

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО»

**ПАРАМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

**Комп'ютерний практикум з дисципліни
«Наукові дослідження у сучасних програмних середовищах та 3D-
моделювання»**

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої
освіти за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 10.04.2025 р.)

Укладачі: Баранюк Олександр Володимирович
Рачинський Артур Юрійович

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2025

Рецензент:

Аушева Наталія Миколаївна, проф. докт. техн. наук, проф., кафедри ЦТЕ,
НН ІАТЕ, «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Відповідальний редактор:

Фуртат Ірина Едуардівна, доц., канд. техн. наук, доц., кафедри ТАЕ, НН
ІАТЕ, «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 10 квітня 2025 р.)
за поданням Вченої ради НН ІАТЕ
(протокол № 10 від 31 березня 2025 р.)*

Метою навчального посібника є формування у студентів знань і умінь, що необхідні для використання програмного комплексу проектування SolidWorks.

Цей комплекс побудований на базі платформи Dassault Systèmes 3DEXPERIENCE. В посібнику пропонується методика створення 3D-моделей виробів (деталей, збірок) будь-якого ступеня складності, в тому числі з урахуванням специфіки їх виготовлення. Особливу увагу надано розробці параметричних моделей з використанням змінних і рівнянь. Приведено послідовність використання додаткових функцій побудови твердотільних моделей, додаткові інструменти в збірках, що в свою чергу дозволить вирішувати складні завдання, що виникають при конструюванні деталей.

Інженер, що має досвід роботи в SolidWorks здатний вирішити задачу будь-якої складності в енергетиці і промисловості.

Реєстр № 22/23-355. Обсяг 1,8 авт. арк.

Національний технічний університет України

“Київський політехнічний інститут

імені Ігоря Сікорського”

проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056

<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського 2025

ЗМІСТ

ВСТУП	5
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ № 1. СТВОРЕННЯ ПАРАМЕТРИЗОВАНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ МОДЕЛІ ДЕТАЛІ ПРОКАТУ	6
1.1 Мета та завдання роботи	6
1.2 Порядок створення параметризованої моделі засобами SolidWorks	6
1.3 Порядок оформлення звіту	9
1.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття	10
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ № 2. МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄМНИХ ДЕТАЛЕЙ ТІЛ ОБЕРТАННЯ	11
2.1 Мета та завдання роботи	11
2.2 Порядок моделювання об'ємних деталей за методикою побудови тіл обертання в середовищі SolidWorks	13
2.1.1 Побудова контуру тіла обертання	14
2.1.2 Вирізання обертанням	15
2.1.3 Додавання елементів простим витягуванням	16
2.1.4 Видалення матеріалу простим вирізанням	17
2.3 Порядок оформлення звіту	19
2.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття	20
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ № 3. КОНСТРУЮВАННЯ КРИЛЬЧАТКИ ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА	21
3.1 Мета та завдання роботи	21
3.2 Порядок моделювання об'ємних деталей способом «по перетинах» в середовищі SolidWorks	22
3.2.1 Побудова одиночної лопатки вентилятора	22
3.2.2 Побудова контуру тіла обертання ступиці вентилятора	24
3.3 Порядок оформлення звіту	25
3.4 Контрольні завдання для підготовки до заняття	26
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ № 4. КОМП'ЮТЕРНА МОДЕЛЬ СВЕРДЛА	27
4.1 Мета та завдання роботи	27
4.2 Порядок тривимірних вирізів та створення «гнучких» елементів в середовищі SolidWorks	27
4.3 Порядок оформлення звіту	30

4.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття	30
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ № 5. ПОБУДОВА ДВОВИМІРНИХ	
КОНСТРУКТОРСЬКИХ КРЕСЛЕНЬ	32
5.1 Мета та завдання роботи	32
5.2 Порядок створення двовимірних конструкторських креслень в середовищі SolidWorks	32
5.2.1 Створення нового кресленника	32
5.2.2 Створення проєкційного виду і оформлення креслень згідно ЕСКД.....	35
5.2.3 Можливості SolidWorks при оформленні креслень	36
5.3 Порядок оформлення звіту	37
5.4 Контрольні завдання для підготовки до заняття	38
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ № 6. КОНСТРУЮВАННЯ МОДЕЛІ	
ТОПКОВИХ ЕКРАНІВ	39
6.1 Мета та завдання роботи	39
6.2 Загальні відомості про конструкції топкових екранів	41
6.2.1 Загальні відомості про конструкції топкових екранів	41
6.2.2 Особливості комп'ютерного моделювання топкових екранів в програмі SolidWorks	42
6.3 Порядок оформлення звіту	49
6.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття	50
КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ № 7. ВИГОТОВЛЕННЯ ОПОКИ ФОРМИ	
ДЛЯ ЛИТТЯ	51
7.1 Мета та завдання роботи	51
7.2 Робота з формами для лиття в середовищі SolidWorks	52
7.2.1 Проста ливарна форма. Створення вихідних деталей.....	53
7.2.2 Редагування деталі і вставка в неї порожнини	55
7.2.3 Створення розрізу деталі.....	55
7.3 Порядок оформлення звіту	57
7.4 Контрольні завдання для підготовки до заняття	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	59
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	60

Вступ

За останні десятиліття бурхливий розвиток комп'ютерної техніки та програмного забезпечення до неї призвів до того, що на сучасному етапі розвитку суспільства вже не існує жодного підприємства на якому не застосовувалися б сучасні інформаційні технології [1, 2].

В продовж останніх десятиліть найбільш розповсюдженим та загально визнаним комплексом програм для комп'ютерного конструювання є SolidWorks. Вибір саме такого програмного продукту пов'язаний у першу чергу з тим, що порівняно з традиційними CAD системами (Solid Edge, Pro/E, AutoCad) SolidWorks має так звані «інтелектуальні» засоби, які дозволяють конструкторові значно скоротити число операцій при оформленні тривимірної моделі деталі, об'єкта чи споруди. Крім того вказаний пакет є досить розповсюдженим, на теренах України та за її межами є достатня кількість конструкторів, які створюють свої програмні проекти саме за допомогою SolidWorks.

Цикл комп'ютерних практикумів призначений для виконання наступних основних задач:

- ознайомлення студентів з основними можливостями універсального пакета програм SolidWorks на основі практичного вирішення конкретних задач;

- ознайомлення студентів з методикою моделювання тривимірних об'єктів та оформлення конструкторської документації за допомогою програми SolidWorks;

- набуття студентами основних навичок та умінь для проектування окремих деталей та вузлів в їх наступній інженерній практиці.

Комп'ютерний практикум № 1. Створення параметризованої комп'ютерної моделі деталі прокату

1.1 Мета та завдання роботи

Мета роботи – засвоїти методику розробки параметризованої моделі засобами комплексу програм SolidWorks.

При проведенні роботи необхідно отримати досвід розробки параметризованих комп'ютерних моделей балкових конструкцій в середовищі SolidWorks.

Завдання на роботу – розробити модель балки довжиною $L = 6 \cdot 0.1 \cdot N$, (де N – номер варіанту за списком академічної групи), лінійні розміри якої взаємопов'язані і підпорядковуються одному з них. Профіль балки вибрати згідно з табл. 1.1. Лінійні розміри деталі прокату вибрати згідно зазначеного в табл. 1.1 номера з довідника [3].

Таблиця 1.1. Перелік перерізів

Переріз	Двутавр					Швелер					Рівнобокий кутник				
№ проф.	40	45	50	55	60	40	36	33	30	27	16	18	20	22	22
Варіант	1	15	4	12	8	6	11	2	14	5	3	7	10	13	9

1.2 Порядок створення параметризованої моделі засобами SolidWorks

Процес моделювання починається з побудови ескізу, а побудова ескізу починається з вибору конструктивної площини, в якій будуватиметься цей двомірний ескіз. Згодом його можна тим або іншим способом легко перетворити в тверде тіло. При створенні ескізу доступний повний набір геометричних примітивів і операцій редагування.

Згідно завданню (табл. 1.1) креслять переріз деталі прокату (рис. 1.1), геометричні розміри якої взяті з довідника [3]. Немає ніякої необхідності відразу точно витримувати необхідні розміри, достатньо приблизно

дотримувати конфігурацію ескізу. Далі вставити розміри побудованого контуру і накласти взаємозв'язки (паралельність, перпендикулярність), що обмежують взаємне розташування відрізаних, дуг, кіл і тому подібне. Після нанесення всіх необхідних взаємозв'язків і розмірів, накреслений ескіз міняє колір з синього на чорний і в статусній строчці система SolidWorks сигналізує «визначений» (рис. 1.1). Ескіз конструктивного елементу може бути легко відредагований у будь-який момент роботи над моделлю.

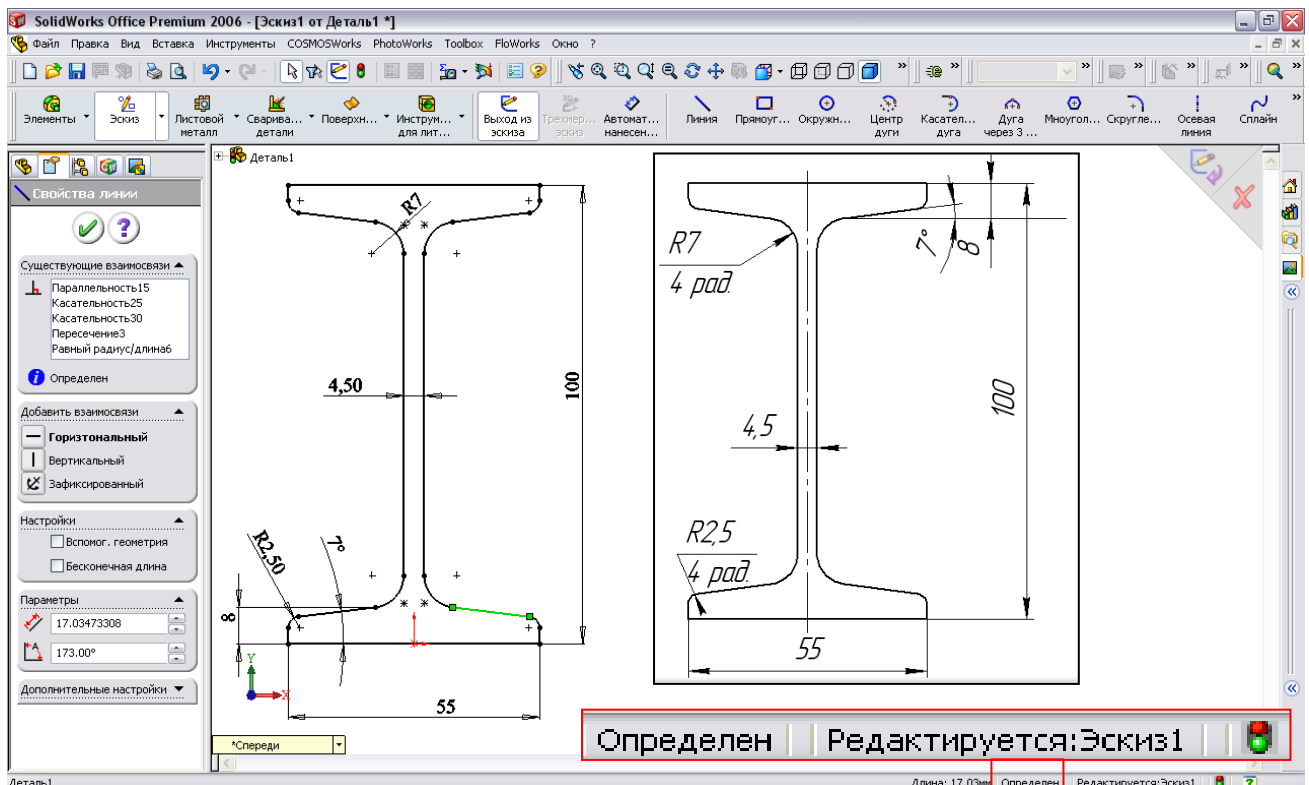


Рисунок 1.1 – Побудова двовимірного ескізу засобами SolidWorks

Для нанесення параметричних розмірів треба скористатися діалоговим вікном завдання рівнянь, вибравши команду **Інструменти | Рівняння**. У вікні (рис. 1.2), що відкрилося, необхідно натиснути кнопку „Додати”. У новому діалоговому вікні „Додати” рівняння в стовпці „Рівняння” буде вказано ім'я розміру. Якщо поточного розміру немає, просто клацніть мишею на розмірі (для нашого випадку це розмір нижнього

горизонтального відрізання). Після знаку „=” клацніть другий розмір (для нашого випадку це розмір правого вертикального відрізання). Ім'я розміру тут же відображається у вікні. Потім другий розмір помножте наприклад на 1,5, додавши в рядок „*1.5”. Потім потрібно натиснути кнопку „ОК”. У вікні „Рівняння” додається нове рівняння.

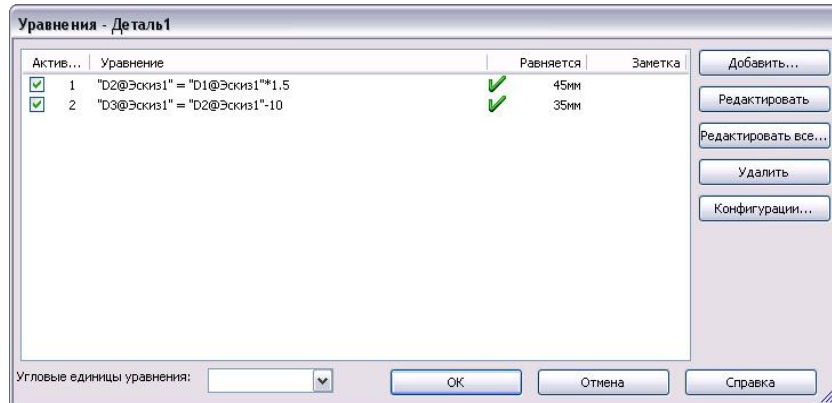


Рисунок 1.2 – Додавання рівнянь

Всі інші розміри необхідно також прив'язати один до одного так, щоб усі розміри залежали від одного і їх значення відрізнялися коефіцієнтом. Цей коефіцієнт є відношенням обраного розміру до розміру який вибрано базовим, тобто тим розміром, який керує зміною інших розмірів деталі.

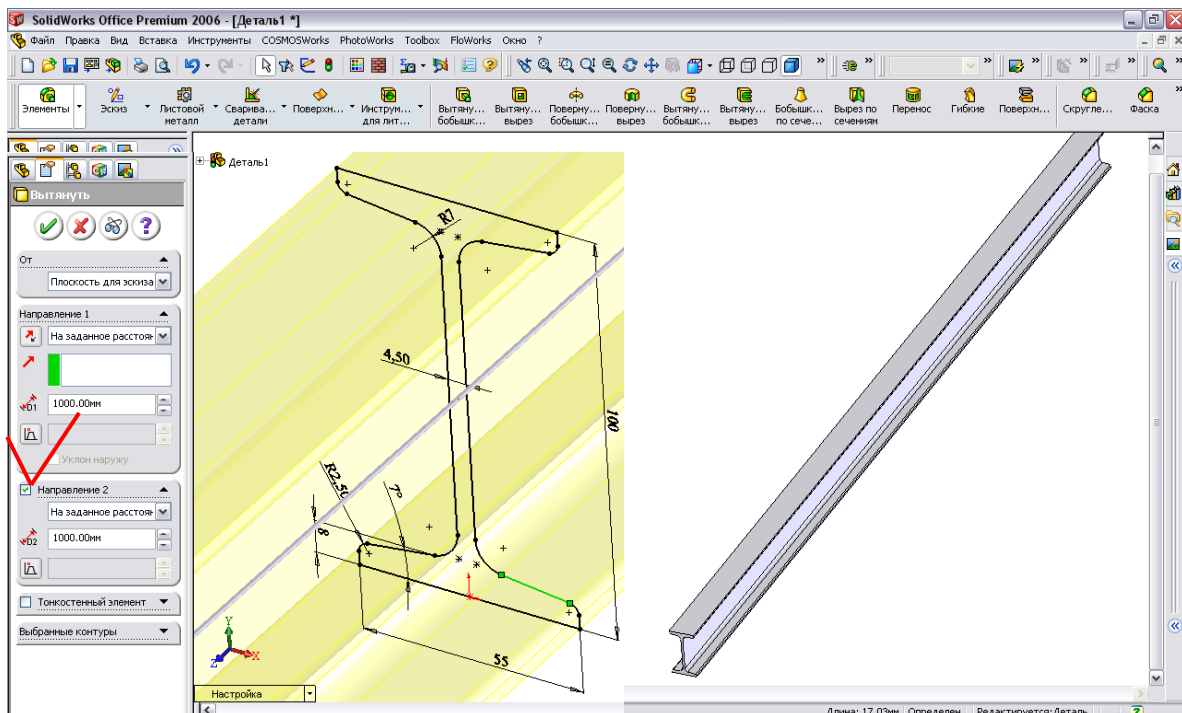

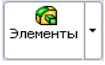



Рисунок 1.3 – Побудова тривимірної деталі прокату

Після коректної параметризації ескізу, необхідно перейти в тривимірний простір, додавши ескізу висоту. Для цього необхідно натиснути кнопку „Витягнута бобишка / основа”  групи команд „Елементи” . Видавлювання бажано зробити від центральної площини, тому необхідно активувати вкладку „Зворотній напрям” (рис. 1.3) і в строчці „Глибина”  задати необхідну відстань.

1.3 Порядок оформлення звіту

Звіт по проведеній роботі повинен містити побудований згідно заданих розмірів кресленик деталі прокату, фотографію розробленої тривимірної деталі і мати наступну структуру:

- ◆ Назва і мета роботи.
- ◆ Кресленик-завдання.
- ◆ Тривимірна модель деталі прокату.

В якості контрольних запитань, що виносяться на захист даного комп’ютерного практикуму будуть завдання щодо нанесення параметричних розмірів і порядку повного визначення ескізу.

Оцінювання проходить згідно наступних критеріїв:

10 балів – коректно оформлена з конструктивної точки зору модель, і отримано відповіді на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **7..6 балів** – модель має несуттєві помилки в конструкції, або не отримано вичерпних відповідей на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **4...5 балів** – несуттєві помилки в моделі (наприклад, ескізи, за якими побудована модель, не мають прив’язок до «світової системи координат» яка використовується в програмному комплексі), і не отримано відповідей, яким чином зроблено той чи інший вузол моделі засобами SolidWorks; **2...3 бали** – модель або не може бути виготовленою наявними засобами виробництва, або студент не може пояснити як побудувати модель засобами SolidWorks; **1 бал** – наявність суттєвих помилок в конструкції моделі, **0 балів** – відсутність звіту.

1.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття

1. Які можливості SolidWorks для навігації в робочому вікні?
2. Як в SolidWorks створювати січні площини?
3. Як в SolidWorks задаються стилі матеріалів?
4. Чим загрожує відсутність геометричних залежностей між примітивами в ескізі?
5. Як в SolidWorks редагувати розмір і формат кресленика?
6. Дати визначення поняттю допоміжна геометрія.
7. Дати визначення поняттю розмірна залежність.
8. Як відключити автоматичне встановлення геометричних залежностей при побудові примітивів?
9. Дати визначення поняттю конструкційні і базові операції.

