поршні канавки під поршневі кільця. Для цього як площини для побудови ескизу знову виберіть площину "Спереди". У новій площині побудов намалюйте наступний ескиз: два прямокутника на одній зі сторін поршня (рис. 2.34).

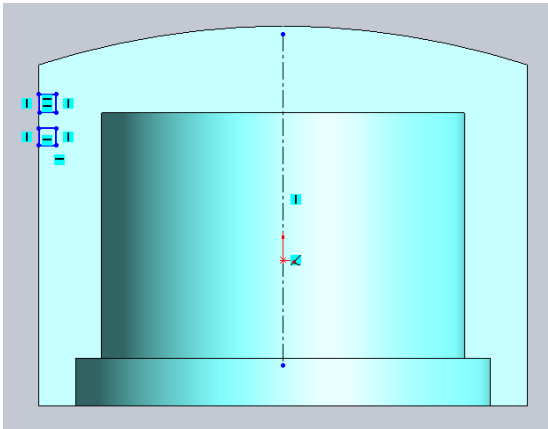


Рисунок 2.34 – Вирізання канавок під поршневі кільця

Не забудьте провести осьову лінію, щодо якої будете проводити



круговий виріз обертанням, і скасуєте всі прив'язки.

Зверніть ще раз увагу на те, що ми ескізи поки повністю не визначаємо. У процесі справжньої роботи рекомендуємо вам це робити. Ескіз готовий. Закінчить роботу з ним, нажавши кнопку **"Выход из эскиза"**. Потім натисніть на вкладку **"Элементы"** й виберіть команду **"Повернутый вырез"**.

У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **"Вырез-Повернуть"**, у якому залишіть кут у 360 градусів. Програма також за замовчуванням прийняла наш ескіз та осьову лінію. Натисніть кнопку **ОК**. У результаті повинна вийти модель, показана на рис. 2.35.

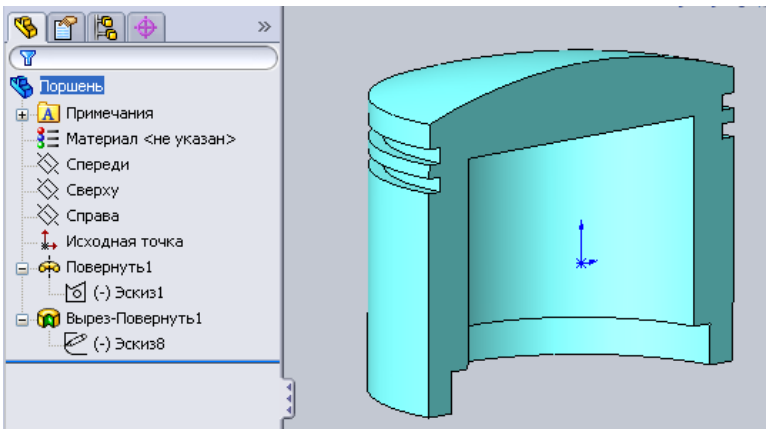


Рисунок 2.35 – Використання команди "Повернутый вырез"

Якщо при виборі команди **"Повернутый вырез"** у дереві конструювання не був обраний ескіз для вирізу, програма відкриє вікно **"Повернуть"** із повідомленням про те, що необхідно вибрати площину або ескіз, а поруч із курсором з'явиться зелений квадрат. У цьому випадку необхідно відкрити **"Дерево Конструирования"**, яке в цей момент переміщується в область побудов, і вказати необхідний ескіз. Ухвалюючи ескіз, програма виконає повернений виріз.

### Додавання елементів простим витягуванням

Додамо в нашу деталь бобишки поршня, у яких кріпиться поршневий палець для з'єднання із шатуном. Для цього на площині **"Справа"** у дереві конструювання побудуємо новий ескіз. Ця площина

на проходить через початок координат і через середину поршня. Ескіз побудуйте так, як показано на рис. 2.36.

