

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра інженерії, технологій та професійної освіти



ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У SOLIDWORKS

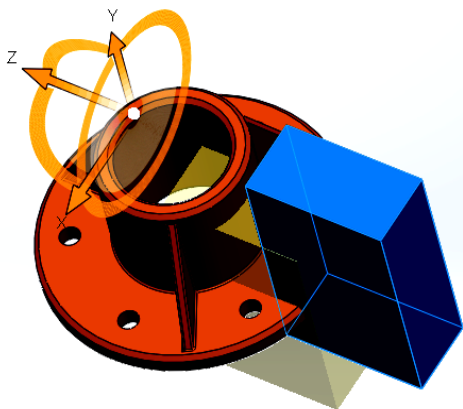
ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної

форми навчання спеціальності G9 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійної програми

«Ресурсо - та енергозберігаючі системи, пристрої та апарати»



Мукачево МДУ
2025

УДК 004.896 (076.5)

*Розглянуто та рекомендовано до друку науково-методичною радою
Мукачівського державного університету
протокол №3 від 27.10.2025 р.*

*Розглянуто та схвалено на засіданні кафедри інженерії, технологій та
професійної освіти
протокол № 1 від 22 серпня 2025 р.*

Укладач: Габовда О.В.

Рецензент:

Тривимірне моделювання у SOLIDWORKS: лабораторний практикум для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання спеціальності G9 «Прикладна механіка» Освітньо-професійної програми «Ресурсо - та енергозберігаючі системи, пристрої та апарати» / укладач: О.В. Габовда – Мукачево: МДУ, 2025. – 60с. (1,9 др.арк.)

Лабораторний практикум, призначений для виконання лабораторних робіт, містить короткі теоретичні відомості, завдання та порядок їх виконання, також контрольні питання для самоперевірки. Практикум служить для набуття здобувачами навичок роботи з інструментами розділу «Листовий метал», проєціювання плоских ескізів на криволінійні поверхні, використання тривимірного ескізу при побудові моделей, у тому числі й різноманітних пружин, застосування інструментів поверхневого моделювання

© МДУ, 2025

ЗМІСТ

Назва розділу	Стор.
Передмова.....	4
Лабораторна робота №1 Моделювання деталей з листового матеріалу.....	5
Лабораторна робота №2 Тривимірні ескізи. Побудова пружин. Скручування профілів в операції Бобишка по траєкторії.....	10
Лабораторна робота №3. Багатотільне моделювання.....	23
Лабораторна робота №4. Методи проєціювання плоских ескізів на криві поверхні.....	29
Лабораторна робота №5. Поверхневе моделювання.....	32
Лабораторна робота №6 Дослідження руху механізмів в SolidWorks Motion.....	50
Список рекомендованої літератури.....	57

ПЕРЕДМОВА

На сьогодні для підвищення якості проектування та виготовлення виробів обов'язковою умовою є використання об'ємних тривимірних моделей як основного елемента проектування. Електронна тривимірна модель є основою всього життєвого циклу виробу, оскільки використовується в умовах цифрового виробництва на всіх його етапах.

Серед САПР середнього класу найбільш популярним програмним комплексом є Solidworks. Головна причина популярності - розвинена базова функціональність у сукупності із простим і зручним інтерфейсом, простотою конфігурування, й невисокими вимогами до апаратної частини комп'ютерів.

SolidWorks має великі функціональні можливості з дизайну моделей (CAD-підсистема), які важко охопити в одному курсі. Основи роботи у SolidWorks було закладено при вивченні студентами інженерної та комп'ютерної графіки. Здобувачі ознайомилися з основними операціями по створенню тривимірних моделей, такими як *Витягнута бобишка*, *Повернута бобишка*, *Бобишка по траєкторії*, *Бобишка по перерізах*, із створенням різних масивів, дзеркальним відображенням елементів моделі та ін.

Мета вивчення дисципліни «Тривимірне проектування у SolidWorks» - продовжити набуття навичок роботи з інструментами SolidWorks на більш просунутому рівні.

У цьому курсі студенти ознайомляться з інструментами розділу *Листовий метал*, для виготовлення деталей з листового металу, генерацією їх розгортки, способами проєціювання плоских ескізів на криволінійні поверхні, використанням тривимірного ескізу при побудові моделей, у тому числі різноманітних пружин, методами та інструментами поверхневого моделювання та ін.