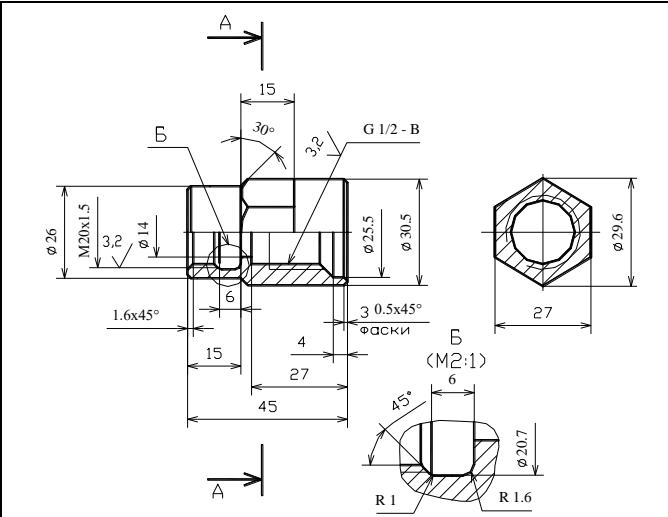
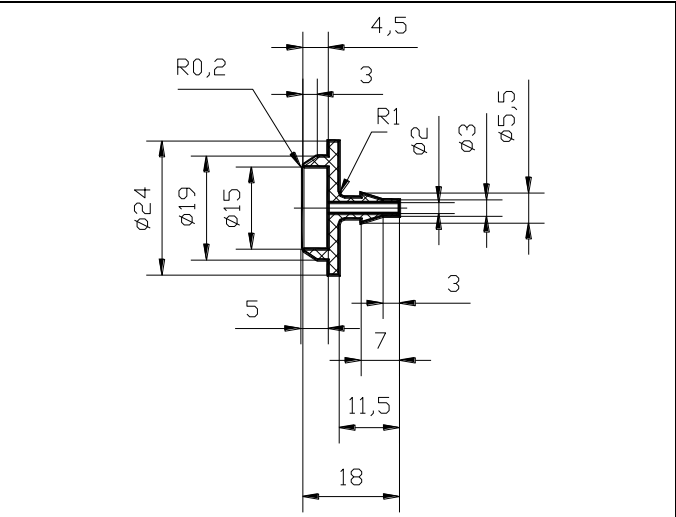
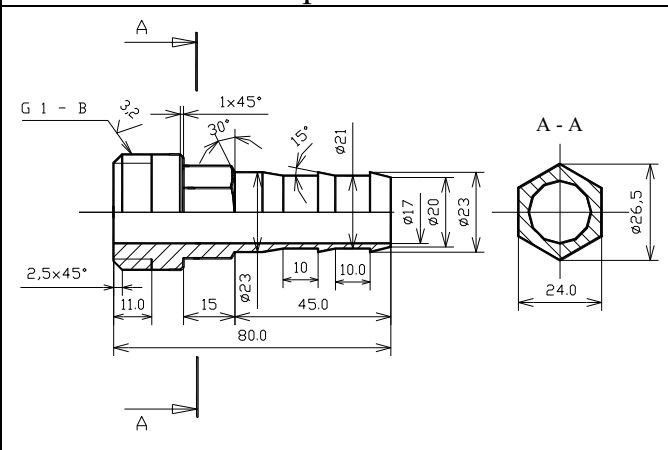
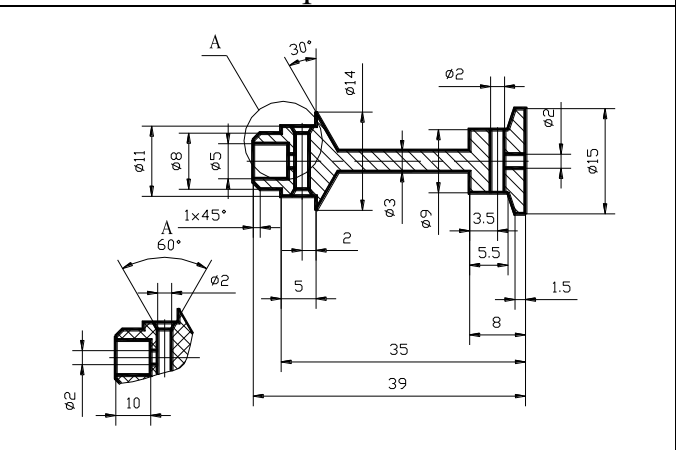
Комп'ютерний практикум № 2. Моделювання об'ємних деталей тіл обертання

2.1 Мета та завдання роботи

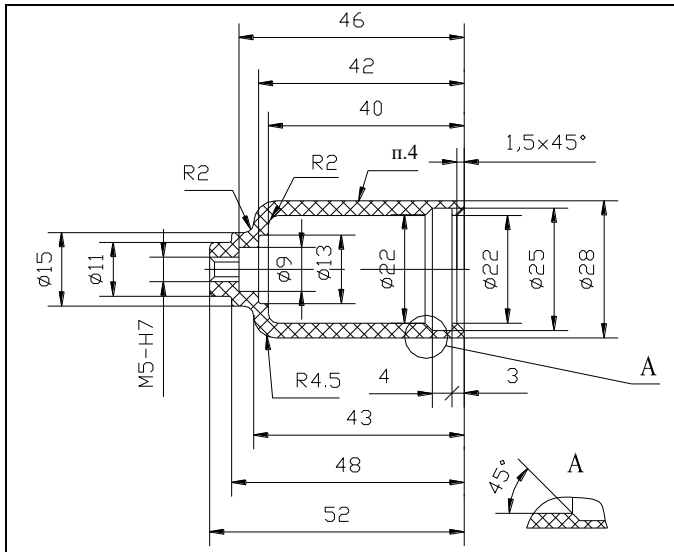
Мета роботи – отримати навички моделювання об'ємних деталей за методикою побудови тіл обертання в середовищі SolidWorks.

Завдання роботи – побудувати тривимірну деталь, зображену в табл. 2.1. Розміри задані в міліметрах.

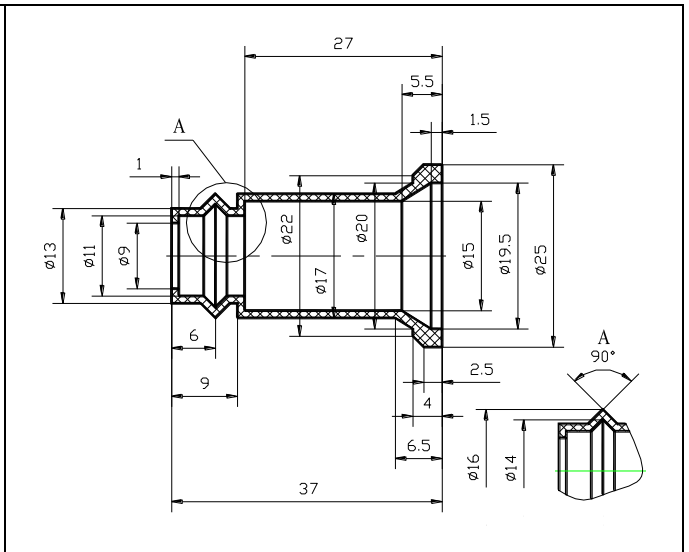
Таблиця 2.1. Кресленики тривимірних деталей

	
Варіант 1	Варіант 2
	
Варіант 3	Варіант 4

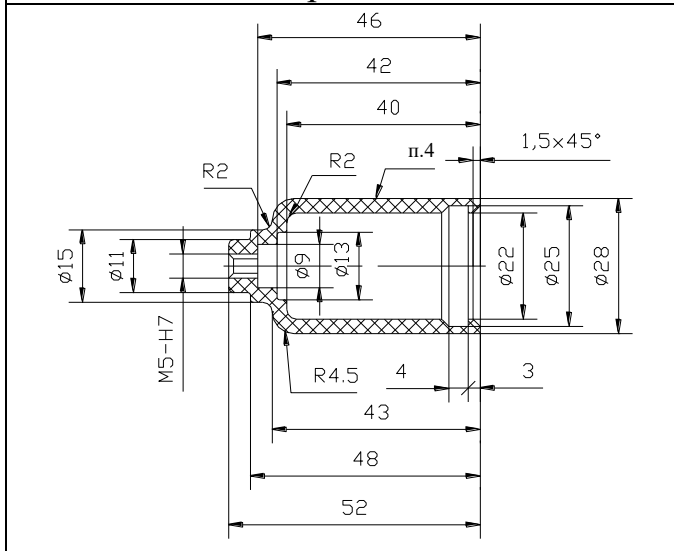
Продовження таблиці 2.1



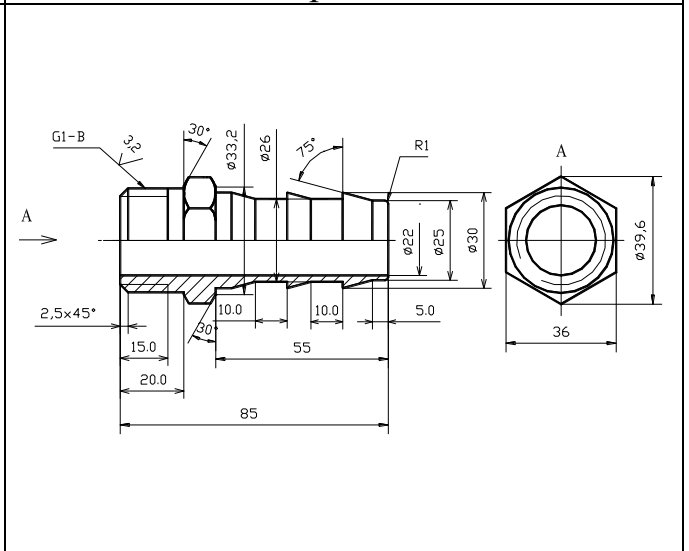
Варіант 5



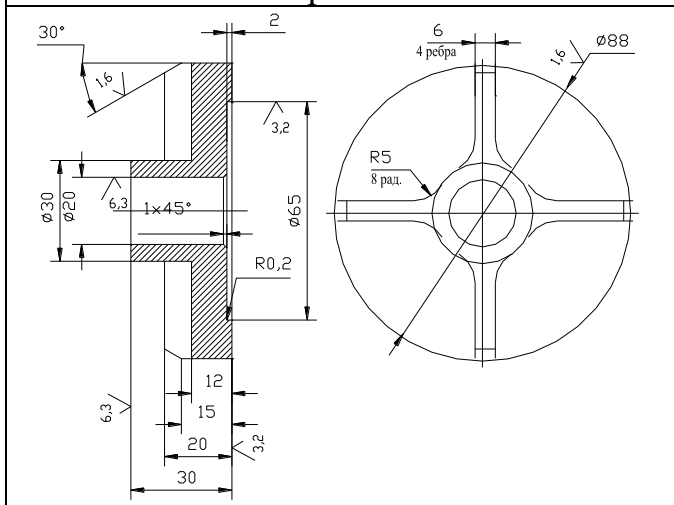
Варіант 6



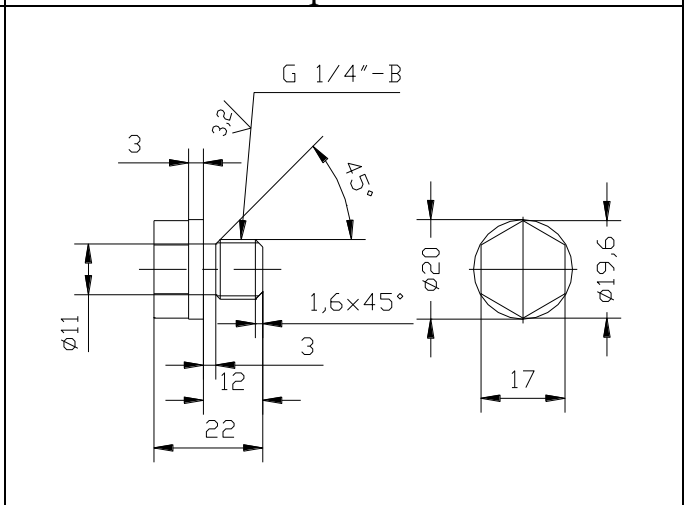
Варіант 7



Варіант 8

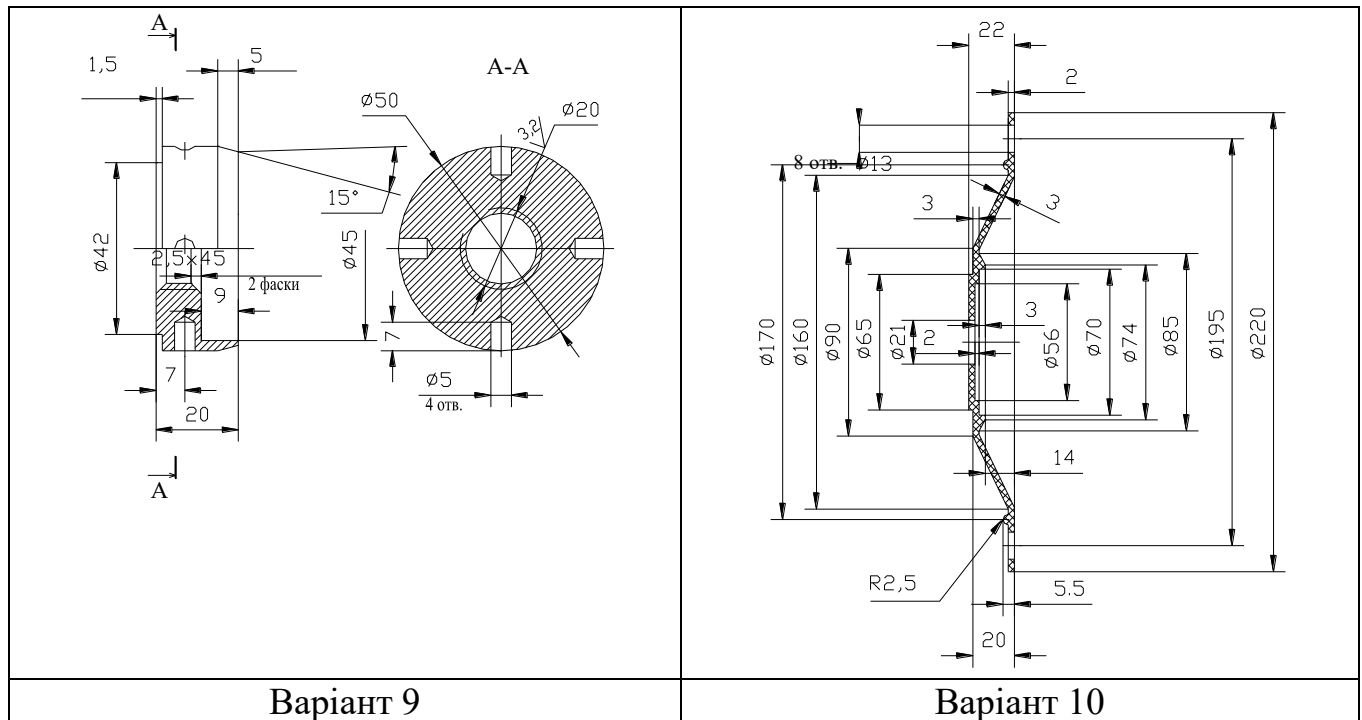


Варіант 11



Варіант 12

Продовження таблиці 2.1



2.2 Порядок моделювання об'ємних деталей за методикою побудови тіл обертання в середовищі SolidWorks


У машинобудуванні є деталі, які виготовляються методом обертання: на токарному верстаті, відцентровим литвом і так далі. Як правило, це деталі, що мають вісь обертання. У SolidWorks є засоби для зручнішої побудови тривимірних моделей деталей типу тіл обертання, хоча їх можна побудувати, використовуючи тільки спосіб призматичного витягування і вирізування. Ці засоби дозволяють швидше та ефективніше ефективно проектувати такі деталі, і «Дерево Конструювання» виходить компактнішим. Повернені елементи додають або видаляють матеріал шляхом повороту одного або декількох профілів навколо осьової лінії або лінії обертання.

Оскільки деталі типу тіл обертання виготовляються переважно способом обертання, то і тривимірні моделі таких деталей ми будуватимемо 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 ми повинні отримати шляхом обертання, а які – шляхом призматичного витягування, і визначити послідовність дій.

Вивчимо на прикладі проектування циліндрового поршня метод отримання тіл обертання.

2.1.1 Побудова контуру тіла обертання

Побудуємо новий ескіз контуру поршня на робочій площині «Спереду» з «Дерева Конструювання». Спочатку побудуємо вертикальну осьову лінію, а замкнутий контур побудуємо так, як показано на рис. 2.1. Верхня дуга побудована із застосуванням команди  – «Дуга через три точки». На цьому ескізі зображена бічна поверхня і днище поршня (дуга описує криволінійну поверхню днища).

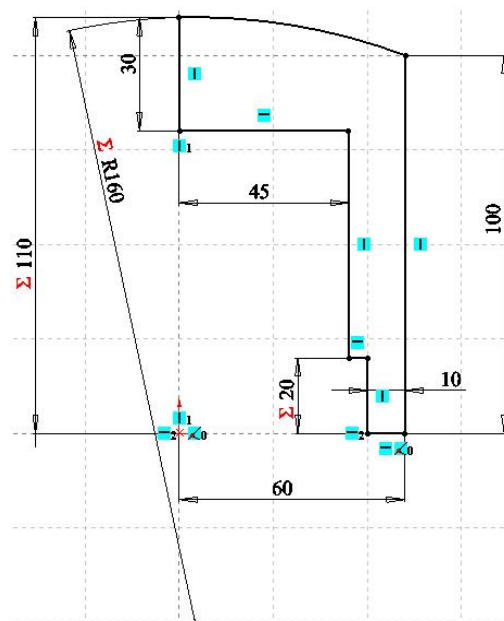

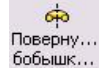



Рисунок 2.1 – Ескіз контуру тіла обертання

Для побудови тривимірної моделі необхідно вийти з режиму побудови ескізу і виконати витягування обертанням контуру навколо осьової лінії.

Натисніть кнопку  – «Команди елементів» а потім  – «Повернена бобышка/основа». У Менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно «Повернути». Оскільки ми побудували тільки одну осьову

лінію і один контур, програма автоматично їх прийняла і повернула наш контур за замовчуванням на 360° (рис. 2.2).  – Кут з 360° на 180° , тобто отримаємо половинку поршня так, як показано на рис. 2.2.

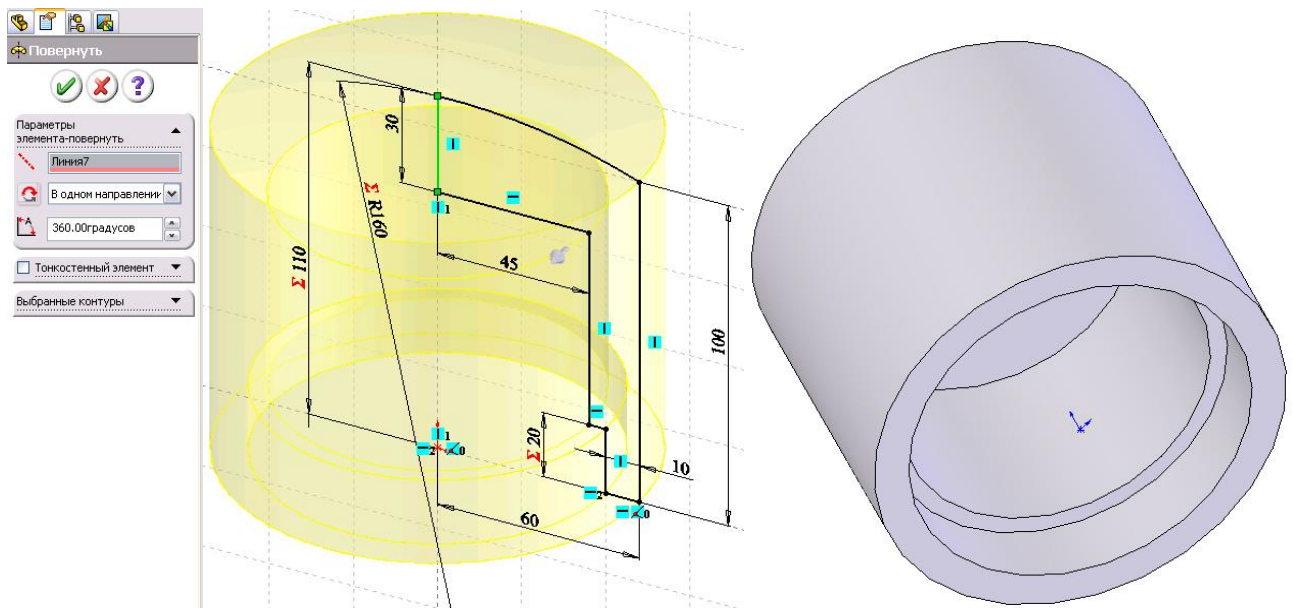







Рисунок 2.2 – Модель контуру тіла обертання

2.1.2 Вирізання обертанням

Тепер виріжемо в побудованому поршні канавки під поршневі кільця. Для цього як площину для побудови ескізу знов виберемо площину «Спереду». У новій площині побудов намалюйте наступний ескіз: два прямокутники на одній із сторін поршня (див. рис. 2.2). При цьому необхідно провести осьову лінію, відносно якої буде проводиться круговий виріз обертанням.

Ескіз готовий. Завершіть роботу с ним, натиснувши кнопку ,  – «вихід з ескізу», або  – «перебудувати». Потім  – «Команди елементів» і натискаємо кнопку  – «Повернутий виріз». У менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно «Виріз-повернути», в якому необхідно залишити кут повороту рівним 360° . Програма також за замовчуванням прийняла ескіз і осьову лінію. Натисніть кнопку ОК. В результаті отримаємо модель вказану на рис. 2.3.

Якщо при виборі команди Повернений виріз в «Дереві Конструювання» не був вибраний ескіз для вирізу, програма відкриє вікно з повідомленням про те, що необхідно вибрати площину або ескіз, а поряд з курсором з'явиться прямокутник. В цьому випадку необхідно відкрити «Дерево Конструювання», яке в даний момент переміщується в область побудов, і вказати необхідний ескіз. Приймаючи ескіз, програма виконає повернений виріз.