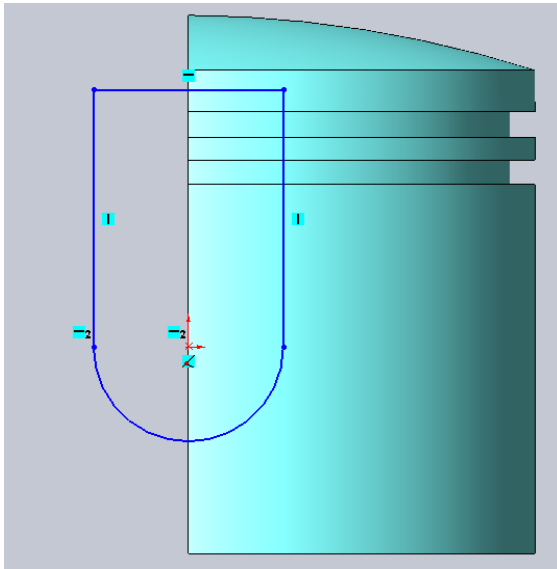


Рисунок 2.36 – Додавання ескізу

Зверніть увагу, що частина ескізу начебто "висить" у повітрі - це не помилка: у цей момент ми ведемо побудову на половині поршня, а коли закінчимо всі побудови й придамо деталі цілісний вид, то все буде нормально.

Після побудови ескізу вийдіть із режиму малювання ескізів і виберіть команду **"Вытянутая бобышка/основание"** з панелі інструментів **"Элементы"**. У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно **"Бобышка-Вытянуть"**. В області **"Направление 1"** змініть параметр **"Реверс направления"** на значення **"До поверхности"** вкажіть внутрішню грань поршня (поруч із курсором з'явиться зелений квадрат). Для зручності вказівки грані користуйтеся обертанням деталі.

Аналогічні параметри задайте й в області **"Направление 2"**, попередньо встановивши прапорець у лівому верхньому куті області. У результаті у вас повинна бути створена деталь, показана на рис. 2.37. Після натискання кнопки **ОК** у поршень додасться матеріал, у

якому можна буде закріпити поршневий палець.

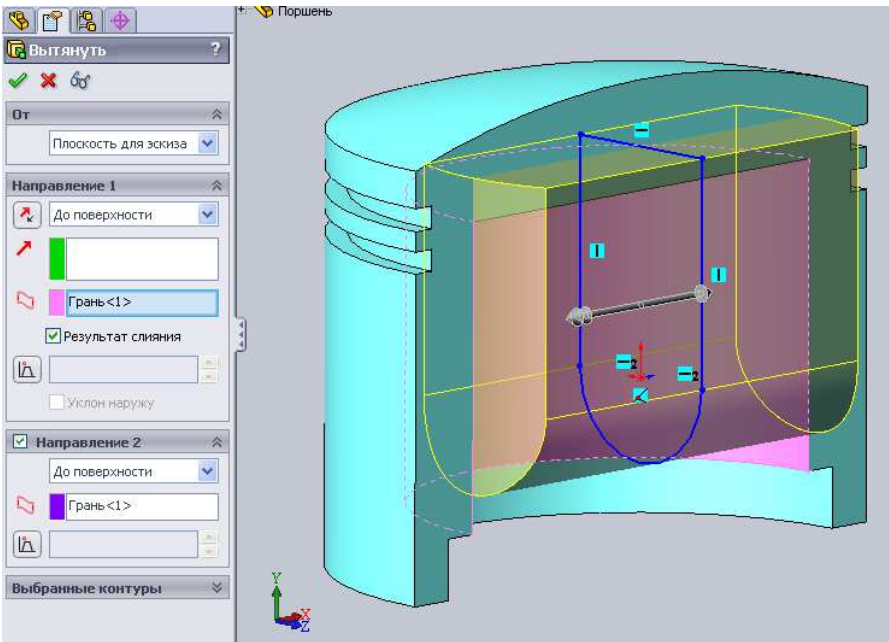


Рисунок 2.37 – Додавання елемента

### Видалення матеріалу простим вирізанням

Тепер вилучимо матеріал у тому місці, де повинен рухатися шатун. Знову на стандартній площині "Справа" у дереві конструювання побудуйте новий ескіз прямокутника, який по розмірах був би ледве більше наших бобишек, але не виходив би за межі поршня (рис. 2.38).