Критерії оцінювання лабораторних робіт

Оцінюються: результати виконання лабораторної роботи та захист.

Лабораторна робота оцінюється на «відмінно» якщо здобувач повно, послідовно та логічно виконав завдання.

- на «добре», якщо здобувач повно, послідовно та логічно виконав завдання, але з присутні деякі неточності.

- на «задовільно», якщо здобувач виконав завдання, але з помилками.

- на «незадовільно» – якщо здобувач не виконав завдання, або виконав з грубими помилками, що свідчить про відсутність розуміння теми.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

Тема: Моделювання деталей з листового матеріалу

Мета: Ознайомитися з інструментами для створення деталей з листового металу та набути навичок роботи з ними.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Програмний комплекс SolidWorks надає широкий спектр інструментів для роботи з листовим металом, від базових операцій до просунутих функцій, що дозволяє ефективно створювати та редагувати деталі з листового металу, а також керувати їх властивостями та аналізувати їх. Основними перевагами створення деталей з листа за допомогою інструментів *Листовий метал*, на відміну від роботи з інструментами твердотільного моделювання, є наступні:

- не потрібно створювати замкнений контур профілю деталі з врахуванням її товщини (створюємо контур тільки з одного боку), тобто можемо управляти розмірами, змінюючи тільки один параметр;
- радіуси заокруглення задаються по замовчуванню на всіх згинах (можна змінювати вручну);
- можливість отримати розгортку деталі та використати її для контурного вирізання заготовки;
- перевірити коректність її побудови, наприклад, відсутність накладання окремих її елементів, та відкоригувати деталь, та інші.

Основними інструментами листового металу для створення та редагування деталей є наступні:

- *Базова кромка* (перший елемент, який створюється на основі ескізу);
- *Елемент по перерізах згину* (дозволяє створювати складні згини на деталях з листового металу, використовуючи перерізи для визначення форми згину. Замість стандартних прямих згинів, цей інструмент дозволяє створювати гнуті форми, що змінюються в поперечному перерізі);
- *Рebro-кромка* (додає стінки на грань деталі з листового металу);
- *Кромка під кутом* (додає ряд елементів на одній чи декількох кромках деталі з листового металу);
- *Кайомка* (створює відборткування на краях листового металу, дозволяє загинати край деталі під певним кутом і на певну довжину, формуючи окантовку або край із загнутим усередину металом);
- *Згин* (додавання двох згинів за нарисованою лінією в деталі з листового металу);
- *Нарисований згин* (додавання згину за нарисованою лінією в деталі з листового металу);
- *Фланець по траєкторії* (дозволяє створювати вигнуті фланці на основі ескізу профілю та траєкторії. Ескізом траєкторії можуть бути декілька кромок деталі. За допомогою цього інструменту можна створювати складні

форми, які важко або неможливо створити іншими способами);

- *Ребро жорсткості* (інструмент для створення елемента, який забезпечує додаткову підтримку та міцність конструкції);

- *Зігнути, Розігнути* (інструмент використовують для додавання конструктивних елементів, що знаходяться на згинах деталей з листового металу);

- *Кут*: зварний кут; затуплений кут; кут відсічення; зняття напруження з кута та ін.;

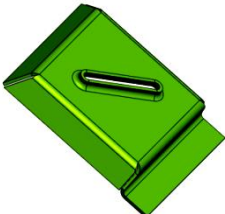
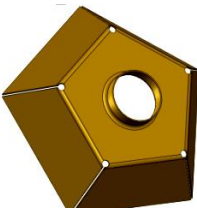
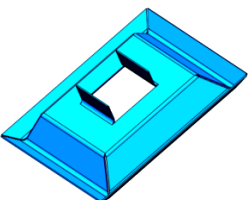
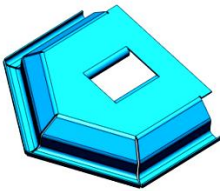
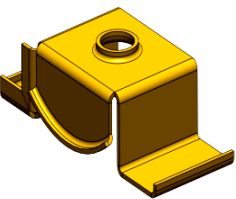
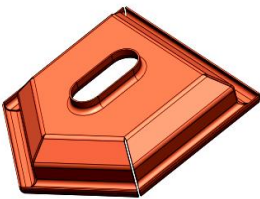
- *Перетворити у листовий метал* (інструмент для перетворення твердо тільної деталі у деталь з листового металу);

- *Інструмент форми* (дозволяє створювати жалюзі, штамповки та ін. елементи у деталях з листового металу).