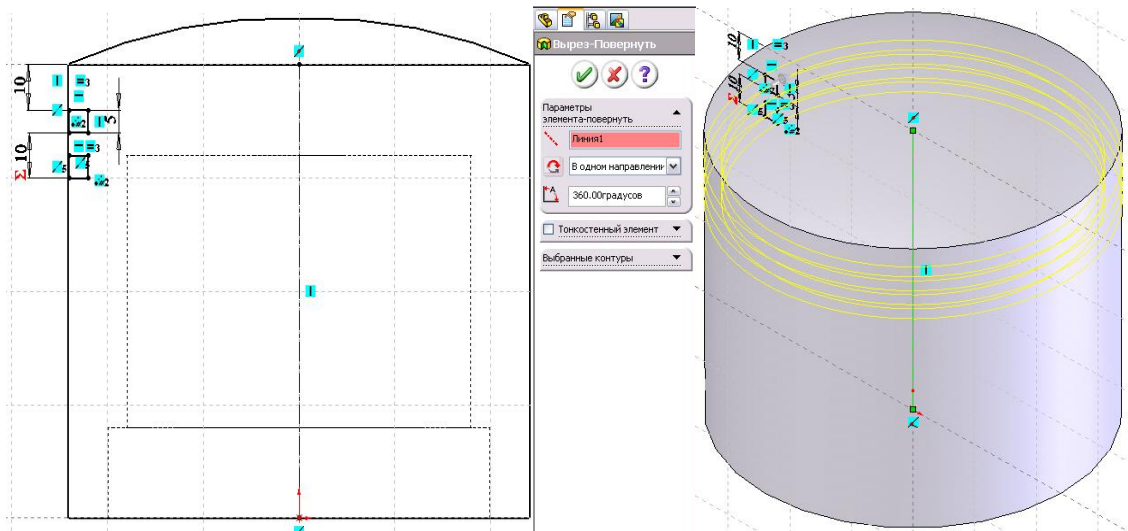



Рисунок 2.3 – Моделирование «повернутого выреза»

2.1.3 Додавання елементів простим витягуванням

Побудуємо в деталь виступу, в яких кріпляться поршневі палець для з'єднання з шатуном. Для цього на площині «Збоку» в «Дереві Конструювання» побудуємо новий ескіз. Ця площина проходить через початок координат і через середину поршня. Ескіз побудуйте так, як показано на рис. 2.4а. Зверніть увагу, що частина ескізу «висить» в повітрі – це не помилка: в даний момент ми ведемо побудови на половині поршня, а коли закінчимо всі побудови і надамо деталі цілісний вигляд.

Після побудови ескізу вийдіть з режиму креслення ескізів і виберіть команду «Витягнута бобишка / основа». У Менеджерові властивостей з'явиться діалогове вікно «Витягнути». У вкладці Напрямы 1 змініть параметр  – «Реверс напрямку» на значення «До поверхні» і вкажіть

внутрішню грань поршня (поряд з курсором з'явиться білий листок). Для зручності вказування на грані слід повернути деталь в просторі.

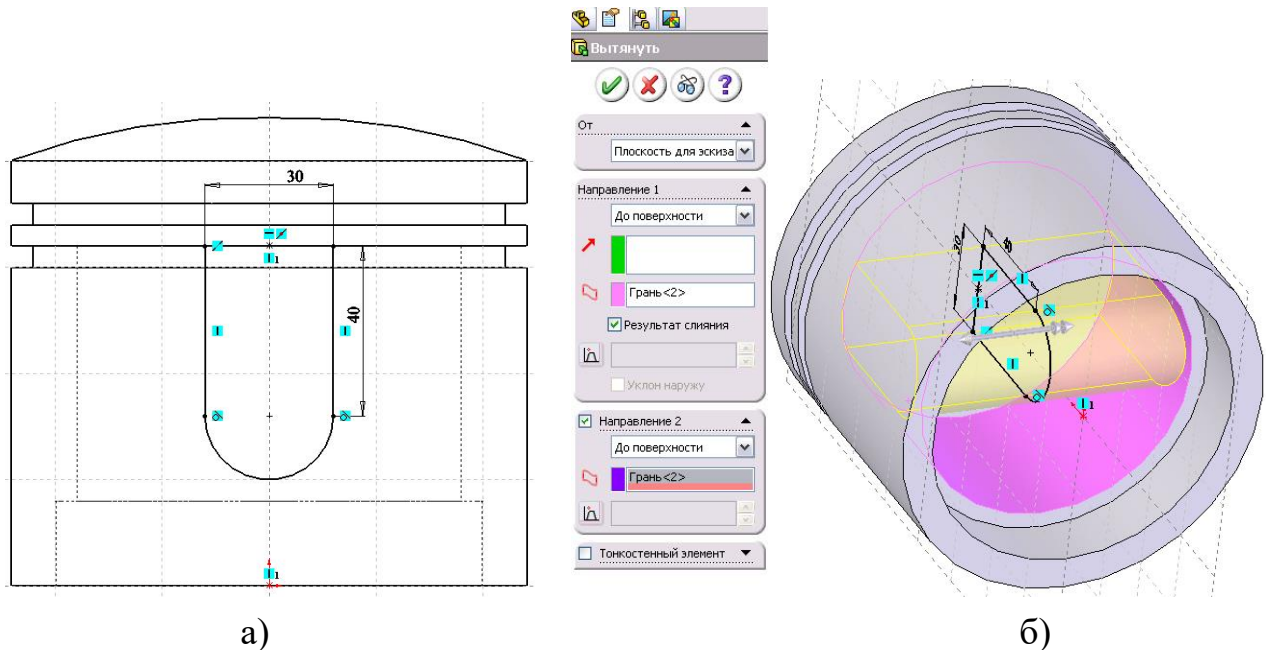





Рисунок 2.4 – Ескіз (а) і твердотільна модель «бобишки поршня» (б)

Аналогічні параметри задайте і для вкладки Напрям 2, заздалегідь встановивши прапорець у верхньому правому кутку вкладки. В результаті у вас повинна вийти ситуація, показана на рис. 2.4б. Після натиснення кнопки ОК до майбутньої моделі поршня додасться матеріал, в якому можна буде закріпити поршневий палець.

2.1.4 Видалення матеріалу простим вирізанням

Тепер видалимо матеріал в тому місці, де повинен рухатися шатун. Знову на стандартній площині «Збоку» в «Дереві Конструювання» побудуємо новий ескіз прямокутника, який по розмірах був би трохи більше створених бобишок, але не виходив би за межі поршня (рис. 2.5а).

Для того, щоб було зручніше орієнтуватися усередині деталі, можна встановити режим  – «Каркасне уявлення» з панелі інструментів «Вигляд», в якому видно невидимі лінії (). У будь-який момент ви можете перейти в режим  – «Зафарбувати».

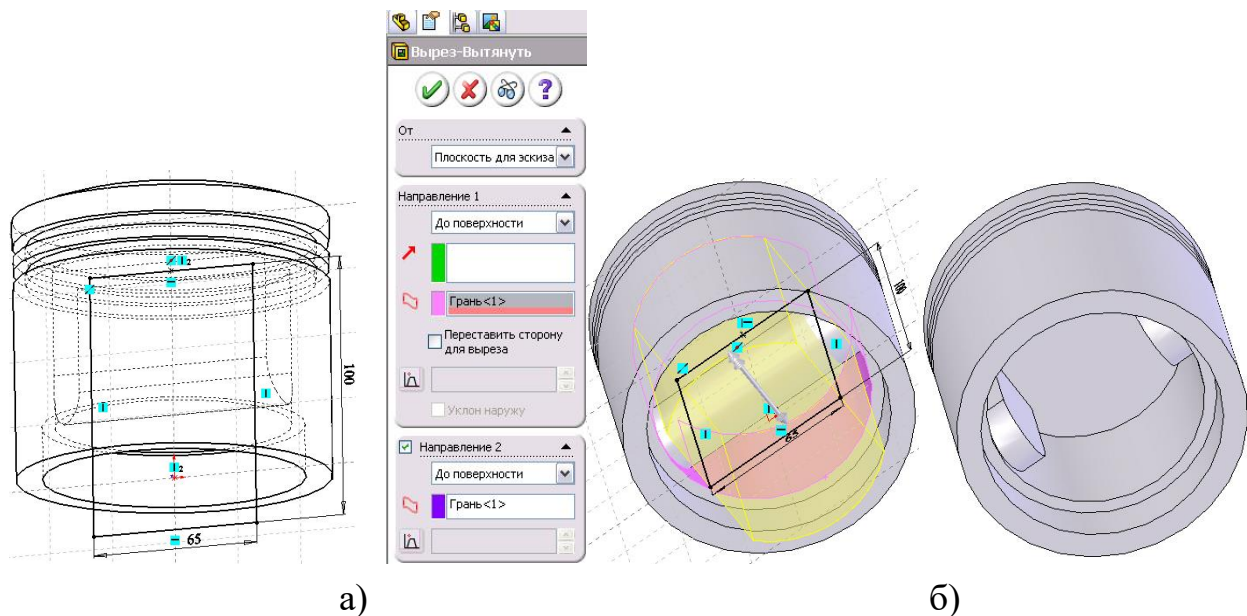





Рисунок 2.5 – Ескіз (а) і твердотільна модель поршня з вирізом під шатун (б)

Завершимо роботу з ескізом і видалимо зайвий матеріал. Для цього виберіть команду «Витягнутий виріз» для тільки що побудованого ескізу.

Поверніть деталь за допомогою команди  і поверніть її так, щоб було видно напрям витягування. З'явиться одинарна стрілка вправо, за яку потрібно потягнути мишею, але так, щоб елемент, що витягається, не доходив до грані поршня. Потім потрібно в діалоговому вікні «Виріз-витягнути» встановити прапорець у вкладці «Напрямок 2» і потягнути мишею за подвійну стрілку, що з'явилася, в протилежному напрямку, також не доходячи до грані поршня. Оскільки у нас розміри поршня не задані, немає необхідності точно витримувати відстані до його граней. Завершити роботу з підпрограмою можна натисненням кнопки ОК, в результаті вийде призматичний виріз в бобишках поршня (рис. 2.5б).

Залишилося ще зробити отвір в бобишках поршня для установки поршневого пальця. Для цього, в якості ескізної площини, виберемо одну з торцевих граней бобишок (хоча можна скористатися і відомою вже стандартною площиною Збоку).

Намалюємо ескіз кола так, як показано на рис. 2.6а. Для зручності побудови ескізу можна включити режим каркасного представлення

вигляду, клацнувши в панелі інструментів «Вигляд» на значок  – «Каркасне уявлення», і розташувати ескіз в площині екрану, натиснувши кнопку  – «Перпендикулярно».

Тепер побудуємо отвір, що проходить крізь все «тіло» побудованої деталі. З цією метою закриємо побудований ескіз кола і викличемо знову команду «Витягнутий виріз». З'явиться діалогове вікно «Виріз-витягнути» де у вкладці «Напрям 1», встановити значення «Через все». Далі встановіть прапорець в панелі «Напрям 2» і у вікні, що відкрилося, також встановіть значення «Через все». Натиснення кнопки ОК перебудує деталь у вигляді показаному на рис. 2.6б.

Деталь готова. Для того, щоб зберегти її, потрібно натиснути в панелі інструментів «Стандартна» кнопку «Зберегти» і задати ім'я деталі, наприклад «Поршень. Sldprt».

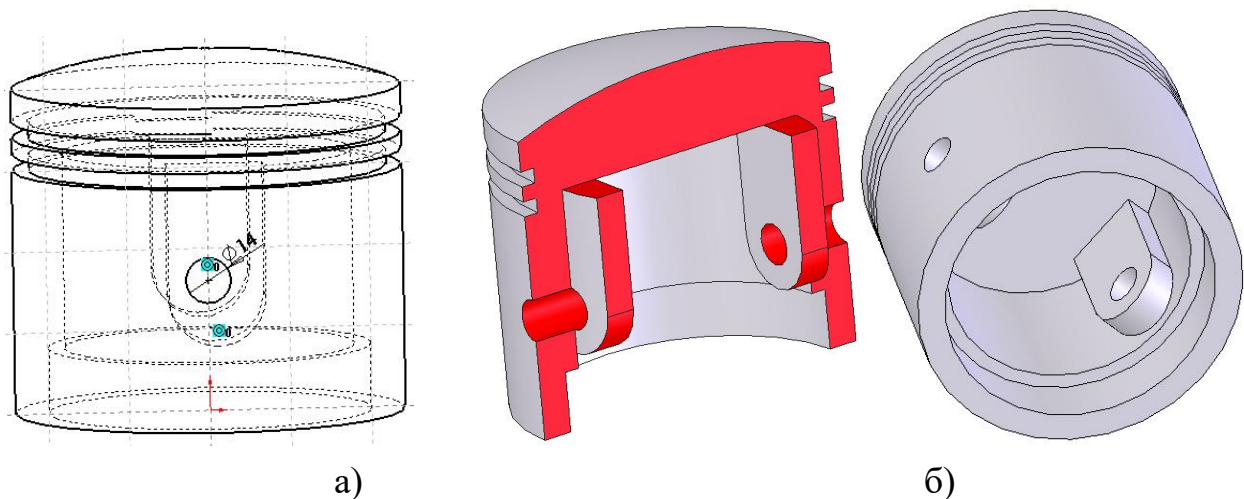


Рисунок 2.6 – Ескіз отвору (а) і твердотільна модель поршня (б)

2.3 Порядок оформлення звіту

Звіт по проведеній роботі повинен містити побудований згідно заданих розмірів кресленик деталі обертання, фотографію розробленої тривимірної деталі і мати наступну структуру:

- ◆ Назва і мета роботи.
- ◆ Кресленик-завдання.

◆ Тривимірна модель деталі обертання.

В якості контрольних запитань, що виносяться на захист даної лабораторної роботи, будуть завдання щодо нанесення параметричних розмірів, встановлення взаємозв'язків між геометричними примітивами, створення тривимірних вирізів, округлень тощо.

Оцінювання проходить згідно наступних критеріїв:

10 балів – коректно оформлена з конструктивної точки зору модель, і отримано відповіді на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **7..6 балів** – модель має несуттєві помилки в конструкції, або не отримано вичерпних відповідей на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **4...5 балів** – несуттєві помилки в моделі (наприклад, ескізи, за якими побудована модель, не мають прив'язок до «світової системи координат» яка використовується в програмному комплексі), і не отримано відповідей, яким чином зроблено той чи інший вузол моделі засобами SolidWorks; **2...3 бали** – модель або не може бути виготовленою наявними засобами виробництва, або студент не може пояснити як побудувати модель засобами SolidWorks; **1 бал** – наявність суттєвих помилок в конструкції моделі, **0 балів** – відсутність звіту.

2.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття

1. Як в SolidWorks створювати стандартні деталі кріплення?
2. Як в SolidWorks створювати січні площини?
3. Як в SolidWorks задаються стилі матеріалів?
4. Як в SolidWorks задавати види без проекційних зв'язків?
5. Як в SolidWorks редагувати розмір і формат кресленника?
6. Дати визначення поняттю допоміжна геометрія.
7. Дати визначення поняттю розмірна залежність.
8. Як відключити автоматичне встановлення геометричних залежностей при побудові примітивів?
9. Дати визначення поняттю конструкційні і базові операції.

Комп'ютерний практикум № 3. Конструювання крильчатки осьового вентилятора

3.1 Мета та завдання роботи

Мета роботи – опанувати методику моделювання твердих тіл складної конфігурації, в основі яких лежать профілі, розміщені на різних площинах.

Завдання роботи – побудувати тривимірну модель крильчатки осьового вентилятора за допомогою команди "по перетинах". Завдання на роботу представлено на рис. 3.1 (N – номер за списком академічної групи).

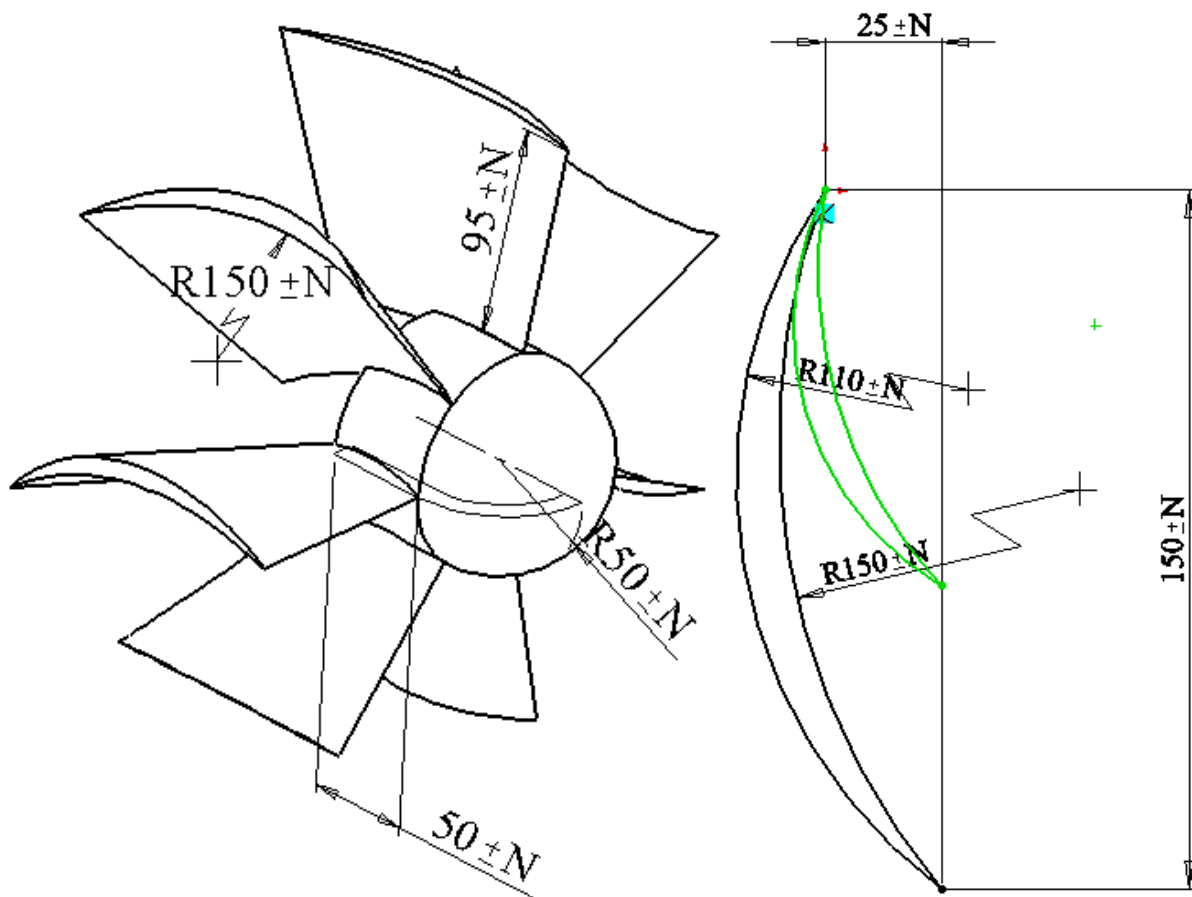


Рисунок 3.1 – Завдання на роботу

3.2 Порядок моделювання об'ємних деталей способом «по перетинах» в середовищі SolidWorks

Вказаним способом «по перетинах» можна створювати тверді тіла складної конфігурації, в основі яких лежать профілі, розташовані на різних площинах. За своєю суттю, профіль – це ескіз на площині, замкнутий і не має самоперетинів. Площини з профілями повинні бути розташовані на деякій відстані один від одного, паралельно або під кутом. У SolidWorks можна плавно з'єднати профілі між собою і, таким чином, побудувати тверде тіло або виріз складної конфігурації.

3.2.1 Побудова одиночної лопатки вентилятора

Для побудови твердого тіла по перетинах спочатку створимо перетини (профілі), потім з'єднаємо їх певним чином. Профілі повинні бути розташовані на різних площинах і на деякій відстані один від одного. Розглянемо створення твердого тіла по перетинах на основі прикладу, у нашому прикладі два профілі, коло і прямокутник, які будуть розташовані на паралельних площинах, а третій профіль – шестикутник буде розташований під кутом до перших двох профілів. Модель будуватимемо в наступній послідовності:

- Перший перетин побудуємо на площині «Спереду», хай це буде профілем буде профіль лопатки з розмірами вказаними на кресленику – «Ескіз 1» (рис. 3.2а).
- Побудуємо додаткову довідкову площину – «Площина 1», паралельну площині «Спереду» і що знаходиться від неї на відстані 200 мм.
- На «Площині 1» побудуємо перетин, який є профілем лопатки з великими розмірами вказаними на кресленні, – «Ескіз2» (рис. 3.2б).
- Проведемо додаткову довідкову «Площину 2». Вона буде розташована під кутом 45° до «Площини 1» і проходить через бічну лінію прямокутника (рис. 3.2б).

○ Створимо ще одну додаткову довідкову площину – «Площину 3», яка буде паралельна «Площині 2» і буде знаходитися від неї на відстані 150 мм. На «Площині 3» побудуємо перетин – «Ескіз 3».

Таким чином, побудували три перетини (профілю) майбутнього твердого тіла. У дереві конструювання ці профілі позначені як «Ескіз 1», «Ескіз 2» і «Ескіз 3». В процесі побудови перетинів також були створені три додаткові площини «Площина 1», «Площина 2» і «Площина 3» (рис. 3.2в).