Для того щоб було зручніше орієнтуватися усередині деталі, можна встановити режим "Каркасное представление" з панелі інструментів "Вид", в якому відображаються невидимі лінії. У будь-який момент ви можете перейти в режим "Закрасить".

Завершіть роботу з ескізом і вилучіть зайвий матеріал. Для цього виберіть команду "Вытянутый вырез" для тільки що побудованого ескізу.

Зафарбуйте деталь за допомогою команди "Закрасить" й поверніть її так, щоб був видний напрямок витягування. З'явиться одинарна стрілка вліво (рис. 2.39), за яку потрібно потягнути мишею, але так,

щоб елемент що витягається, не доходив до грані поршня.

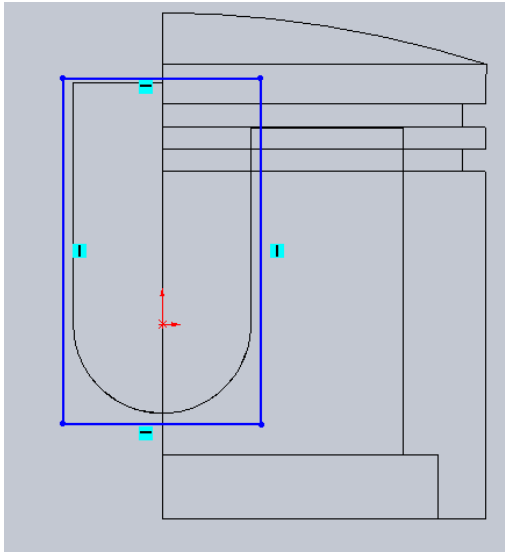


Рисунок 2.38 – Побудова ескізу для видалення матеріалу

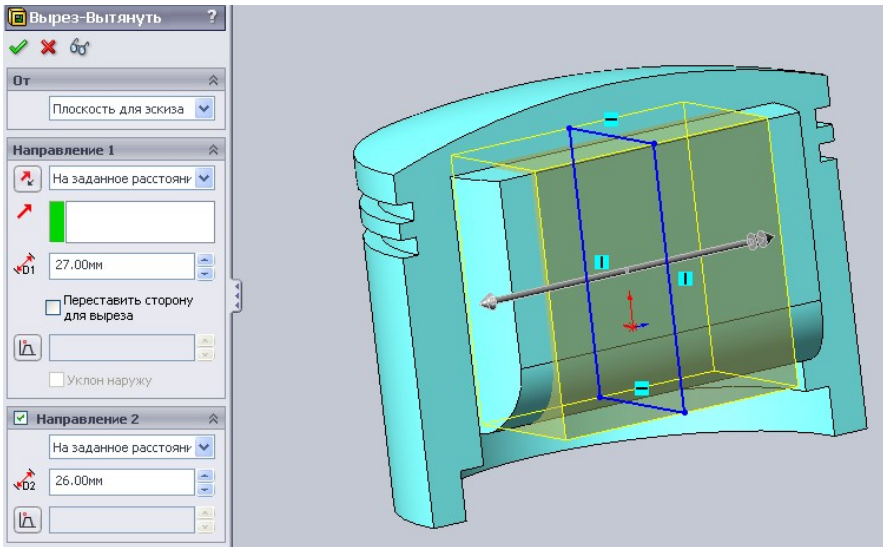


Рисунок 2.39 – Видалення матеріалу вирізанням

Потім потрібно в діалоговому вікні "**Вирез-Витянуть**" встановити прапорець в області "**Направление 2**" і потягнути мишею за подвійну стрілку, що з'явилася, у протилежному напрямку, також не доходячи до грані поршня. Оскільки в нас розміри поршня не задані, немає необхідності точно витримувати відстані до його граней.