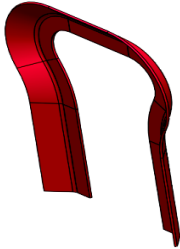
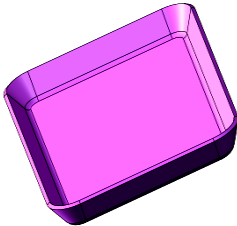
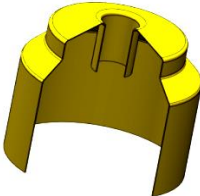
Для роботи над створенням моделі деталі з листового металу треба або вивести на екран панель інструментів *Листовий метал (Вид – Панелі інструментів – Листовий метал)*, або викликати інструменти через меню *Вставка – Листовий метал* та вибрати потрібний інструмент.

ЗАВДАННЯ

1. Побудувати модель, використавши інструменти *Базова кромка*, *Ребро-кромка* або *Кромка під кутом*, *Зняття напруження*. Розміри моделей вибрати довільно. Перевірити коректність розгортки.

Варіанти № 1, 7, 13	Варіанти № 2,8, 14	Варіанти № 3, 9, 15
		
Варіанти № 4,10, 16	Варіанти № 5, 11, 17	Варіанти № 6, 12, 18
		

2. Побудувати модель, використавши інструменти *Фланець по траєкторії*. Розміри вибрати довільно. Перевірити коректність розгортки.

Варіанти № 1, 7, 13	Варіанти № 2,8, 14	Варіанти № 3, 9, 15
		
Варіанти №4,10, 16	Варіанти №5, 11, 17	Варіанти №6, 12, 18
		

3. Побудувати модель, використавши інструмент *Кайомка* (три різних варіанти на різних кромках), на основі однієї з раніше побудованих моделей з листового металу.

4. Доробити модель, представлену на Рис.1, за довільно вибраними розмірами, додавши до неї у довільно вибраному місці елементи конструкції, виконані з використанням інструментів *Згин*, *Нарисований згин*, *Зігнути*, *Розігнути* (виконати у місці згину якісь елемент конструкції) та *Зварний кут*.

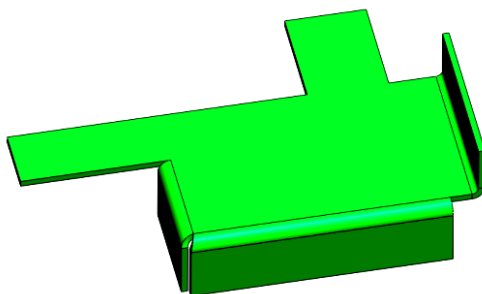
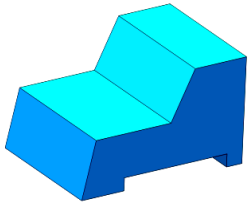
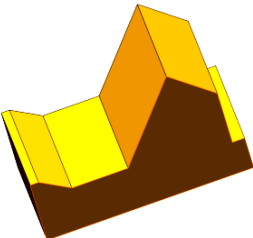
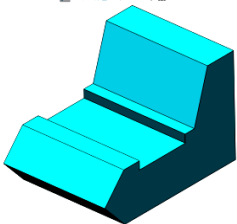
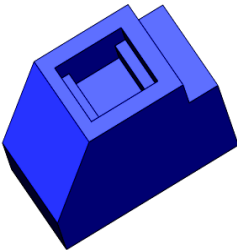
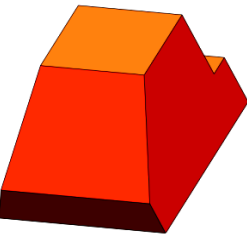
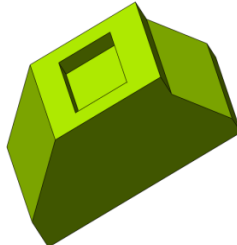


Рис.1. Зразок моделі для додавання нових елементів

5. Перетворити твердотільну модель у деталь з листового металу та відобразити її розгортку. Приклади результату перетворення представлені на Рис.2.