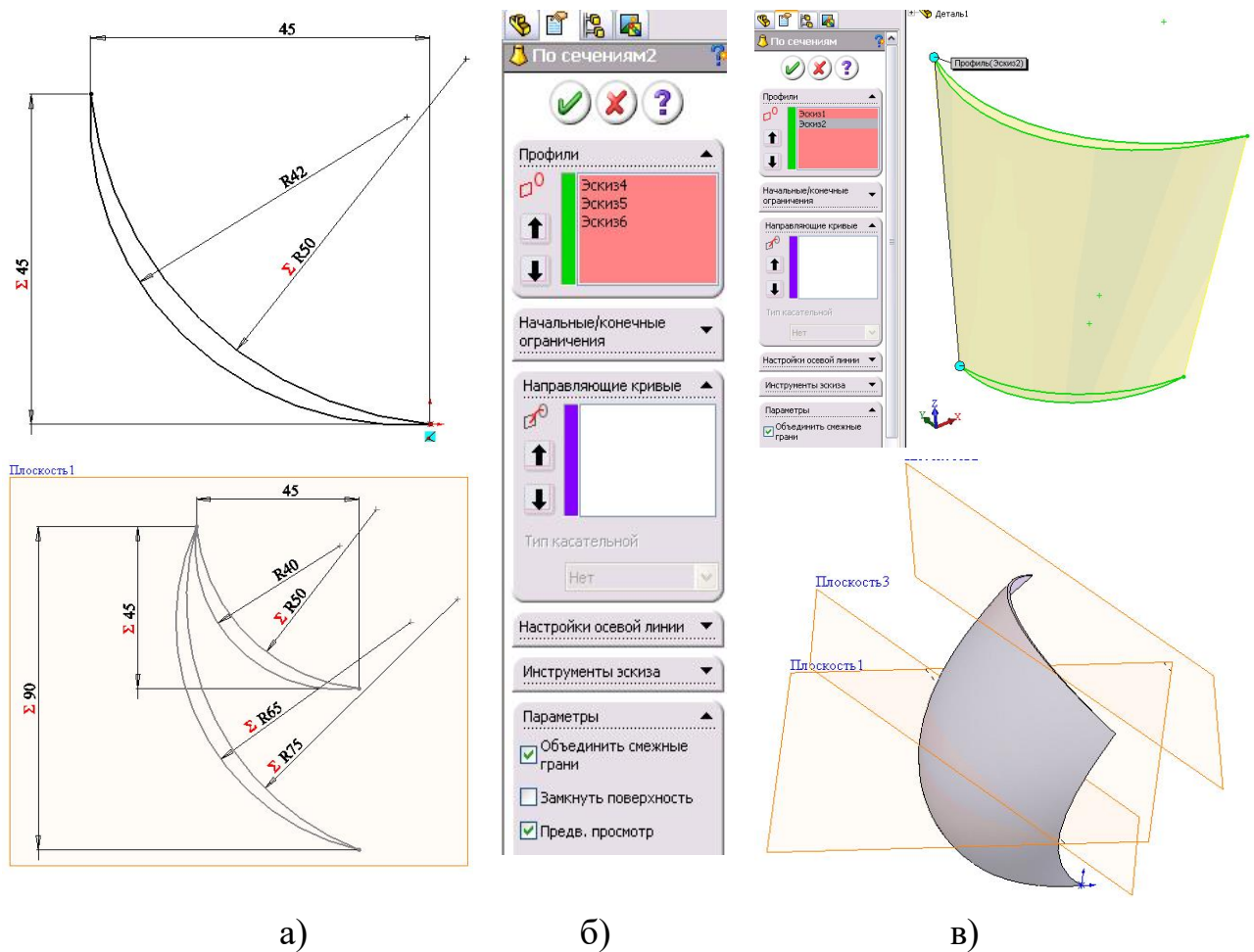


Рисунок 3.2 – Ескізи і модель «по перетинах» без направляючої кривої


○ Для побудови елемента по перетинах без направляючої кривої натиснемо кнопку – «Бобышка / основа по перетинах» на панелі інструментів «Елементи» або скористаємося командою меню: **Вставка** |

Бобишка / Основа | По перетинах... Після цієї процедури на екрані з'явиться діалогове вікно «По перетинах».

○ Закінчивши побудову твердого тіла, натисніть ОК. В результаті буде побудовано тверде тіло по перетинах без направляючої кривої (рис. 2.32г).

Так само можна побудувати виріз по перетинах, також без використання направляючої кривої.

3.2.2 Побудова контуру тіла обертання ступиці вентилятора

Ступиця вентилятора, на якій розташовані лопатки являє собою тіло обертання. Кресленик ступиці та отримана в результаті застосуванні команди  Поверну... бобишк... – «Повернена бобишка/основа» тривимірна модель ступиці з однією лопаткою представлена на рис. 3.3.

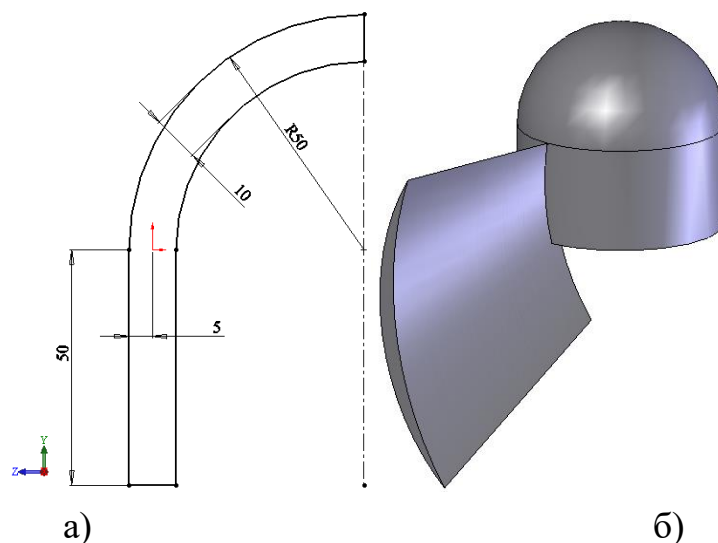







Рисунок 3.3 – Ескіз ступиці (а) та зовнішній вигляд ступиці вентилятора з однією лопаткою

Для того, щоб отримати остаточний вид крильчатки осьового вентилятора необхідно розмножити лопатки відносно центральної вісі ступиці. Ця операція виконується командою «Круговий масив»  Круговой. Застосування кругового масиву на об'ємній деталі обертання потребує наявності вісі і елемента, який необхідно розмножити відносно цієї вісі.

Для побудови вісі виберіть команду **Вставка | Довідкова геометрія | Вісь**. В результаті в «Менеджері властивостей» з'явиться діалогове вікно «Вісь», в якому виберіть кнопку – «циліндрична / конічна грань» і вкажіть мишею грань зовнішньої поверхні ступиці. Після натиснення кнопки ОК в «Дереві Конструювання» з'явиться новий елемент «Ось1». Тепер з панелі інструментів «Елементи» потрібно вибрати команду  «Круговий масив». У діалоговому вікні «Круговий масив», що з'явився в Менеджері властивостей, клацніть мишею в полі  – «Копіювати елементи» і вказати в «Дереві Конструювання» (яке перемістилося в область побудов) елемент «Бобишка / основа по перетинах» (лопатка). У полі  – «Реверс напрямку» вкажіть елемент з «Дерева Конструювання» «Ось1» (побудована вісь, навколо якої необхідно розмножити елементи). У полі  – «Кількість екземплярів» встановите їх необхідне значення. Також встановите прапорець «Рівний крок», щоб наші елементи були встановлені на однаковій відстані один від одного.

3.3 Порядок оформлення звіту

Звіт по проведеній роботі повинен містити побудований згідно заданих розмірів кресленик крильчатки, фотографію розробленої тривимірної деталі і мати наступну структуру:

- ◆ Назва і мета роботи.
- ◆ Кресленик-завдання.
- ◆ Тривимірна модель крильчатки осьового вентилятора.

В якості контрольних запитань, що виносяться на захист даного комп'ютерного практикуму будуть завдання щодо порядку повного визначення ескізу, створення тривимірних масивів тощо.

Критерії оцінювання:

10 балів – коректно оформлена з конструктивної точки зору модель, і отримано відповіді на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **7..6 балів** – модель має несуттєві помилки в конструкції, або не отримано вичерпних відповідей на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при

створенні моделі; **4...5 балів** – несуттєві помилки в моделі (наприклад, ескізи, за якими побудована модель, не мають прив'язок до «світової системи координат» яка використовується в програмному комплексі), і не отримано відповідей, яким чином зроблено той чи інший вузол моделі засобами SolidWorks; **2...3 бали** – модель або не може бути виготовленою наявними засобами виробництва, або студент не може пояснити як побудувати модель засобами SolidWorks; **1 бал** – наявність суттєвих помилок в конструкції моделі, **0 балів** – відсутність звіту.

3.4 Контрольні завдання для підготовки до заняття

1. Чи можна в SolidWorks створювати контури тіл обертання на базі розімкнених ескізів?
2. Як в SolidWorks створювати додаткові площини?
3. Як в SolidWorks здійснювати повне визначення ескізу?
4. Як в SolidWorks задавати види без проекційних зв'язків?
5. Як в SolidWorks редагувати розмір і формат кресленика?
6. Дати визначення поняттю допоміжна геометрія.
7. Як в SolidWorks створювати тривимірні масиви?
8. Як відключити автоматичне встановлення геометричних залежностей при побудові примітивів?
9. Дати визначення поняттю конструкційні і базові операції.

Комп'ютерний практикум № 4. Комп'ютерна модель свердла

4.1 Мета та завдання роботи

Мета роботи – опанувати методику створення тривимірних вирізів для моделювання моделей твердих тіл складної конфігурації.

Завдання роботи – побудувати тривимірну модель свердла. В якості завдання на комп'ютерний практикум вибрати діаметр свердла рівний десятикратному номеру за списком академічної групи.

4.2 Порядок тривимірних вирізів та створення «гнучких» елементів в середовищі SolidWorks

Для того, щоб побудувати свердло в середовищі SolidWorks в першу чергу необхідно побудувати циліндр заданого діаметру і довжини. Потім поблизу твірної накреслити двовимірний ескіз майбутнього вирізу для видалення стружки. Радіус ескізу співпадає з радіусом свердла, а вісь розташована на відстані $3/2$ діаметра від його вісі (рис. 4.1). Потім за допомогою команди «Повернутий виріз» створити тривимірний виріз.

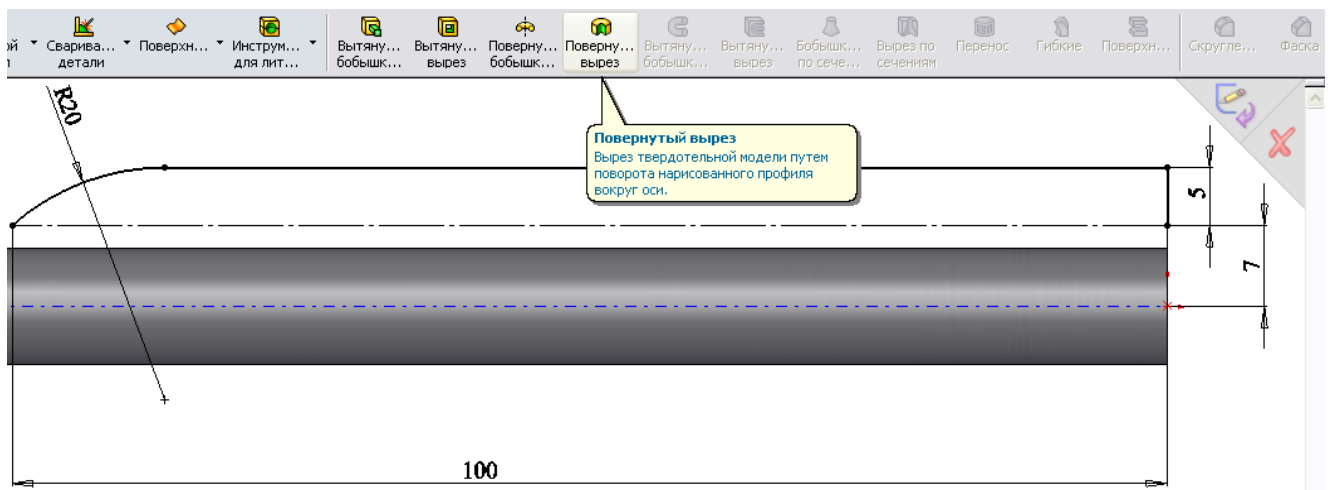


Рисунок 4.1 – Ескізи кругового вирізу

Створений виріз необхідно розмножити за допомогою команди «Круговий масив» поворотом існуючого вирізу на 180° (рис. 4.2).

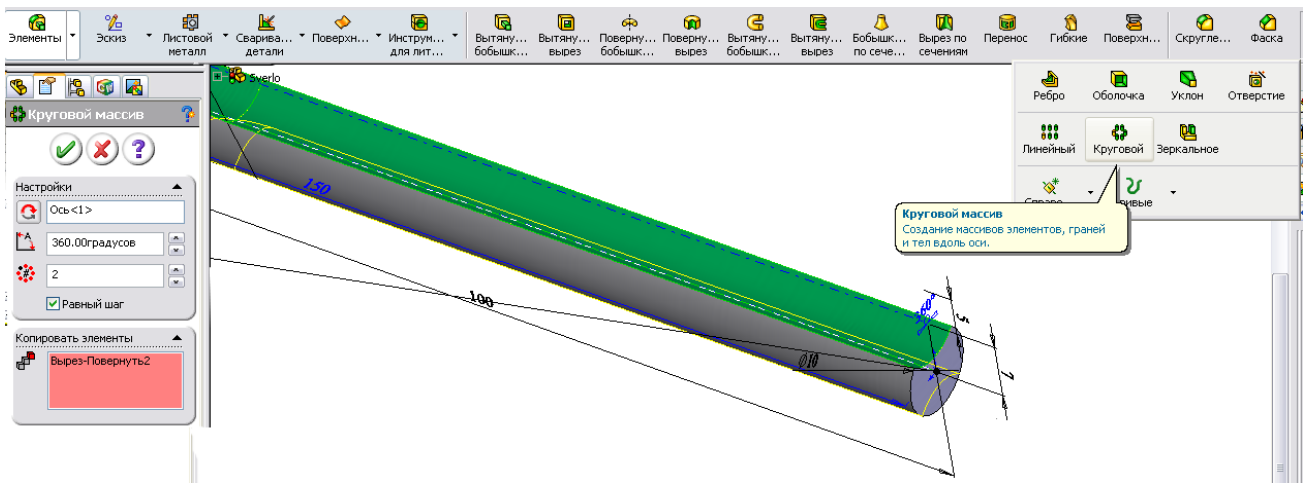



Рисунок 4.2 – Порядок застосування команди «круговий масив»

Отриману заготовку за допомогою команди  – «гнучкі» поворотом на 360° перетворюють на розгортку (рис. 4.3) [4]. Отриману деталь, необхідно «загострити», щоб перетворити на свердло.

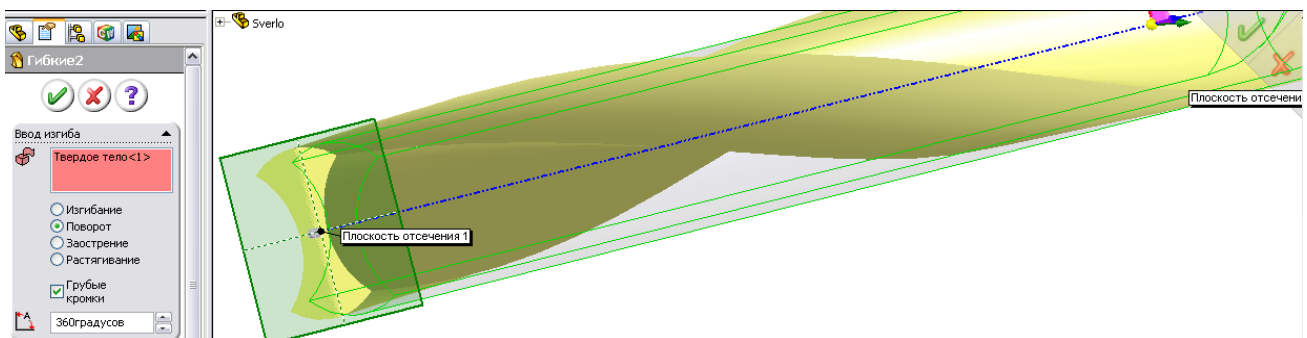




Рисунок 4.3 – Порядок створення деталі командою «гнучкі»

На практиці свердла загострюють притискаючи позмінно діаметрально протилежні сторони вирізів для видалення стружки до шліфувального диску. В середовищі SolidWorks цю операцію здійснюють за допомогою команди  – виріз твердотілого матеріалу площиною. Щоб застосувати цю команду потрібно побудувати поверхню вирізу – площину. Ця площина (рис. 4.4) будується шляхом створення ескізу на основі відрізка, розміщеного під кутом 30° до горизонту (рис. 4.5a). Далі, за допомогою команди «витагнута поверхня» ( поверхн...) накреслений ескіз витягують у двох напрямках (рис. 4.5б).

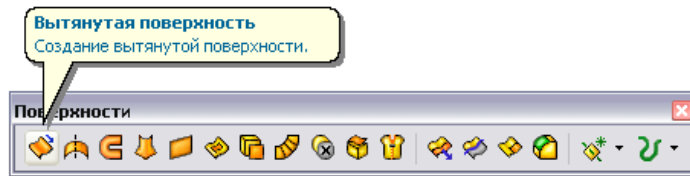



Рисунок 4.4 – Меню команд «поверхні»

До створеної поверхні застосовують команду «Виріз поверхнею»  і отримують одностороннє загострення свердла. Але вид поверхні псує вид свердла, тому натиснувши на площині поверхні праву кнопку миші в групі команд «Тіла» необхідно знайти команду «Сховати» і приховати поверхню площини.

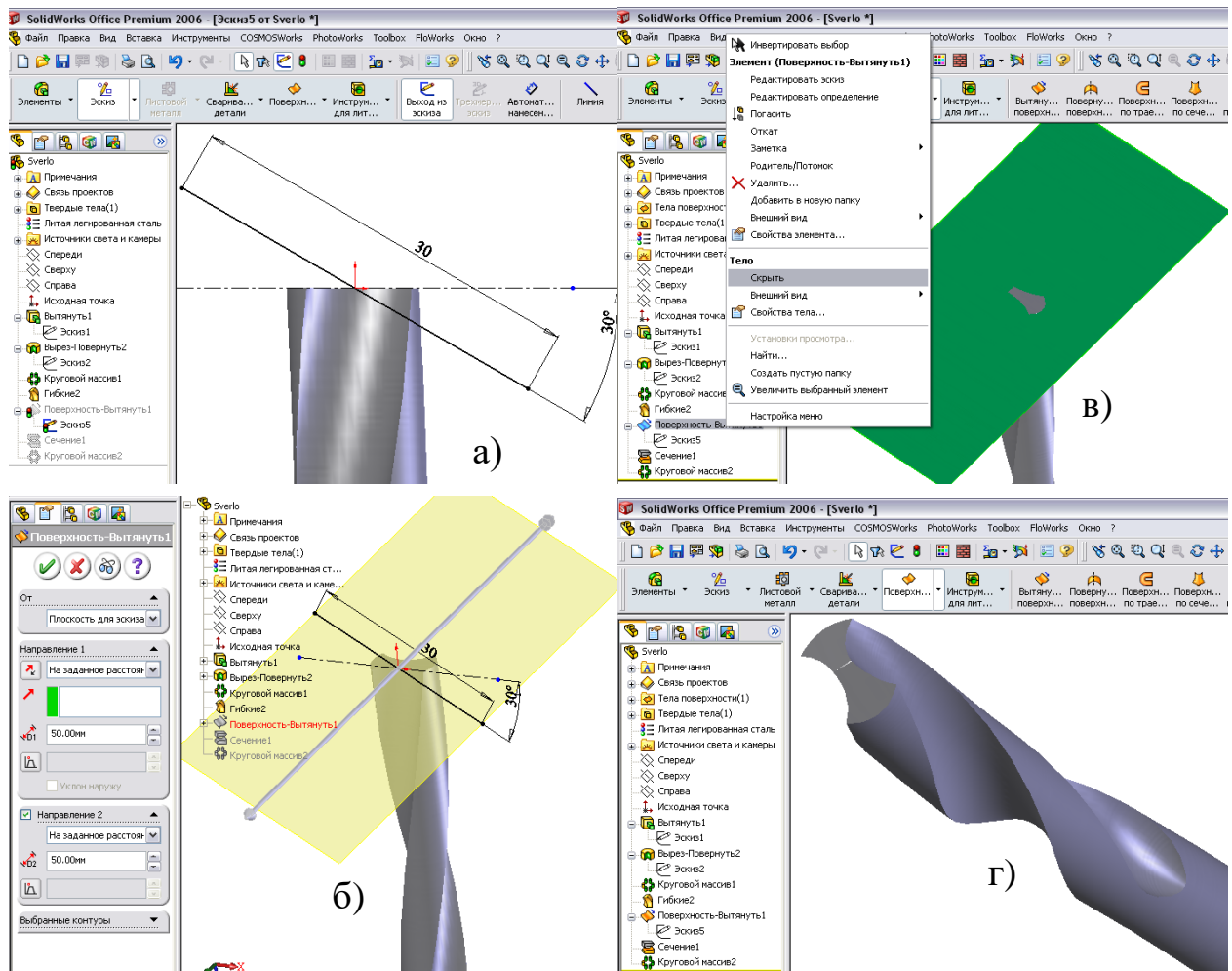




Рисунок 4.5 – Ескіз (а), площина (б), вид площини, яку необхідно приховати (в) і остаточна модель свердла (г)

Завершає побудову свердла поворот "Вирізу поверхнею"  на кут 180° за допомогою команди круговий масив  (рис. 4.5г).