Натисніть кнопку **ОК** і ви одержите призматичний виріз у бобишках поршня (рис. 2.40).

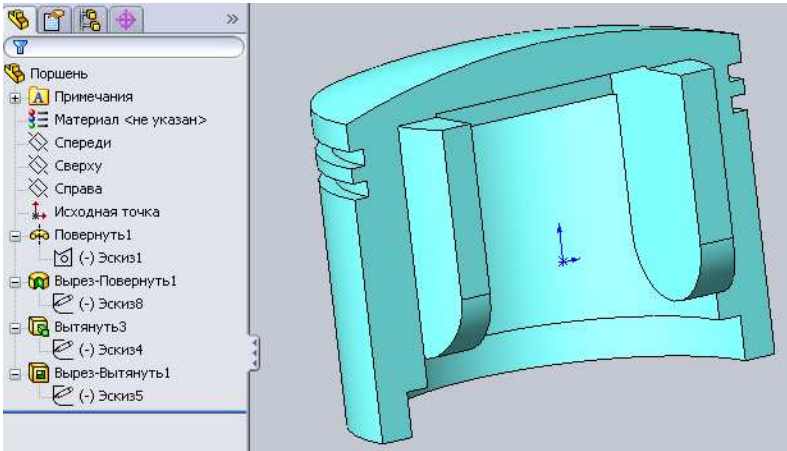


Рисунок 2.40 – Побудований призматичний виріз

Нам залишилося ще зробити отвір у бобишках поршня для установки поршневого пальця. Для цього у якості ескізної площини виберіть одну з торцевих граней бобишек (хоча можна скористатися й відомою вже стандартною площиною "**Справа**").

Намалюйте ескіз окружності так, як показано на рис. 2.41. Для зручності побудови ескізу можна включити режим каркасного представлення виду, й розмістити ескіз у площині екрана, нажавши кнопку "**Перпендикулярно**". Тепер побудуйте отвір, що проходить крізь усе тіло нашої деталі.

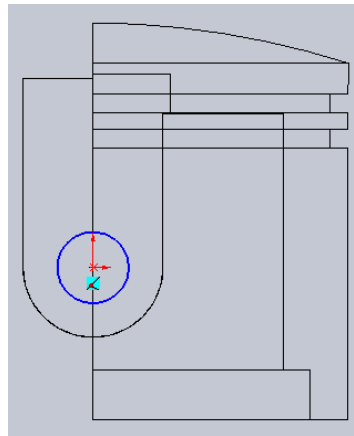


Рисунок 2.41 – Побудова ескізу отвору

Із цією метою закрийте побудований ескіз окружності й викличте знову команду "**Вытянутый вырез**".

У менеджері властивостей, у діалоговому вікні "**Вырез-Вытянуть**" в області "**Направление 1**" у параметра "**Граничное условие**" (поруч із параметром "**Реверс направления**") встановіть значення "**Насквозь**" (рис. 2.42). Далі встановіть прапорець в області "**Направление 2**" і значення "**Насквозь**". Натисніть кнопку **ОК** і ви одержите деталь, показану на рис. 2.43. Деталь готова, залишилося тільки зробити її "цільною".