Варіанти № 1, 7, 13	Варіанти № 2,8, 14	Варіанти № 3, 9, 15
		
Варіанти №4,10, 16	Варіанти №5, 11, 17	Варіанти №6, 12, 18
		

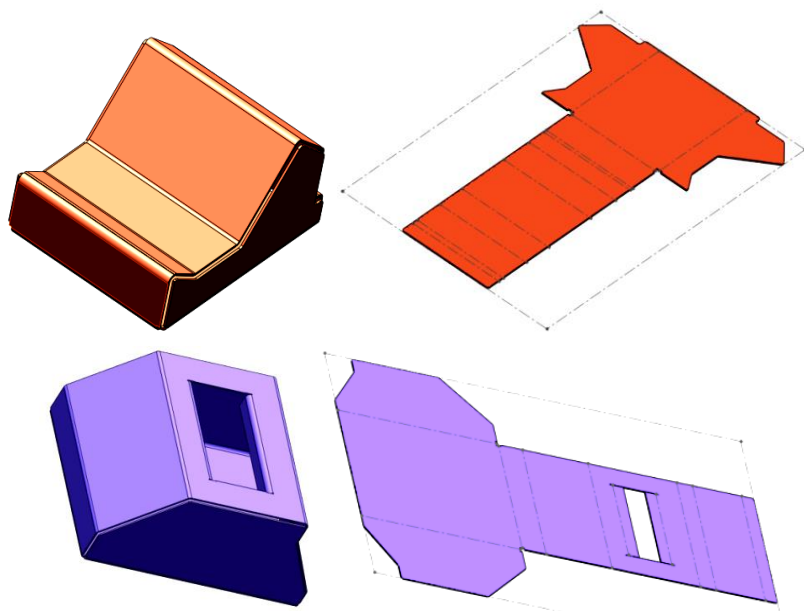


Рис.2. Приклади використання інструменту *Перетворити у листовий метал*

6. Видовжити грані деталі (Рис.3а) для створення закритих кутів за допомогою інструменту *Кут*. Використати *Зняття напруження кута*, тип авто-зняття напруження – круглий. Передивитися розгортку. Розміри деталі задати довільно. Приклад етапів виконання представлений на Рис.3.

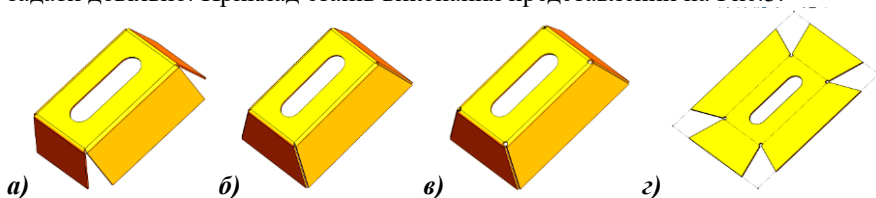


Рис.3. Закриття кута: а) заготовка; б) закриття кутів шляхом їх видовження; в) зняття напруження кутів (тип круглий); г) розгортка

7. Створити модель за допомогою інструменту *Елемент по перерізах згину*. Перевірити коректність розгортки (див. приклади на Рис.4).

Варіанти № 1, 7, 13	Варіанти № 2,8, 14	Варіанти № 3, 9, 15
Варіанти №4,10, 16	Варіанти №5, 11, 17	Варіанти №6, 12, 18

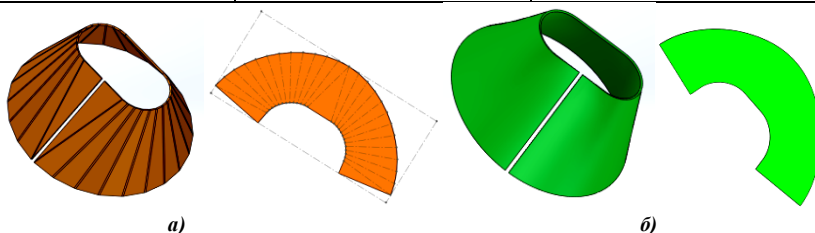


Рис.4. Приклади використання інструменту *Елемент по перерізах згину* за методами виробництва: а) зігнутий; б) сформований

Примітка: При виконанні цього треба пам'ятати, що ескізи перерізів мають бути незамкнені (обов'язково має бути зазор 0,2-1мм).