4.3 Порядок оформлення звіту

Звіт по проведеній роботі повинен містити фотографію розробленої тривимірної моделі свердла, фотографії застосованих під час моделювання ескізів з розмірами і мати наступну структуру:

- ◆ Назва і мета роботи.
- ◆ Тривимірна модель свердла.
- ◆ Ескізи, що застосовувались для створення моделі свердла.

В якості контрольних запитань, що виносяться на захист даної комп'ютерного практикуму будуть завдання щодо порядку повного визначення ескізу, створення тривимірних масивів тощо.

Оцінювання проходить згідно наступних критеріїв:

10 балів – коректно оформлена з конструктивної точки зору модель, і отримано відповіді на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **7..6 балів** – модель має несуттєві помилки в конструкції, або не отримано вичерпних відповідей на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **4...5 балів** – несуттєві помилки в моделі (наприклад, ескізи, за якими побудована модель, не мають прив'язок до «світової системи координат» яка використовується в програмному комплексі), і не отримано відповідей, яким чином зроблено той чи інший вузол моделі засобами SolidWorks; **2...3 бали** – модель або не може бути виготовленою наявними засобами виробництва, або студент не може пояснити як побудувати модель засобами SolidWorks; **1 бал** – наявність суттєвих помилок в конструкції моделі, **0 балів** – відсутність звіту.

4.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття

1. Яка команда відповідає за деформацію об'ємної фігури в SolidWorks?

2. Як в SolidWorks створювати додаткові площини?
3. Як в SolidWorks здійснювати повне визначення ескізу?
4. Як в SolidWorks задавати види без проекційних зав'язків?
5. Яку форму повинен мати ескіз щоб здійснити «виріз поверхнею» ?
6. Як побудувати додаткову площину, яка проходить по діагоналі між двома рядами труб в пучку?
7. Як в SolidWorks створювати тривимірні масиви?
8. Як в SolidWorks створювати місцеві розрізи?
9. Як в SolidWorks створювати ступеневі розрізи?

Комп'ютерний практикум № 5. Побудова двовимірних конструкторських креслень

5.1 Мета та завдання роботи

Мета роботи – опанувати методику розробки двовимірних конструкторських креслень засобами SolidWorks.

Завдання роботи – побудувати двовимірні конструкторські креслення деталей прокату та обертання. В якості завдання на комп'ютерний практикум вибрати моделі які були задані на комп'ютерний практикум №1 та №2.

5.2 Порядок створення двовимірних конструкторських креслень в середовищі SolidWorks

SolidWorks дозволяє досить просто генерувати креслення створених в ньому деталей, вузлів і виробів. Креслення підтримують двосторонній асоціативний зв'язок із тривимірними моделями. При внесенні змін до моделі її креслення автоматично модифікується відповідно до них [5].

5.2.1 Створення нового креслення

Виберіть команду меню **Файл | Новий**, натисніть кнопку «Двухмерный технический чертеж» і потім натисніть кнопку «ОК». З'явиться діалогове вікно «Формат листа/размер». Встановіть перемикач «Розмір листа» в положення «Стандартний розмір листа», якщо він не встановлений там за замовчуванням. Нижче в полі «Стандартні формати» будуть перераховані шаблони креслень, виконаних за міжнародним стандартом ISO. А в самому кінці списку будуть розташовані шаблони для креслень відповідно до стандарту ЄСКД. Якщо ж у вас нестандартний

аркуш, встановіть перемикач в положення Пользовательский размер листа і задайте ширину і висоту креслення в міліметрах.

Для учбових цілей виберіть стандартний розмір аркуша А3 (форматка ESKD_a3_1). Натисніть кнопку ОК. З'явиться порожній лист креслення з штампом і основним написом.

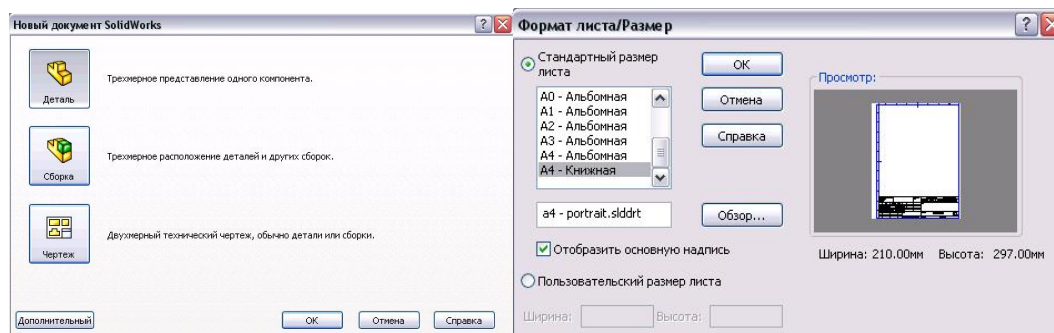





Рисунок 5.1 – Налаштування двовимірних креслень

Як і в інших подібних випадках, в інструментальну палітру завантажився відповідний набір команд. Зараз це команди роботи з кресленням. Перевірте, чи встановлений перемикач **Інструменти | Параметри Установки користувача | Креслення | Тип відображення** за замовчуванням в положення «Невидимі лінії відображаються», для того, щоб показувати на кресленні пунктирними лініями невидимі лінії моделі. У будь-який момент можна змінити налаштування користувача на свій розсуд. Після настройки натисніть кнопку ОК.

Необхідно звернути увагу, що поряд з курсором з'явився значок паралелепіпеда, який означає, що необхідно вибрати об'єкт або грань об'єкті для відображення. Зараз можна піти по одному з двох шляхів:

– Побудувати три стандартних види деталі, натиснувши кнопку  — «3 стандартних види» в панелі інструментів «Кресленик». Для цього необхідно додати три стандартних ортогональних види.

– Побудувати один вид обраної моделі, натиснувши кнопку  — «Вид моделі» в панелі інструментів «Кресленик». При цьому можна буде додати ортогональний чи іменованний вид на основі існуючої деталі.

Створимо креслення деталі, спроектованої при виконанні завдання комп'ютерного практикуму №2. Для цього виберемо файл «Деталь.sldprt» і натиснемо кнопку «Відкрити». Результат представлений у вигляді головного і двох проєкційних видів. На рис. 5.2а, зараз головний і проєкційний види розташовані на кресленні неправильно. Верхній проєкційний вид необхідно опустити вниз, а головний вид з другим проєкційним виглядом підняти вгору. Переміщення видів на кресленні здійснюється шляхом підведення до нього курсора, при цьому поряд з курсором з'явиться знак . Після цього захопіть вид мишею і перемістіть на необхідне місце. У результаті Ви повинні отримати таке розміщення видів, як на рис. 5.2б.

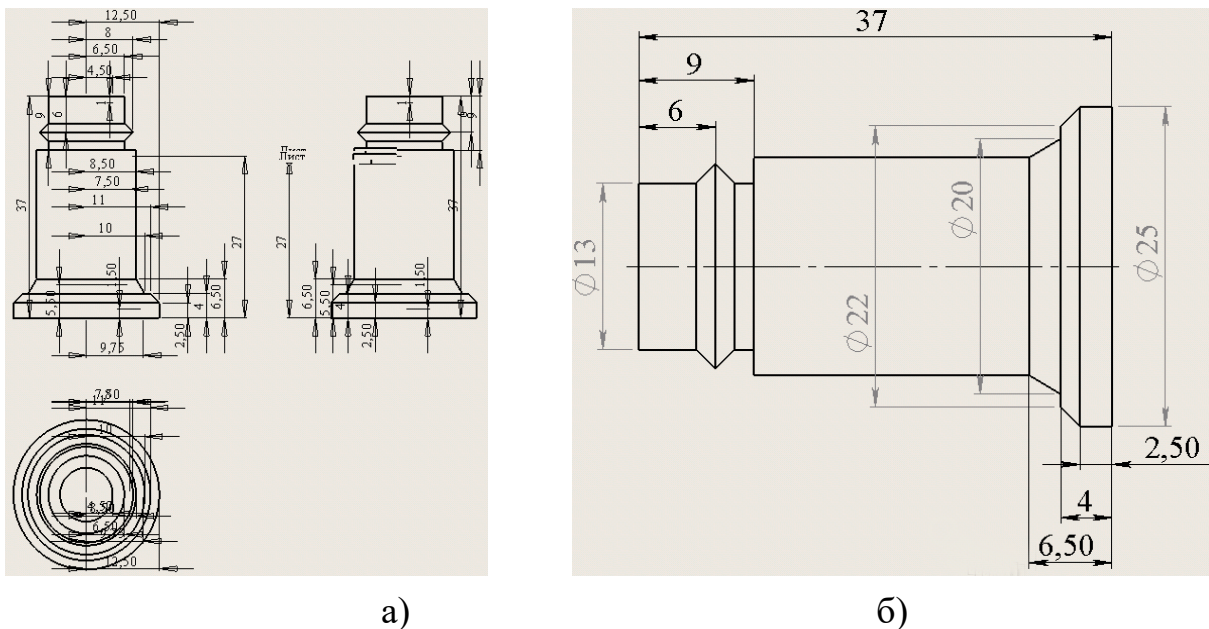



Рисунок 5.2 – Створення трьох стандартних видів (а) і креслярський вид моделі (б)




При цьому, необхідно звернути увагу, що разом з видами автоматично з'явилися розміри, які ви указували при побудові ескізу деталі. Якщо якісь розміри не потрібні, просто клацніть мишею за цим розміром і натисніть клавішу «Del». Якщо ж необхідно, навпаки, поставити якийсь розмір, натисніть на розмір оскільки це робиться в ескізах.

5.2.2 Створення проєкційного виду і оформлення креслень згідно ЕСКД

Для створення проєкційного виду натисніть кнопку  – «Допоміжний вид» в панелі інструментів «Кресленик». Отриманий вид буде зміщуватись тільки по вертикалі, оскільки він прив'язаний до головного виду. Щоб відчепити його, натисніть на клавішу <Ctrl> і перетягніть мишею створений вигляд в необхідне місце. Стрілку і позначення також можна перенести, зачепивши мишею.


Для оформлення креслення згідно ЕСКД отримані види необхідно розташувати в проєкційному зв'язку тому, щоб додати ще один вид натисніть кнопку – «Проекційний вид» в панелі інструментів «Креслення». Потім, відповідно до отриманого повідомлення, виберіть відображення «головний вид» і клацніть його лівою кнопкою миші. З цього виду побудуємо ізометричний вигляд. Для цього відведіть покажчик миші вправо і вниз, поки не з'явиться ізометричне зображення.

У SolidWorks можна вирізати, копіювати і вставляти креслярські види в межах одного аркуша, так і з одного листа в іншій. Можна також витягувати види з аркуша в аркуш усередині одного документа креслення. Для цього необхідно активізувати креслярський ізометричний вид (наприклад, Креслярський вид б) шляхом вибору виду або на аркуші.



SolidWorks в «Дереві конструювання». Тепер натисніть кнопку  – «вирізати», або  – «копіювати» на панелі інструментів «стандартна» або виберіть команду меню **Правка | вирізати** або **Правка | Копіювати**. Потім активізуйте «Лист 2», вкажіть мишею місце і натисніть кнопку  – «Вставка» панелі інструментів «стандартна» або виберіть команду меню **Правка | Вставити**. Асоціативний зв'язок при перенесенні або копіюванні виду зберігається.

Перемістити або скопіювати вид можна також за допомогою «Дереві конструювання». Для того, щоб перемістити вид, захопіть мишею і перетягніть значок креслярського виду в «Дереві конструювання» на значок цільового аркуша. Для того, щоб копіювати вид, утримуючи клавішу <Ctrl>, захопіть мишею і перетягніть значок креслярського виду в

«Дереві конструювання» на значок цільового аркуша. Скопійований або переміщений вид з'являється на цільовому аркуші в тому ж місці, в якому він знаходився на початковому. Після копіювання або переміщення можна змінити положення виду на аркуші, переміщаючи його мишею.

Після закінчення роботи необхідно зберегти креслення, вибравши команду **Файл | Зберегти** або натиснувши кнопку  – «Зберегти» в панелі інструментів «Стандартна». Оскільки креслення формувалося з початкової моделі, програма у вікні, що з'явилося, «Зберегти як» сама пропонує зберегти креслення під іменем «деталь.slddrw». Необхідно тільки натиснути на клавішу «Зберегти». Надалі програма більше не питатиме ім'я файлу.

5.2.3 Можливості SolidWorks при оформленні креслень

При оформленні креслень часто стикаються з необхідністю створення розрізів. Для створення розрізу необхідно натиснути кнопку  **Розріз** – Розріз з панелі інструментів «Команди креслеників» і побудувати вертикальну лінію, що перетинає головний вид креслення, щоб отримати вертикальний слід січної площини. У місці розташування курсору повинен з'явитися зразок розрізу (рис. 5.3а). Зразок переміщатиметься уздовж горизонтальної лінії, оскільки він прив'язаний до виду. Щоб розірвати зв'язок, натисніть клавішу <Ctrl> і помістіть розріз в необхідне місце. Клацніть лівою кнопкою миші. Може статися, що січна; площина проходить не в тому місці виду, де потрібно. Тоді слід захопити мишею лінію, що представляє цю площину на вид, і перетягнути на нове місце. Після такої операції необхідно провести оновлення креслення, натиснувши кнопку  – **Перебудувати**. Новий вид буде побудований також з розмірами, а в Дереві Конструювання з'явиться новий елемент «Розріз А-А». Видаліть розміри і з цього виду, щоб вони не заважали.

Для повнішої інформації про деталь, необхідне створення місцевого виду. Створення місцевого виду викликається командою «Місцевий вид» з панелі інструментів «Креслення». Побудуйте коло на даному розрізі. У

місці розташування кола повинен з'явитися зразок місцевого виду. Зразок перемістіть в необхідне місце, і зробіть клацання мишею. У вас повинно вийти приблизно наступне (рис. 5.3б).

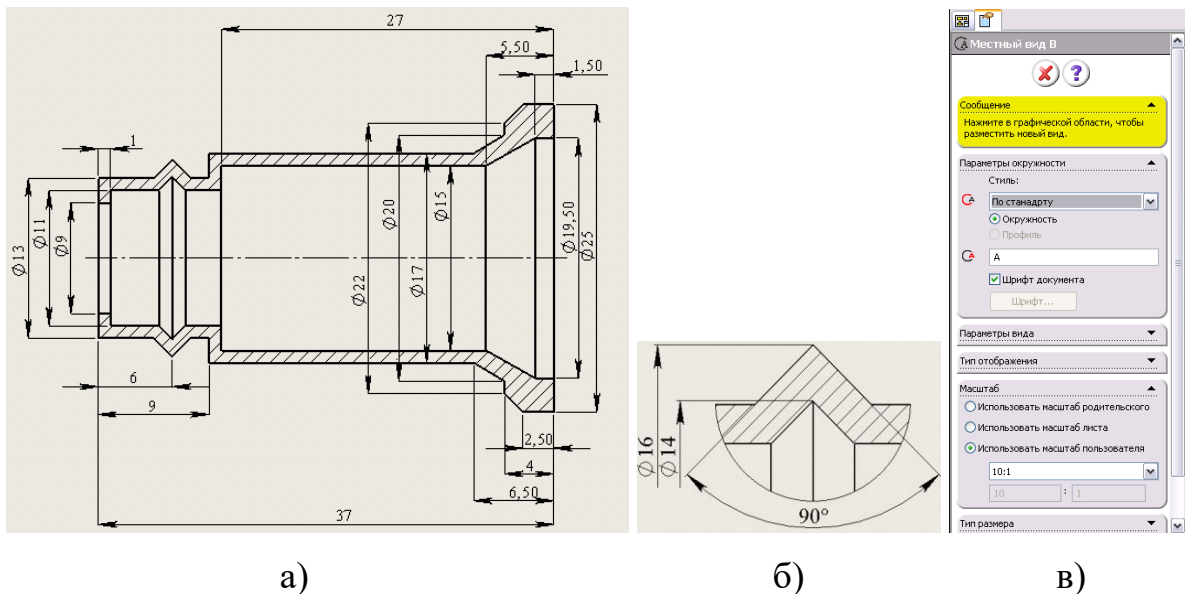


Рисунок 5.3 – Оформлення кресленника (а), місцевий вид (б) і налаштування діалогового вікна «Місцевий вид» (в) панелі інструментів «Кресленник»

Побудовані види можуть редагуватися. Якщо який-небудь вид зробити активним (клацнути по ньому мишею), то з лівого боку екрану в Менеджері властивостей з'явиться діалогове вікно, в якому можна змінювати параметри даного виду. Наприклад, змінимо масштаб відображення даного виду. Зробимо вид активним, клацнувши по ньому мишею. У діалоговому вікні «Місцевий вид В» перемикач «Масштаб» встановіть в положення «використати масштаб користувача» і у випадному списку необхідно вибрати «налаштування користувача». Тепер в спеціальному діалоговому вікні (рис. 5.3в) встановіть масштаб 10:1 для збільшення зображення на кресленні. Після цього натисніть кнопку ОК, і місцевий вид буде збільшений.

5.3 Порядок оформлення звіту

В якості звіту по проведеній роботі необхідно представити два кресленника – деталей прокату (комп'ютерний практикум №1) та обертання

(комп'ютерний практикум №2) побудованих на аркушах формату А4 оформлених згідно стандарту ЄСКД.

Контрольні запитання, що виносяться на захист даного комп'ютерного практикуму, будуть стосуватися можливостей SolidWorks при оформленні конструкторської документації.

Критерії оцінювання:

10 балів – коректно оформлена з конструктивної точки зору модель, і отримано відповіді на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **7..6 балів** – модель має несуттєві помилки в конструкції, або не отримано вичерпних відповідей на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **4...5 балів** – несуттєві помилки в моделі (наприклад, ескізи, по яким побудована модель, не мають прив'язок до «світової системи координат» яка використовується в програмному комплексі), і не отримано відповідей, яким чином зроблено той чи інший вузол моделі засобами SolidWorks; **2...3 бали** – модель або не може бути виготовленою наявними засобами виробництва, або студент не може пояснити як побудувати модель засобами SolidWorks; **1 бал** – наявність суттєвих помилок в конструкції моделі, **0 балів** – відсутність звіту.

5.4 Контрольні завдання для підготовки до заняття

1. Що означає поняття «асоціативний зв'язок»?
2. Як в SolidWorks створювати додаткові площини?
3. Як в SolidWorks здійснювати повне визначення ескізу?
4. Як в SolidWorks задавати види без проекційних зв'язків?
5. У якій закладці, що представлені в стрічці команд SolidWorks знаходиться та, яка призначена для визначення позиційного допуску, довжини, кута, замкненого контуру, площі, відстані, радіуса чи діаметру ?
6. Як побудувати додаткову площину, яка проходить по діагоналі між двома рядами труб в пучку?
7. Як в SolidWorks створювати тривимірні масиви?
8. Як в SolidWorks створювати місцеві розрізи?
9. Як в SolidWorks створювати ступеневі розрізи?

Комп'ютерний практикум № 6. Конструювання моделі топкових екранів

6.1 Мета та завдання роботи

Мета роботи – ознайомитись з можливостями побудови тривимірних конструкцій топкових екранів котлів у вигляді деталей, збірок і креслень у форматі програми SolidWorks. В процесі освоєння процесу розробки деталей і збірок студенти зможуть отримати необхідні навички роботи з програмою SolidWorks і в найкоротший час освоїти деякі тонкощі в роботі цієї програми.

Завдання роботи – побудувати тривимірну модель бокових топкових екранів котельних агрегатів. Завдання на роботу представлено на рис. 6.1 і рис. 6.2 (N – номер за списком академічної групи).