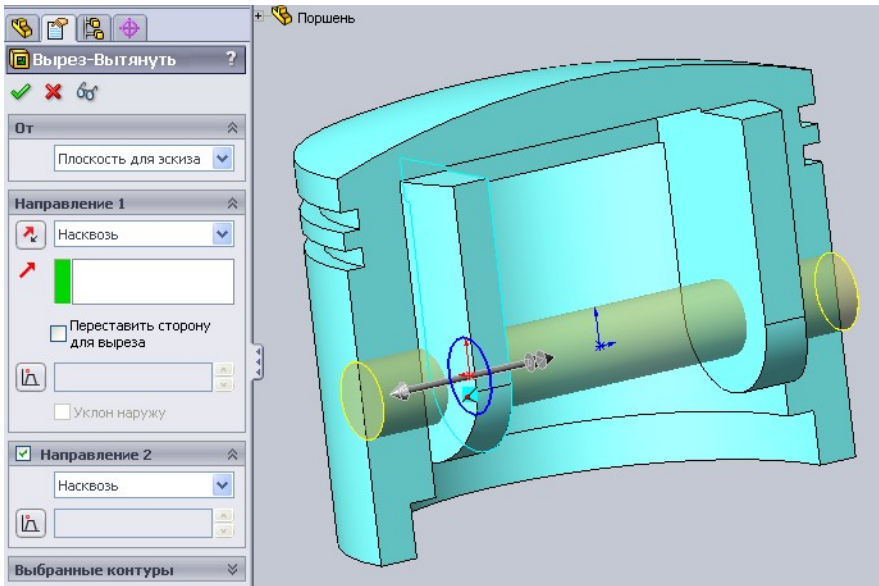


Рисунок 2.42 – Побудова наскрізного отвору

### Редагування визначення.

Для того щоб поршень був заповнений матеріалом по всій окружності, необхідно відредагувати ту дію, у якій ми проробили видавлювання обертанням. У дереві конструювання ми можемо підсвічувати ті крайки, які були отримані дією й на які вказує курсор у цей момент. Зараз нам потрібно відредагувати дію "**Повернуть1**".

Наведіть курсор на неї й натисніть праву кнопку миші. У контекстному меню виберіть кнопку "**Редактировать определение**". У діалоговому вікні менеджера властивостей, "**Повернуть1**" замініть

значення 180 на 360 градусів. Натисніть кнопку **ОК** і ви одержите готовий поршень (рис. 2.44). Збережіть його, натиснувши в панелі інструментів "Стандартная" кнопку "Сохранить" й задавши ім'я деталі "Поршень.sldprt".