8. Створити деталь з двома ребрами жорсткості (використати дзеркальне відображення ребра). Розміри вибрати довільно. Приклад - на Рис.5.

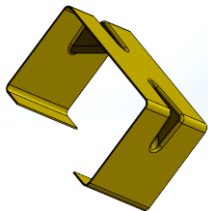


Рис.5. Використання інструменту *Ребро жорсткості*

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які переваги має створення деталей з листа за допомогою інструментів *Листовий метал*?
2. Як побудувати подвійний згин?
3. Що таке розгортка?
4. Як тривимірну твердотільну модель перетворити на деталь з листового металу та побудувати розгортку?
5. Чи може деталь з листового металу мати різну товщину?
6. Як виконати видовження граней для створення кута та зварний шов у місцях дотику двох граней?
7. Як перевірити коректність побудови деталі з листа?
8. Як зняти напруження в місцях перегину в деталі з листового металу?
9. Як додати ребро жорсткості на місце згину?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №2

Тема: Тривимірні ескізи. Побудова пружин. Скручування профілів в операції *Бобишка по траєкторії*

Мета: Набуття навичок побудови тривимірного ескізу, різного виду пружин, застосування параметру *Скручування профілів* при виконанні операції *Бобишка по траєкторії*.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Тривимірний ескіз, згідно назви, розташовується не у площині, а у просторі, але в самому тривимірному ескізі можливе використання площин. Використання таких ескізів корисне при проектуванні елементів, що мають складну траєкторію, наприклад, трубопроводів або електричних кабелів, створенні різноманітних пружин та ін.

Його можна створювати на робочій площині або будь-якій довільній точці тривимірного простору. Щоб розпочати створення тривимірного ескізу треба виконати одну з таких операцій:

- якщо виведена панель інструментів *Ескіз*, натиснути кнопку ескіз і

вибрати зі списку *3D ескіз*;

- вибрати *Вставка – Тривимірний ескіз*;
- вибрати базову площину та натиснути *Тривимірний ескіз* при активованій вкладці *Ескіз*.

Багато взаємозв'язків, що існують у двовірних ескізах, використовуються і в тривимірних ескізах. Додаткові взаємозв'язки ескізу, що підтримуються у тривимірному малюванні, включають:

- перпендикулярність між лінією через точку на поверхні;
- взаємозв'язки між тривимірними об'єктами ескізу, створеними в одній площині ескізу, і тривимірними об'єктами, створеними на інших площинах ескізу;
- взаємозв'язок симетрії щодо лінії між тривимірними ескізами, створеними в одній площині.

Розглянемо, як приклад, побудову за допомогою тривимірного ескізу траєкторію ділянки трубопроводу. При активованій вкладці *Ескіз* натискаємо в ній на кнопку *Ескіз*, вибираємо зі списку *Тривимірний ескіз*. У дереві побудови з'являється піктограма *3D ескізу*.

Починаємо побудову ліній з початкової точки. Кожна лінія завжди буде будуватися і знаходитися у площині, паралельній одній з базових (спереду, справа або зверху). Визначити її можна по двох червоних стрілках у точці початку елемента, по пунктирній рамці, яка з'являється на кінці елемента. та найменуванню площини поряд з покажчиком миші. Змінити площину можна, натиснувши кнопку *ТАБ* на клавіатурі.

Перші дві лінії проведемо у площині *ZX* (одну вздовж осі *X*, другу вздовж *Z*) (Рис.1). При відпусканні кнопки миші у полі *Існуючі взаємозв'язки* з'являються зв'язки (*Вздовж XO, Z1*).