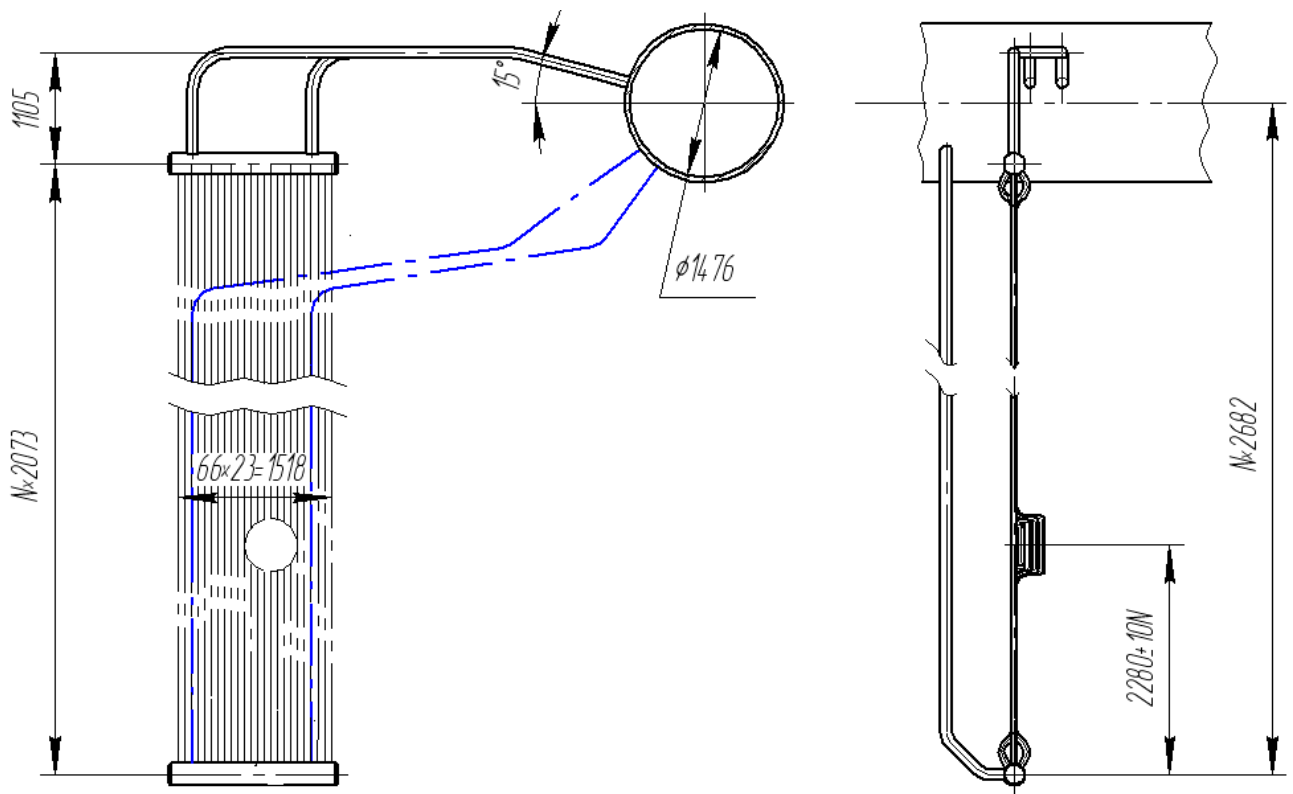
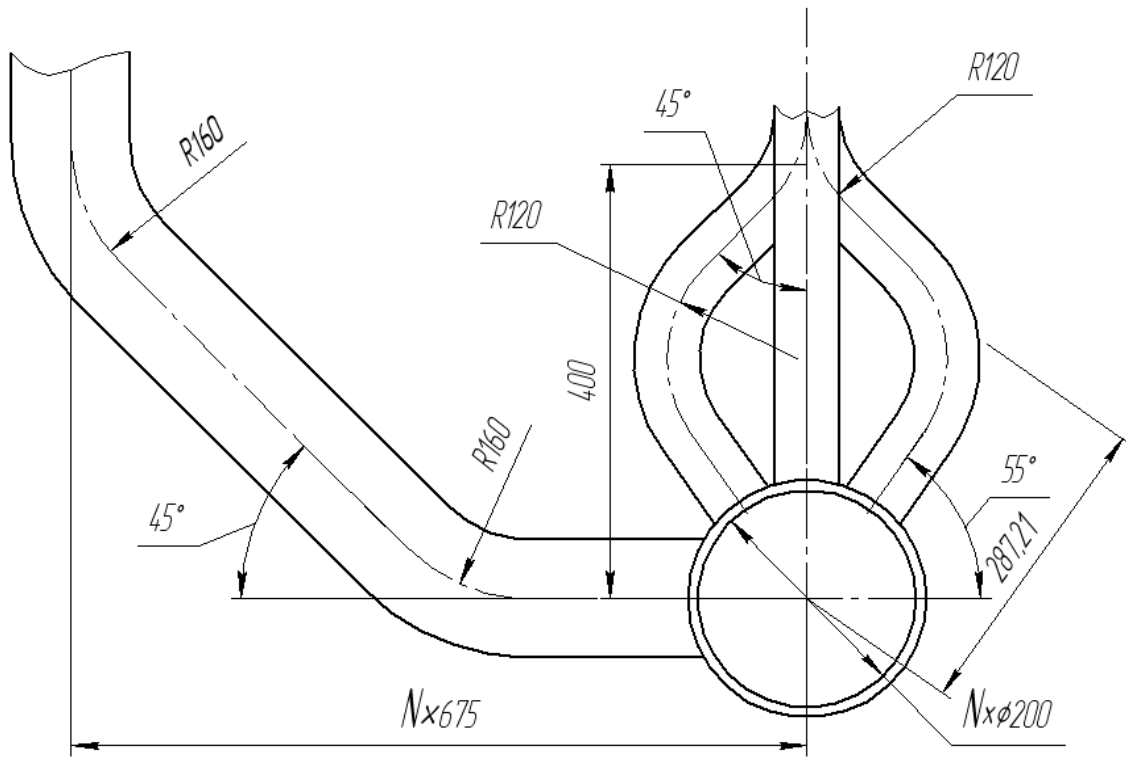
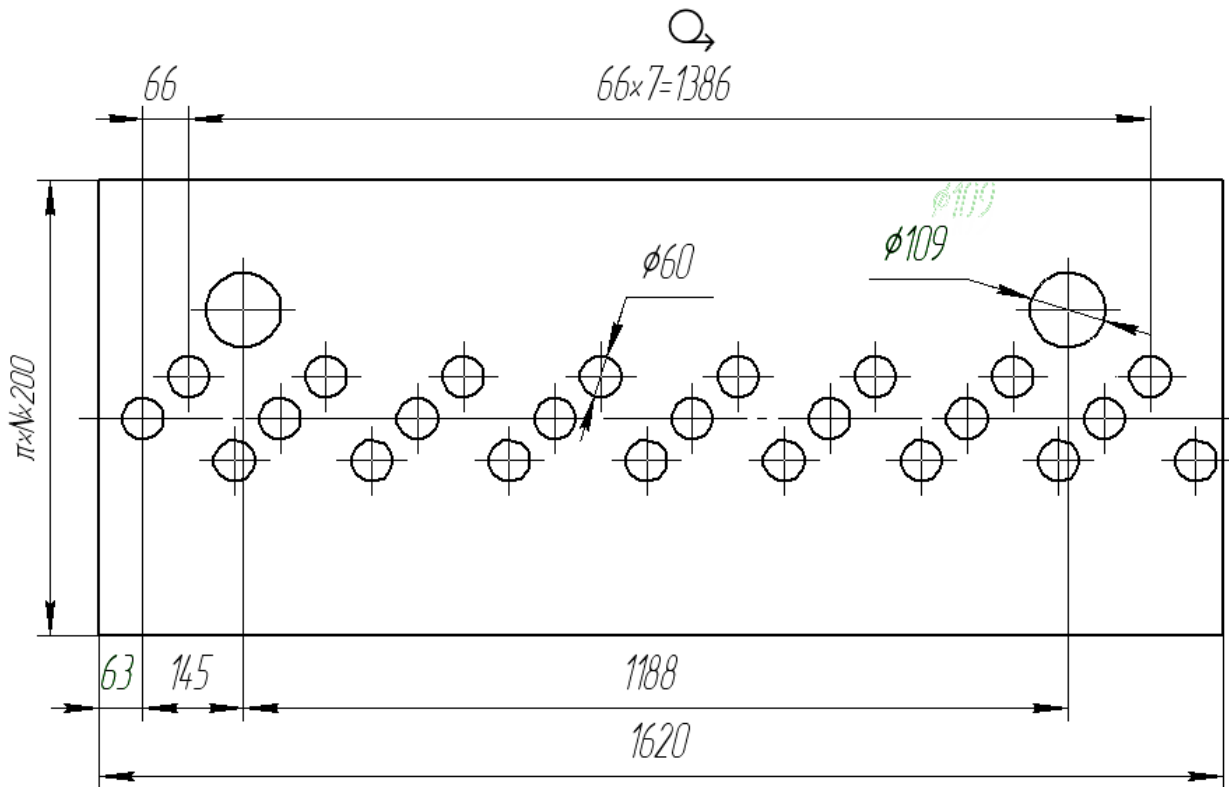


Рисунок 6.1 – Опускний колектор (а) і розгортка (б)



a)



б)

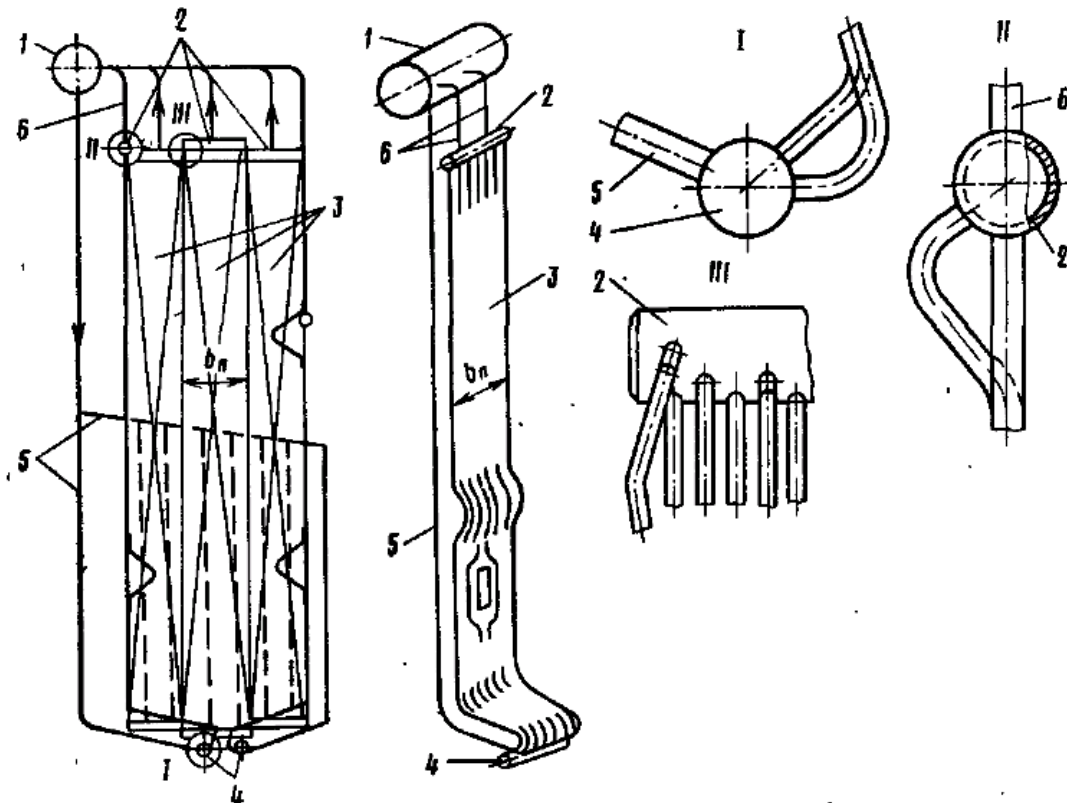
Рисунок 6.2 – Опускний колектор (а) і розгортка (б)

6.2 Загальні відомості про конструкції топкових екранів

6.2.1 Загальні відомості про конструкції топкових екранів

Одною з найважливіших конструкцій котла є топкові екрани. При спалюванні палива в топці котла, теплота від згорання палива сприймається екранами, що захищають зсередини топку, в яких рухається робоче тіло.

Екрани барабаних котлів з природною циркуляцією для зменшення опору виготовляють з труб великого діаметру (60x4, 60x5, 50x5 мм) з мінімальним числом вигинів (рис. 6.3). Вигини розташовані у верхніх 2 і нижніх 4 збірних колекторів, в місці розташування пальників.



1 – барабан; 2 і 4 – верхні і нижні збірні колектори; 3 – панель екрану;
5 – опускна труба; 6 – паровідвідна труба.

Рисунок 6.3 – Екрани котла з природною циркуляцією (топка з рідким шлаковидаленням)

6.2.2 Особливості комп'ютерного моделювання топкових екранів в програмі SolidWorks

Для створення моделі екрану, необхідно сформувати ряд тривимірних ескізів труб, колекторів, барабана, елементи труб, що потім повторюються, розмножити за допомогою функції (масив).

На рис. 6.4 представлена комп'ютерна модель збірного колектора. Відповідне розташування отворів під підйомні і опускні труби обумовлене в першу чергу питаннями забезпечення міцності колектора. Отвори під підйомні труби розташовані під деяким кутом φ до горизонту і розташовані в три ряди так, щоб крок між трубами був рівний.

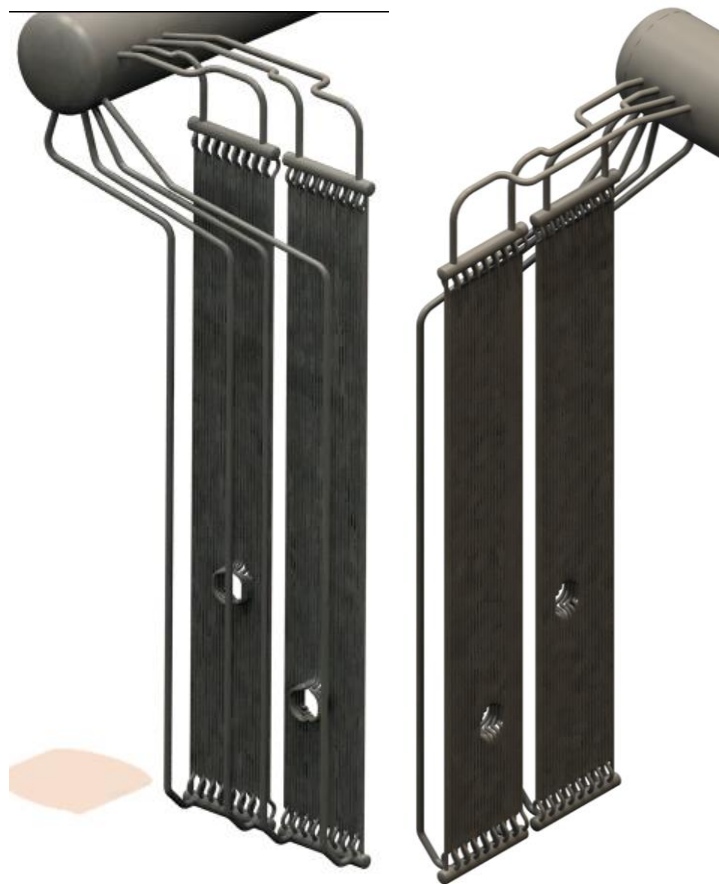


Рисунок 6.4 – Комп'ютерна модель топкових екранів

Комп'ютерна модель колектора може будуватися декількома способами. Нижче приведені етапи одного з багатьох способів побудови деталей такого типу:

1. У фронтальній площині декартової системи координат будуємо коло заданого діаметру D ;
2. За допомогою меню «елементи» диспетчера команд вибираємо команду «витягнута бобишка/основа» і виконуємо наступну послідовність дій:
3. Вказавши напрям побудови, встановлюємо геометричну висоту циліндра;
4. Активувавши відмітку «тонкостінний елемент», указуємо товщину циліндрової оболонки;
5. У профільній площині циліндра будуємо ескіз кола труби зовнішнім діаметром d_1 . Побудова здійснюється по задалегідь побудованому у вибраній площині ескізу кола труби за допомогою команди «витягнутий виріз»;
6. Розмножуємо побудований виріз за допомогою команди «Лінійний масив». Для успішного завершення цієї команди необхідно вказати напрям масиву і заповнити поля «інтервал» і «кількість екземплярів» (у нашому випадку подвійний крок і кількість труб (рис. 6.5));

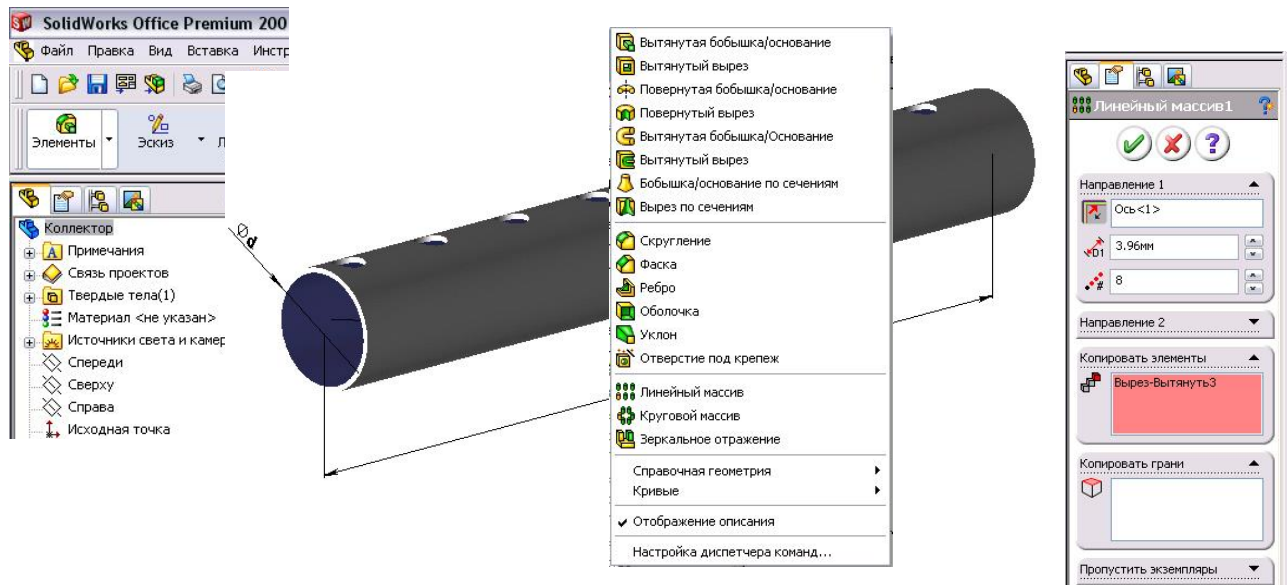


Рисунок 6.5 – Модель колектора з першим рядом отворів

7. На відстані кроку від осі першого отвору для вертикальних підйомних труб будуємо допоміжну площину за допомогою команд

«Вставка»→ «Справочна геометрія»→ «Площина»→ «Зміщення». При цьому в полі «відстань зміщення» необхідно внести величину кроку між ребрами;

8. У побудованій площині, використовуючи команди меню «ескіз» диспетчера команд, креслимо ескіз отвору чергової труби. Побудова вирізу під отвір здійснюється за допомогою команди «Повернутий виріз» (рис. 6.6);

9. Для отримання ряду отворів, необхідно побудований виріз розмножити за допомогою команди «лінійний масив»;

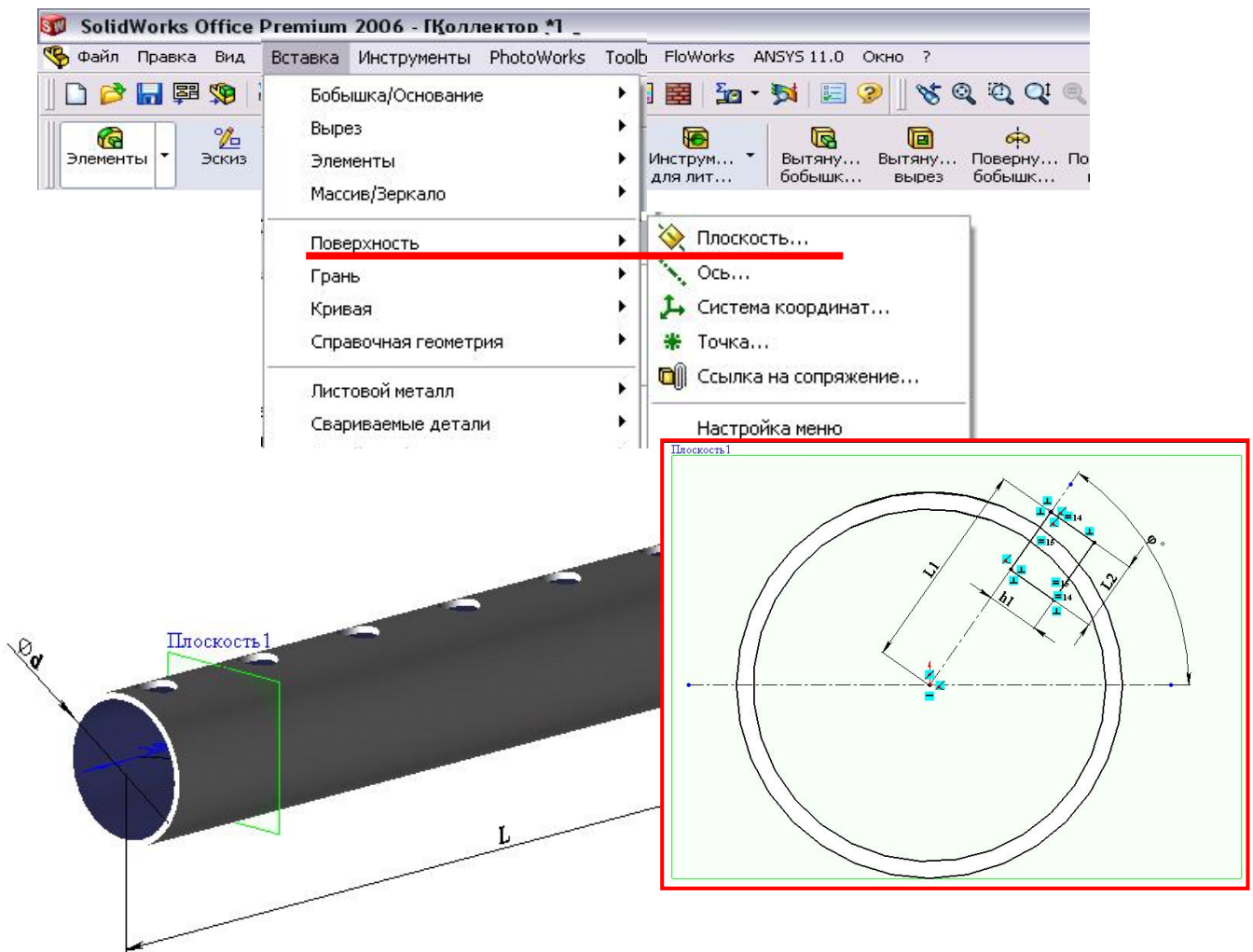


Рисунок 6.6 – Методика побудови отворів за допомогою команди «Повернений виріз»

10. Побудова наступного ряду отворів робиться аналогічно.