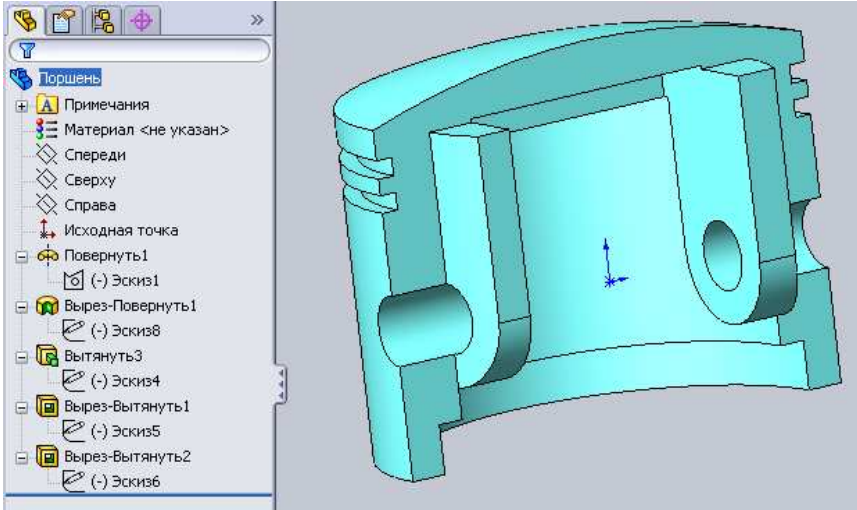


Рисунок 2.43 – Побудований отвір

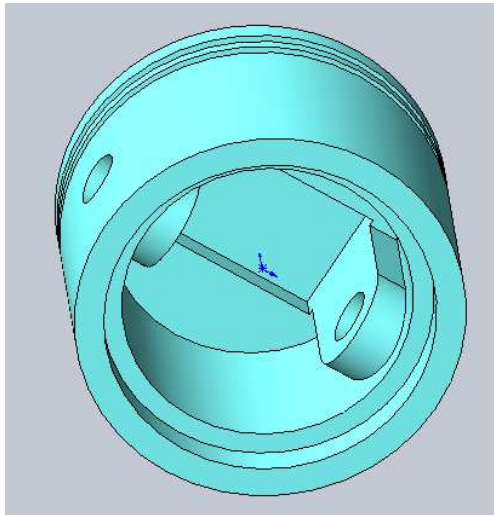


Рисунок 2.44 - Готова деталь

### **Контрольні запитання**

1. У чому переваги тривимірного моделювання перед пласким?
2. Які аксонометричні проекції Ви знаєте?
3. Які існують методи тривимірного проектування?
4. Які варіанти відображення деталі можна використати в SolidWorks?
5. У чому переваги і недоліки кожного варіанта відображення?
6. Як виконується побудова сполучень і фасок?

### **Література**

[1], с.55-97; [2], с.34-37, 41-46, 48-52, 93-97.



## РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

### Основна

1. Дударева Н. Ю., Загайко С. А. Самоучитель SolidWorks 2010. СПб. : БХВ-Петербург, 2011. 416 с.

### Додаткова

2. Потемкин А. Е. Трехмерное твердотельное моделирование. М. : КомпьютерПресс, 2002. 296 с.
3. Потемкин А. Е. Инженерная графика. Просто и доступно. М. : Лори, 2000. 285 с.
4. Практикум по черчению (Геометрическое и проекционное черчение). Учебн. пособие для студентов пед. ин-тов по спец. № 2109 "Черчение, рисование и труд" / под ред. Е. А. Василенко. М. : Просвещение, 1982. 175 с.
5. Федоренко В. А., Шошин А. И. Справочник по машиностроительному черчению. Л. : Машиностроение, 1981. 365 с.
6. Брилинг Н. С., Балягин С. Н. Черчение: Справочное пособие. М. : Стройиздат, 1994. 300 с.
7. Карточки задания по черчению для 8-го класса. М. : Просвещение, 1990. 120 с.
8. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение. М. : Высш. шк., 1988. 220 с.
9. Машиностроительное черчение с элементами конструирования / под ред. И. А. Ройтмана. Минск : Вышшая школа, 1977. 216 с.
10. Справочное руководство по черчению. М. : Машиностроение, 1989. 285 с.

### Інформаційні ресурси

11. Описание САПР. URL: <http://seniga.ru/sapr.html> (дата звернення: 10.12.2018)
12. АСКОН - комплексные решения для автоматизации инженерной деятельности и управления производством. CAD/AEC/PLM. URL: <https://ascon.ru/products/7/review/>. (дата звернення: 23.09.2018)
13. Система NX (колишня назва - Unigraphics) компанії Siemens. URL: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/ru/products/nx/>. (да-

- та звернення: 23.09.2018)
14. Система CATIA. URL: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>. (дата звернення: 23.09.2018)
  15. Система SolidWorks. URL: <https://www.SolidWorks.com>. (дата звернення: 23.09.2018)
  16. Welcom to ANSYS, Inc. – Corporate Homepage. URL: <https://www.ansys.com>. (дата звернення: 23.09.2018)
  17. Система PTC Creo Elements/Pro (колишня назва Pro/ENGINEER) компанії PTC (Parametric Technology Corporation). URL: <https://www.ptc.com/en/industries/automotive>. (дата звернення: 23.09.2018)
  18. Система T-FLEX. URL: <http://www.tflex.ru/>. (дата звернення: 23.09.2018)
  19. Система Autodesk Inventor. URL: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>. (дата звернення: 23.09.2018)
  20. Система AutoCAD URL: <https://www.autodesk.com/products/autocad/overview>. (дата звернення: 23.09.2018)
  21. Система Solidedge компанії Siemens. URL: <https://solidedge.siemens.com/ru/>. (дата звернення: 23.09.2018)