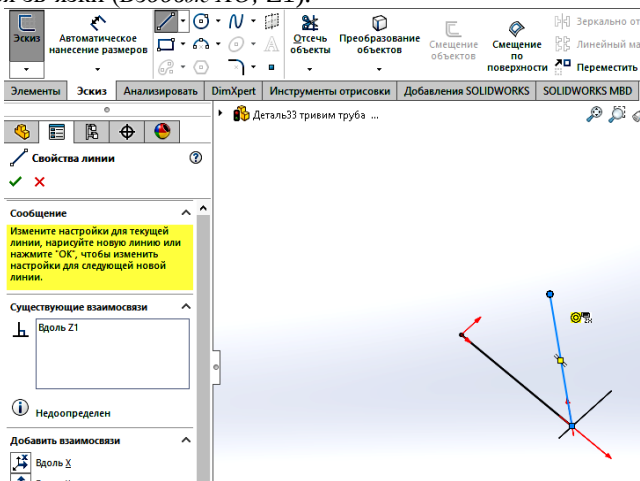


Рис.1. Виконання ліній тривимірного ескізу у площині *ZX*

Наступні лінії будуюмо у площині YZ (одна вздовж осі Y, друга – похила) (Рис.2).

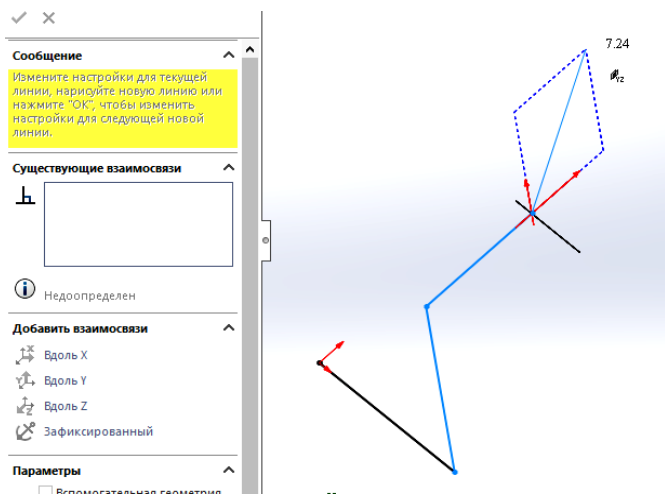


Рис.2. Виконання ліній тривимірного ескізу у площині YZ

У площині YX побудуємо ще дві лінії (Рис.3).

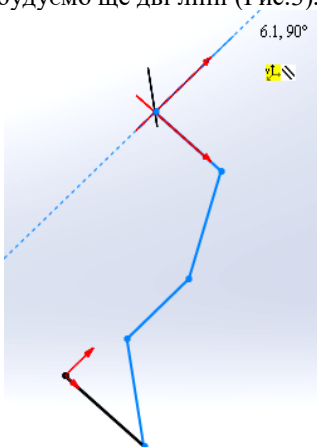


Рис.3. Виконання ліній тривимірного ескізу у площині YX

Проставляємо розміри, радіуси заокруглення кутів, взаємозв'язки (при потребі). Треба пам'ятати, що розміри у тривимірному ескізі проставляються не тільки від елементів ескізу, але й від площин. Результат побудови тривимірного ескізу представлений на Рис.4. Розмір 80мм проставлений від площини спереду (площина на ескізі не відображена).

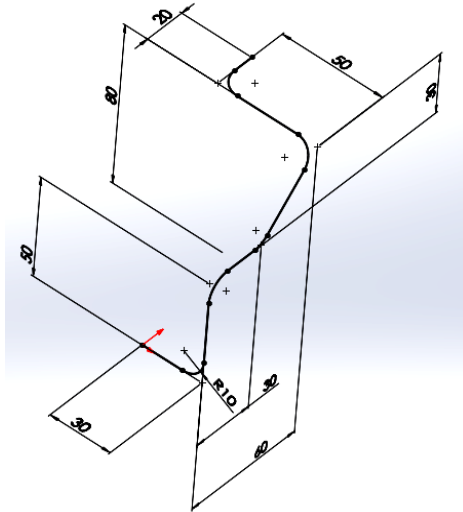


Рис.4. Результат виконання тривимірного ескізу

Для побудови труби на площині *Справа* побудуємо двовимірний ескіз її профілю, після чого виконуємо операцію *Бобишка по траєкторії* (Рис.5).