11. Для того, щоб модель колектора мала завершений вигляд, необхідно торці циліндрової заготовки закрити еліптичними кришками (рис. 6.7).

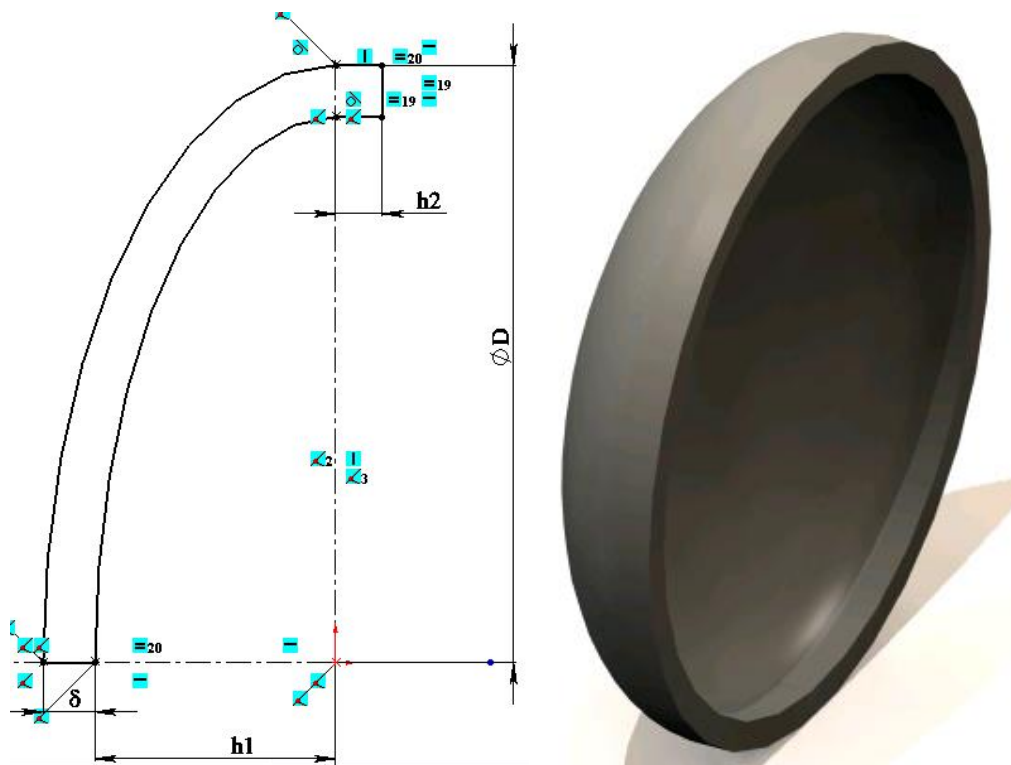


Рисунок 6.7 – Модель еліптичної кришки

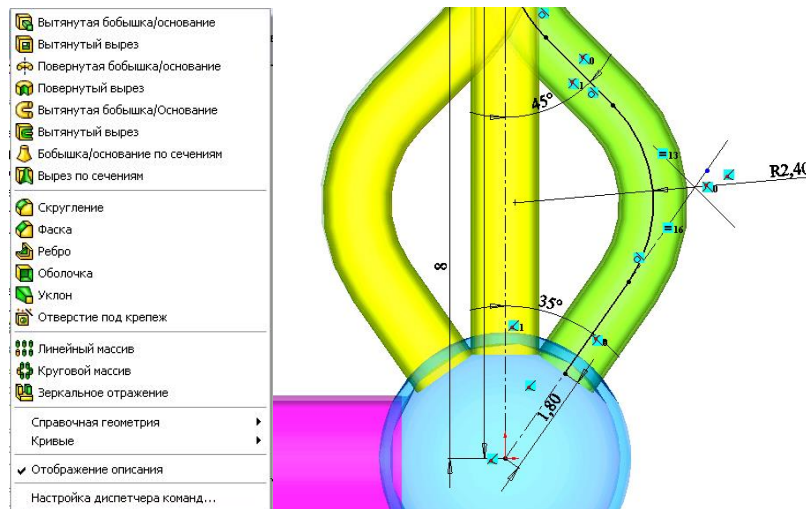
З цією метою, необхідно виконати наступні етапи:

11.1. Накреслити двомірний ескіз еліптичної кришки, а потім отримати тривимірну модель кришки;

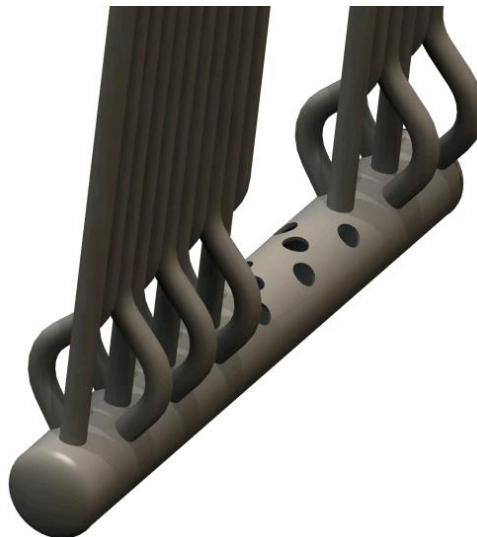
11.2. Скласти тривимірну збірку деталей – циліндрової заготовки і двох кришок. Деталі збираються по черзі: спочатку збираються циліндрова заготовка з однією еліптичною кришкою, потім до отриманої збірки додається друга кришка. На процесі побудови тривимірної збірки також детально зупинятися не будемо.

Таким чином, отримано тривимірну модель збірного колектора. Проте, в топкових екранах парових котлів зазвичай використовуються два колектори – верхній і нижній. Отже, необхідно створити збірку в якій присутні два геометрично однакових колектора, але розташованих на деякому віддаленні один від одного.

Побудова представлених на кресленні підйомних трубопроводів (рис. 6.8) здійснюється за допомогою команд «бобишка по траєкторії», «ескіз» (мається на увазі двомірний ескіз) і «тривимірний ескіз». Використання двох останніх команд продиктоване тим, що в даній тривимірній моделі топкового екрану частина підйомних труб має порівняно просту конструкцію і при їх побудові можна використовувати функцію двомірного ескізу, а частина труб, які огинають місця установки пальників необхідно будувати із застосуванням функції складного тривимірного ескізу.



a)



б)

Рисунок 6.8 – Ескіз для побудови підйомної труби (а) та зовнішній вигляд моделі підйомних труб (б)

Порядок побудови підйомної труби з двовимірним ескізом траєкторії можна представити в наступному вигляді:

- Щоб уникнути неузгодження в розмірах, будувати контур траєкторії необхідно, ґрунтуючись на ескізах отворів в колекторі. З цією метою необхідно завантажити збірку колектора і зберегти її під іншим ім'ям. Потім в знов збереженому файлі вибрати команду «Вставка»→ «Компонент»→ «Нова деталь». Система захоче ввести локацію і ім'я нової деталі, а після цього дасть запит на місцеположення першого ескізу деталі. В цьому випадку необхідно курсором миші (біля курсору з'являється відповідний знак паралелепіпеда), вказати на одну з допоміжних площин, в якій побудований отвір під підйомну трубу – ескіз траєкторії труби побудовано;

- Для роботи команди «бобишка по траєкторії» необхідно два ескізи – ескіз траєкторії труби і ескіз її поперечного перетину. Ескіз перетину обов'язково повинен будуватися на площині, перпендикулярній площини ескізу траєкторії. Тому використовується команда «Вставка»→ «Довідкова геометрія»→ «Площина»→ «Кут», за допомогою якої можна створити площину, розгорнену на деякий кут відносно горизонту.

- Активувати обидва ескізи і за допомогою команди «бобишка по траєкторії» побудувати тривимірну підйомну трубу;

- Розмножити отриману трубу за допомогою команди «лінійний масив». Для цього в збірці необхідно викликати команду «Вставка»→ «Масив компонента»→ «лінійний масив» і в полях «інтервал» і «кількість екземплярів» вказати крок і кількість труб.

Після деактивації режиму редагування деталі і збереження збірки, можна приступати до моделювання геометрично складних моделей підйомних труб за допомогою команди «тривимірний ескіз». Це труби розташовані поблизу місцерозташування пальників (рис. 6.9). Методика побудови труби на основі тривимірних ескізів містить наступні етапи:

- виконати операції, викладені вище для збереження моделі деталі труби;

- вибрати площину побудови траєкторії труби і запустити команду «тривимірний ескіз»;
- накреслити «грубо», з прямих ліній (за допомогою команди «лінія» меню «тривимірний ескіз»), без плавних вигинів і скруглень траєкторію труби в трьох декартових площинах. У тривимірному ескізі перемикання між двовимірними площинами здійснюється за допомогою клавіші на клавіатурі «ТАБ», при цьому біля курсору миші виникає позначення координатних осей декартової системи координат;
- використовуючи команду «скруглити» меню «тривимірний ескіз», завершити побудову траєкторії підйомної труби;

Виконати операції по створенню площини і перетину труби які необхідні для налаштування команди «бобишка по траєкторії» яка створить в тривимірному просторі комп'ютерну модель підйомної труби в області амбразури пальника.

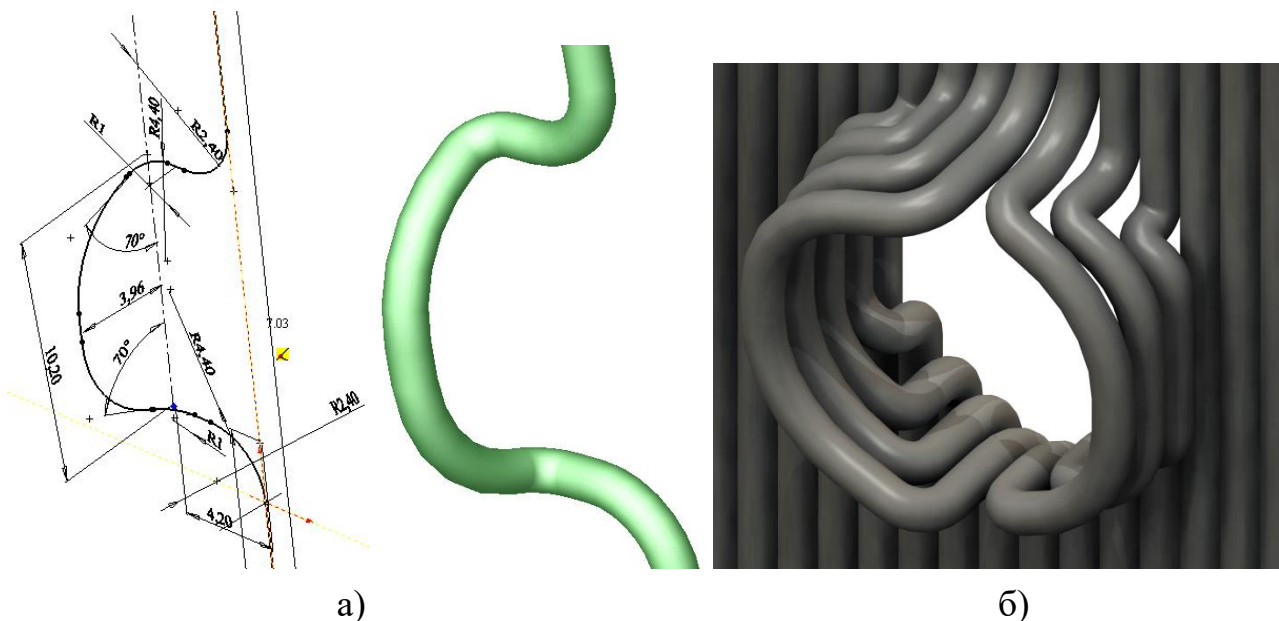


Рисунок 6.9 – Ескіз (а) і деталь (б) побудована за допомогою тривимірною ескізу

Опускні і парові труби моделюються аналогічно, при цьому, згідно кресленню (рис. 6.4), траєкторія осі труб розташована в двох взаємно-перпендикулярних площинах. Як варіант, для простоти і зручності

побудови доцільно використовувати команду «тривимірний ескіз» меню «ескіз» і методику, описану в п.п.2.

Барабаном котла є циліндрична деталь, закрита еліптичними кришками. Креслення цієї деталі рекомендується виконати за довільними розмірами (окрім заданого на кресленнику завдання діаметру барабана), з метою придання збірці завершеного вигляду (рис. 6.10).

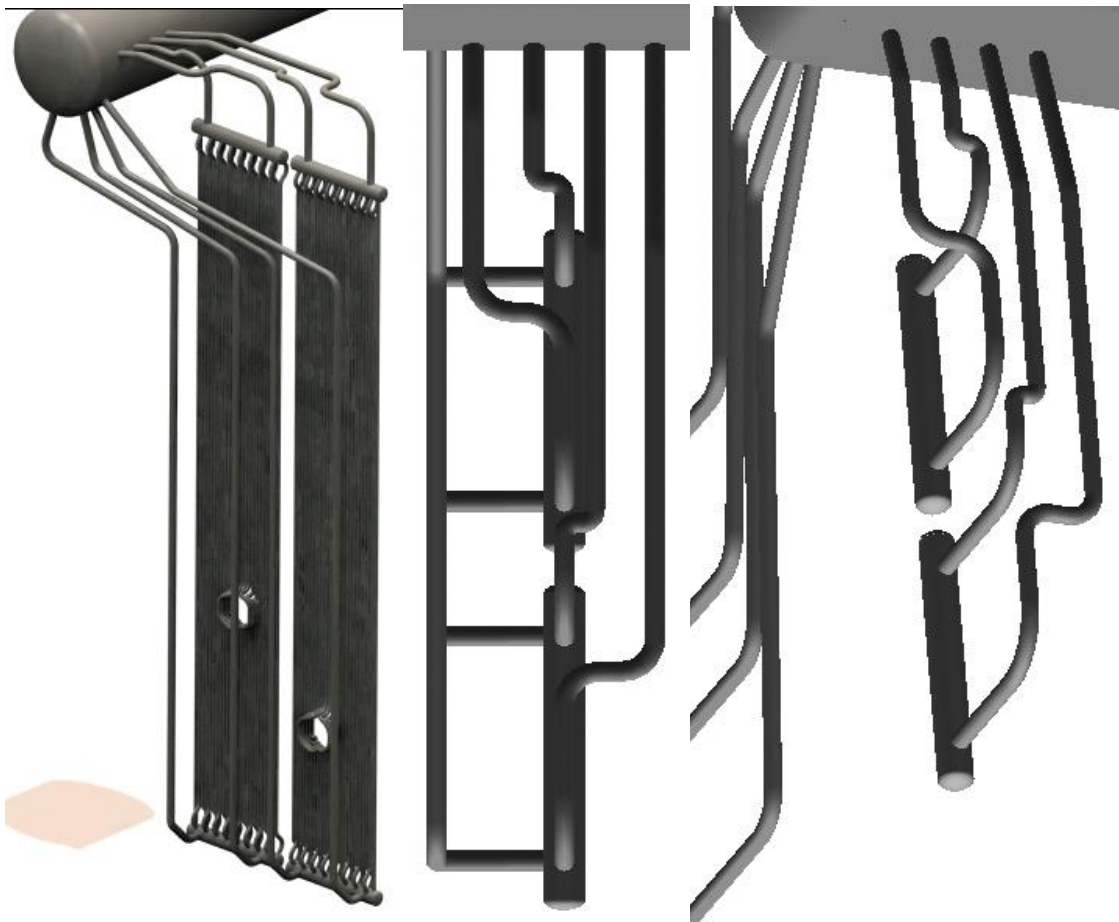


Рисунок 6.10 – Остаточний вид топкових екранів

6.3 Порядок оформлення звіту

Звіт по проведеній роботі повинен містити побудований згідно заданих розмірів кресленик бокового топкового екрану, фотографію розробленої тривимірної деталі і мати наступну структуру:

- ◆ Назва і мета роботи.
- ◆ Кресленик-завдання.

◆ Тривимірна модель топкового екрану.

В якості контрольних запитань, що виносяться на захист даного комп'ютерного практикуму будуть завдання щодо порядку повного визначення ескізу, створення тривимірних масивів тощо.

Оцінювання проходить згідно наступних критеріїв:

10 балів – коректно оформлена з конструктивної точки зору модель, і отримано відповіді на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **7..6 балів** – модель має несуттєві помилки в конструкції, або не отримано вичерпних відповідей на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **4...5 балів** – несуттєві помилки в моделі (наприклад, ескізи, по яким побудована модель, не мають прив'язок до «світової системи координат» яка використовується в програмному комплексі), і не отримано відповідей, яким чином зроблено той чи інший вузол моделі засобами SolidWorks; **2...3 бали** – модель або не може бути виготовленою наявними засобами виробництва, або студент не може пояснити як побудувати модель засобами SolidWorks; **1 бал** – наявність суттєвих помилок в конструкції моделі, **0 балів** – відсутність звіту.

6.4 Контрольні запитання для підготовки до заняття

1. Можливості SolidWorks при розробці збірок.
2. Як в SolidWorks використовувати прив'язки?
3. Як в SolidWorks задавати види без проєкційних зав'язків?
4. Як в SolidWorks редагувати розмір і формат кресленика?
5. Які є способи побудови збірок в SolidWorks?
6. Як в SolidWorks створювати тривимірні масиви?
7. Як в SolidWorks створювати ступеневі розрізи?
8. Які етапи створення роз'ємного з'єднання в SolidWorks?

Комп'ютерний практикум № 7. Виготовлення опоки форми для лиття

7.1 Мета та завдання роботи

Мета роботи – опанувати методику роботи з формами для лиття методами SolidWorks.

Завдання роботи – побудувати тривимірну деталь маховика вентиля і форму для виготовлення маховика методом лиття. Кресленик маховика приведений на рис. 7.1б. Завдання для окремих студентів відрізняються один від одного перерізом обода маховика рис. 7.1а.

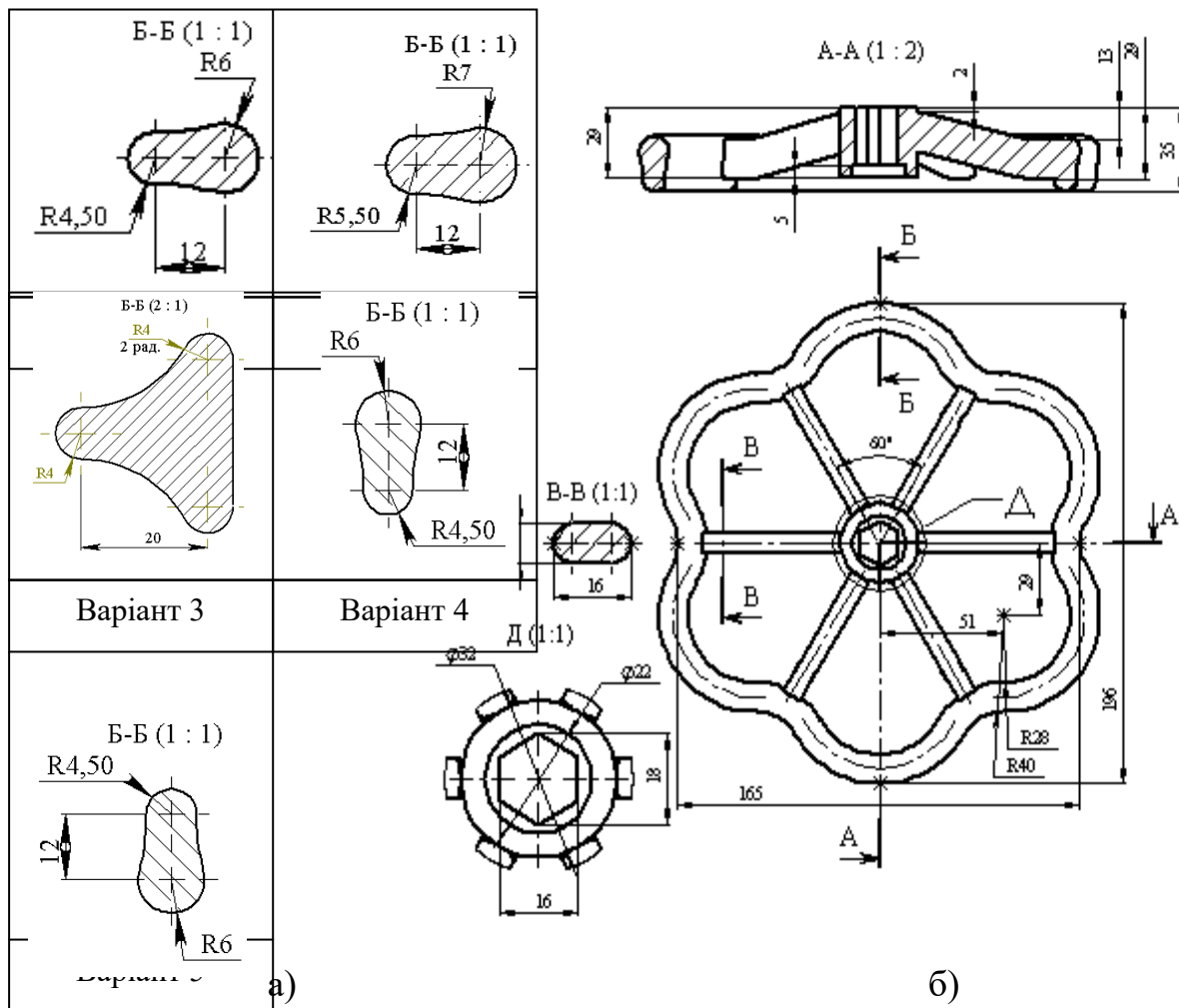


Рисунок 7.1 – Варіант індивідуального завдання (а) та кресленик «маховика» (б)

7.2 Робота з формами для лиття в середовищі SolidWorks

Інструменти роботи з ливарними формами в SolidWorks при проектуванні виробів доцільно використовувати в трьох випадках [6]:


- для створення двох половин форми для лиття з вирізом порожнини під деталь;
- для створення штампу з поверхнею штампувальної деталі;
- для створення в деталі порожнини складної форми, коли цю порожнину складно отримати простим або поверненим вирізом, а також їх поєднанням.

У всіх випадках необхідно буде виконати наступну послідовність операцій:

1. Створення тривимірної моделі проектованої деталі, тобто тієї деталі, з якої необхідно надалі створити ливарну форму або порожнину.
2. Створення тривимірної моделі підстави форми для лиття, тобто деталі, яка міститиме порожнину для проектованої ливарної деталі або матиме форму штампувальної деталі.
3. Створення проміжної збірки, в якій відбуватиметься відносне розміщення проектованої деталі і підстави форми для лиття.
4. Створення похідних деталей компоненту, тобто тих деталей, які будуть половинами форми для лиття після розрізу підстави. Причому кожна половина форми для лиття може зберігатися як окрема деталь, для якої надалі можна зробити робочі креслення.


Всі перераховані процедури можна виконати за допомогою набору інтегрованих інструментів, які контролюють процес створення форми для лиття. Завершивши модель, можна скористатися цими інструментами для аналізу і виправлення недоліків моделей SolidWorks. Інструменти форми для лиття охоплюють всі процеси від початкового аналізу до створення розділення інструментів.

Якщо на екрані відсутні інструменти форми для лиття з кнопками команд, відобразити їх, можна виконавши команду **Інструменти | Налаштування**, і на вкладці «Панель інструментів» необхідно встановити

прапорець «інструменти для литтєвих форм». Після чого натисніть кнопку ОК, і панель інструментів відобразиться на екрані. За замовчуванням в цій панелі може бути відсутньою кнопка  – «Порожнина», тому її необхідно додати. Для цього потрібно вибрати команду **Інструменти | Налаштування**, знайти на вкладці «Команда» в категорії «інструменти для литтєвих форм» і перетягнути мишею значок «Порожнина» на панель «інструменти для литтєвих форм». Після всіх маніпуляцій необхідно натиснути кнопку ОК.

7.2.1 Проста ливарна форма. Створення вихідних деталей.

Як приклад формування форми для відливання розглянемо процес створення форми для відливання деталі типу маховик. Відомими способами створіть дві окремі деталі (рис. 7.2). Перша деталь, маховик, креслення якого приведене на рис. 7.2 збережіть у файлі «маховик.sldprt» (деталь, яку потрібно відлити, або деталь, з якою потрібно зробити порожнину). Другу деталь, куб з довжиною ребра 500 мм, збережіть у файлі «форма.sldprt» (деталь, з якої потрібно зробити ливарну форму, або ж деталь, в якій потрібно зробити порожнину).

Тепер створіть збірку і вставте спочатку деталь «форма» потім деталь «маховик». При цьому деталь «форма» буде зафіксована (поряд із значком деталі стоятиме буква (ф)). Перемістіть «маховик» приблизно в центр ливарної форми. Для переміщення деталі скористайтеся кнопкою  – «перемістити компонент» з панелі інструментів «збірка». Щоб зручніше було орієнтуватися всередині деталі, її можна зробити напівпрозорою. Для цього наведіть курсор миші на основу і натисніть праву кнопку миші. З'явиться контекстне меню, в розділі «компонент» виберіть пункт «властивості». У діалоговому вікні «властивості компонента», що з'явилося, необхідно натиснути на кнопку колір. У новому вікні «колір збірки» натисніть кнопку «додатково». У вікні

«додаткові властивості» пересуньте повзунок «прозорість» в середнє положення. Виконавши все це, натисніть кнопку ОК (три рази).

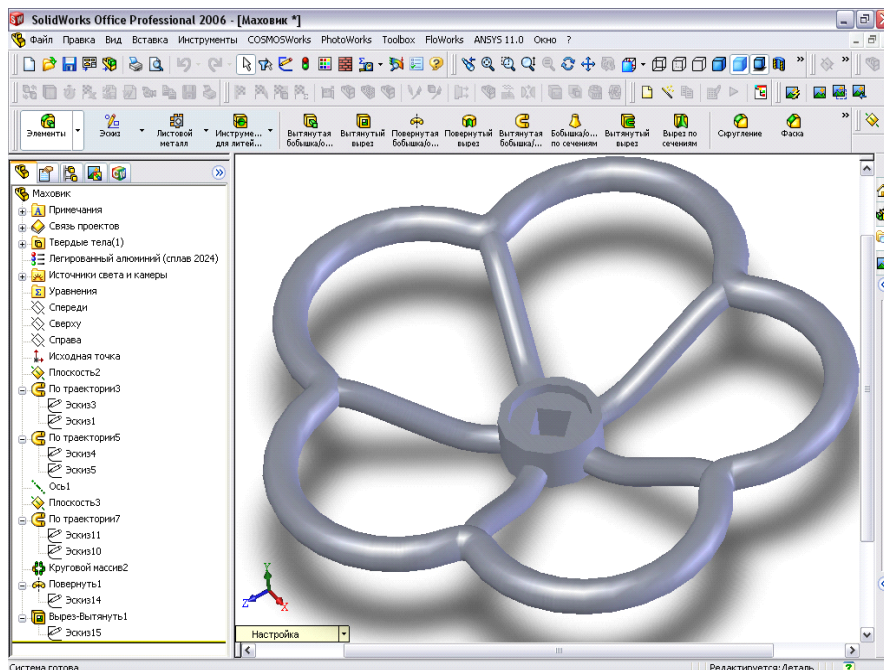


Рисунок 7.2 – Деталь типу «маховик» побудована в середовищі SolidWorks

В результаті повинен вийти напівпрозорий куб, в якому розміщується маховик рис. 7.3). Збережіть збірку під ім'ям «маховик.sldpasm».

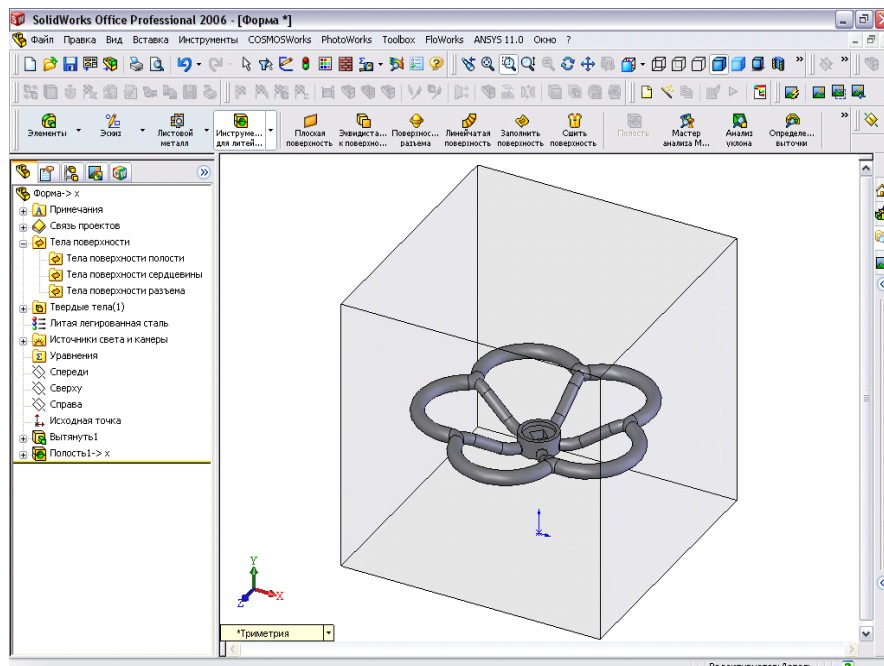


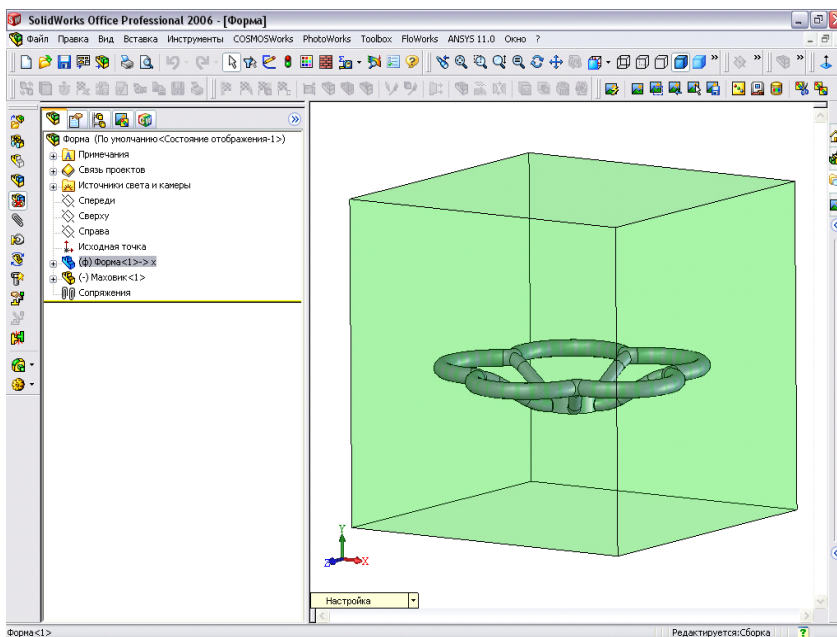


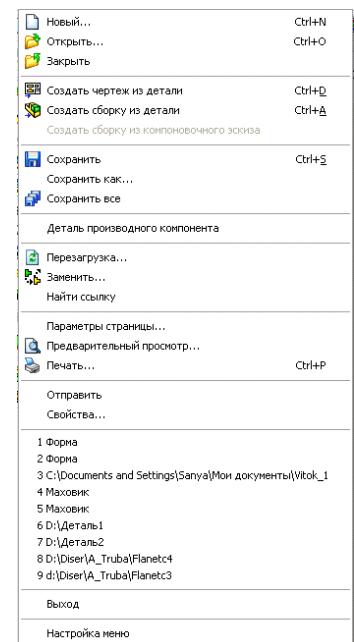
Рисунок 7.3 – Візуалізація порожнини в майбутній формі

7.2.2 Редагування деталі і вставка в неї порожнини

Виділіть деталь форми, клацнувши мишею по деталі в збірці або в «дерева конструювання». Потім в панелі інструментів Збірки натисніть кнопку  – «редагувати деталь». Тепер в панелі інструментів «інструменти для литєвих форм» необхідно натиснути кнопку  – «порожнина». У «менеджерів властивостей», що з'явився, і діалоговому вікні «порожнина» вибрати литєву форму деталь. В результаті виконаних операцій ми отримали форму з порожниною, що має форму деталі «маховик.sldprt» (рис. 7.4, рис. 7.4а). Таким чином, можна отримувати порожнини в деталях будь-якої складності. При цьому змінилася початкова деталь, що входить в збірку. Щоб зберегти зміни, необхідно натиснути кнопку «зберегти».



а)



б)

Рисунок 7.4 – Форма з деталлю (а) и меню «Файл» (б)

7.2.3 Створення розрізу деталі

Після створення збірки деталі з порожниною можна перейти до створення допоміжного компоненту деталі в контексті збірки. Це необхідно для того, щоб при створенні двох половин ливарної форми не

пошкодити початкову деталь. У нашому випадку цією деталлю є «форма». Для цього в наявній збірці зробіть активною деталь «форма», клацнувши мишею по деталі на екрані збірки або в «дерева конструювання». Далі виберіть команду **Файл | Деталь** похідного компоненту (рис. 7.4б). В результаті даних дій новому вікні повинна з'явитися деталь «форма».

Тепер на передній грані нової деталі за допомогою інструментів ескизу необхідно побудувати лінію приблизно так, як показано на рис. 7.5. Це дозволить отримати дві половини однієї ливарної форми.

Після побудови передбачуваної лінії роз'єму, можна розрізати наявну деталь на дві половини, Для цього скористаємося панеллю інструментів «елементи».

Крім того, SolidWorks дозволяє, щоб лінія роз'єму не обов'язково була прямою і розташовуватися строго перпендикулярно напрямку роз'єму. Як лінія роз'єму можна використовувати лінію, розташовану під кутом до напрямку роз'єму, ламану лінію або навіть сплайн. Виділіть лінію розрізу і натисніть на панелі інструментів «елементи» кнопку – «витагнутий виріз». Відкриється діалогове вікно «Виріз-витагнути» де слід натиснути кнопку ОК. В результаті Ви отримаєте одну половину (нижню) ливарної форми так, як по казано на рис. 7.5а. Збережете отриману деталь під ім'ям підстава «форма1.sldprt».

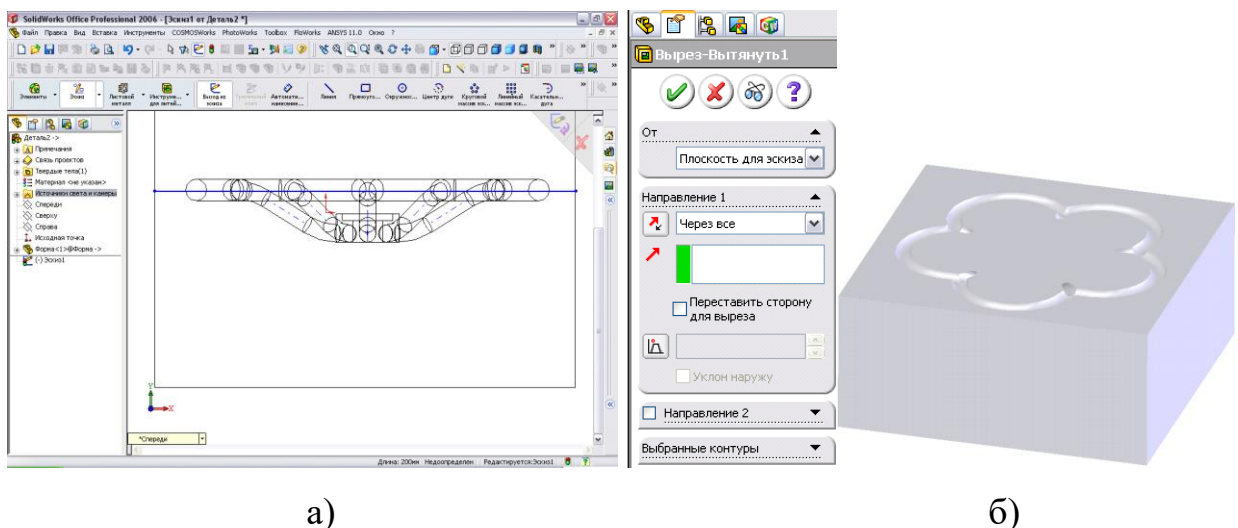


Рисунок 7.5 – Форма с деталлю (а) и меню «Файл» (б)

Для отримання другої (верхньою) половини форми клацніть правою кнопкою миші в «дереві конструювання» на елементі «Виріз-витягнути» і в контекстному меню, що з'явилося, виберіть «Редагувати визначення». У діалоговому вікні «Виріз-витягнути 1», що знов з'явилося, у вкладиші «Напрям 1» встановіть прапорець «Переставити сторону для вирізу». Натиснення кнопки «ОК» сприятиме отриманню, другої половини ливарної форми. Деталь повинна виглядати приблизно оскільки показано на рис. 7.5б. Оскільки друга форма отримана за допомогою редагування першої для збереження цієї половини в окремому файлі виконаєте команду **Файл | Зберегти як** і задайте ім'я файлу, наприклад «форма2.sldprt».

7.3 Порядок оформлення звіту

В якості звіту по проведеній роботі необхідно представити фотографії:

- модель деталі, яку необхідно відлити або створити з неї порожнину в іншій деталі;
- модель підстави, з якої необхідно зробити литтєву форму, або деталі, в якій необхідно зробити порожнину;
- моделі двох половин ливарної форми.

Контрольні запитання, що виносяться на захист даного комп'ютерного практикуму, будуть стосуватися можливостей SolidWorks при розробці ливарних форм.

Оцінювання проходить згідно наступних критеріїв:

10 балів – коректно оформлена з конструктивної точки зору модель, і отримано відповіді на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **7..6 балів** — модель має несуттєві помилки в конструкції, або не отримано вичерпних відповідей на питання щодо особливостей застосування програмного комплексу при створенні моделі; **4...5 балів** – несуттєві помилки в моделі (наприклад, ескізи, по яким побудована модель, не мають прив'язок до «світової системи координат» яка використовується в програмному комплексі), і не отримано відповідей, яким чином зроблено той чи інший вузол моделі

засобами SolidWorks; **2...3 бали** – модель або не може бути виготовленою наявними засобами виробництва, або студент не може пояснити як побудувати модель засобами SolidWorks; **1 бал** – наявність суттєвих помилок в конструкції моделі, **0 балів** – відсутність звіту.

7.4 Контрольні завдання для підготовки до заняття

1. Як переналаштувати SolidWorks для роботи з литтєвими формами?
2. Як в SolidWorks створювати додаткові площини?
3. Як в SolidWorks здійснювати повне визначення ескізу?
4. Як в SolidWorks задавати види без проєкційних зав'язків?
5. Як в SolidWorks редагувати розмір і формат кресленика?
6. Як в SolidWorks створювати розгортку?
7. Як в SolidWorks створювати тривимірні масиви?
8. Як в SolidWorks створювати ступеневі розрізи?

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Козяр Микола Миколайович. Комп'ютерна графіка. SolidWorks: Навчальний посібник / М.М. Козяр, Ю.В. Фещук, О.В. Парфенюк. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2018. – 251 с.
2. Ванін, В. В. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі SolidWorks [Текст] : навч. посібник для студ. вищих навч. закл. / В. В. Ванін [та ін.]. – К. : Каравела, 2005. – 336 с.: рис. – (Серія «Вища освіта в Україні»). – Бібліогр.: с. 334.
3. Пашинський В.А. Металеві конструкції. Методичні вказівки та інформаційні матеріали для курсового та дипломного проектування за напрямом підготовки «Будівництво», спеціальністю «Промислове та цивільне будівництво». – Кіровоград: КНТУ, 2012. – 39 с.
4. Повстяной Олександр Юрійович. Основи автоматизованого проектування технологічного обладнання з використанням SolidWorks : навчальний посібник / О.Ю. Повстяной, В.Д. Рудь ; Міністерство освіти і науки України, Луцький національний технічний університет. – Луцьк : РВВ Луцького НТУ, – Ч. 1 : Конструювання. – 2017. – 357 с.
5. Основи роботи з сучасними інтегрованими комплексами. Розділ 2. Основи твердотільного параметричного моделювання в системі SolidWorks [Електронний ресурс] : методичні вказівки до лабораторних робіт для студентів напряму підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. С. В. Плашихін. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,47 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 85 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/29437>).
6. Зінько Роман Володимирович. Системи 3D-моделювання : навчальний посібник / Р.В. Зінько, В.Г. Топільницький. - Львів : Галицька Видавнича Спілка, 2017. - 149 с. (https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000587126&local_base=KPI01).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ванін В. В. Теоретичні основи структурно-параметричного геометричного моделювання виробів машинобудування [Електронний ресурс] : монографія / В. В. Ванін, Г. А. Вірченко, П. М. Яблонський ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,07 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 223 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/50383>).
2. Інженерна графіка. Навчальні завдання [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за спеціальностями 142 «Енергетичне машинобудування», 143 «Атомна енергетика» та 144 «Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В. В. Ванін, Н. В. Білицька, О. Г. Гетьман, Н. В. Міхлевська. – Електронні текстові дані (1 файл: 8,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 64 с (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25954>).
3. Особливості деталювання креслеників загального виду в машинобудуванні [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів теплоенергетичного факультету усіх форм навчання / О. Г. Гетьман, Н. В. Білицька, Г. В. Баскова, В. І. Ветохін ; НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». – Електронні текстові дані (1 файл: 3,63 Мбайт). – Київ : Видавництво «БМТ», 2012. – 123 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/18150>).
4. Параметричне моделювання технологічних процесів. Розділ 2. Моделювання фізичних процесів в CAD/CAE системі SolidWorks [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра, за освітньою програмою «Технічні та програмні засоби автоматизації» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. В. Плашихін. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 125 с. (<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/52105>).