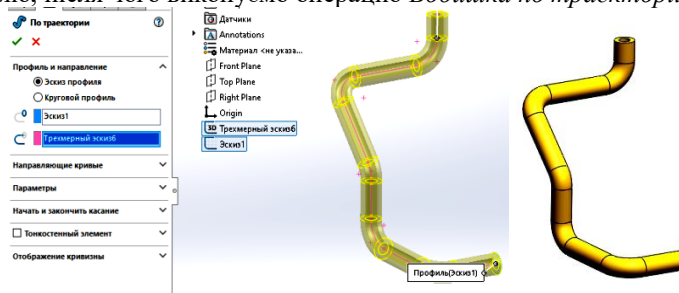


Рис.5. Результат виконання операції *Бобишка/основа по траєкторії*

Тепер перейдемо до побудови різноманітних циліндричних пружин, які входять у склад багатьох механізмів. Вони теж мають просторову форму, але побудовані на основі траєкторії, головна частина якої є закономірною кривою – спіраллю.

Основними параметрами пружини стиску є діаметр дроту, з якого навивається пружина, середній діаметр пружини, крок та кількість робочих витків, їх загальна кількість та величина зашліфовування витків.

Почнемо з найпростішої пружини стиску. Така пружина має рівномірний крок і не зашліфовані витки.

На площині *справа* будуємо ескіз окружності, що дорівнює середньому діаметру пружини, наприклад, 60мм, після чого натискаємо

Вставка - Крива - Спираль/пласка спираль. У відповідному вікні заповнюємо поля параметрами: крок і обертання; постійний; значення кроку встановлюємо 15мм; число обертів 10; початковий кут 0градусів; за годинниковою стрілкою (Рис.6).

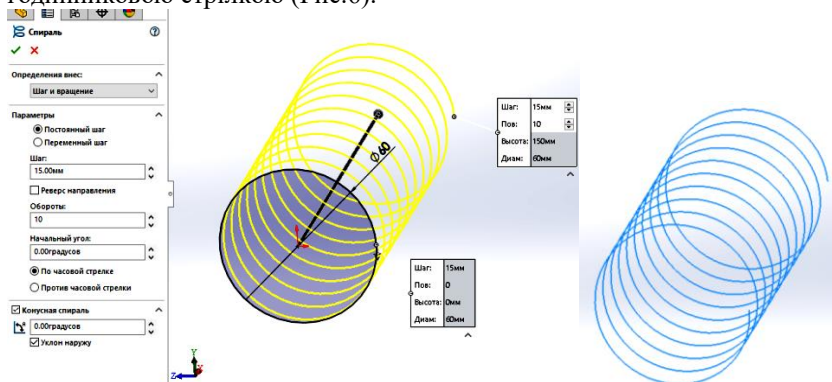


Рис.6. Налаштування параметрів спіралі і отриманий результат

Після цього виконуємо операцію *Бобишка/основа* по траєкторії і у відповідному вікні вказуємо як траєкторію – спіраль, вибираємо профіль – круглий; задаємо діаметр дроту 8мм (Рис.7).

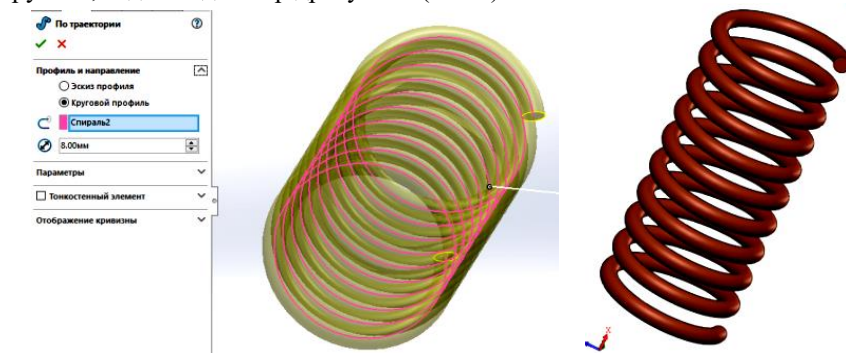


Рис.7. Виконання операції *Бобишка по траєкторії*

В техніці застосовуються пружини із стиснутими та шліфованими перпендикулярно осі кінцевими витками. Побудуємо пружину стиску з такими параметрами: середній діаметр 60мм; діаметр дроту 8мм; крок 15мм; витків 10; робочих витків 6; зашліфовані з обох кінців витки на 3/4 діаметра; крок між стиснутими витками 8мм.

Після створення ескізу натискаємо *Вставка - Крива - Спираль/пласка спираль.* У вікні налаштовуємо параметри (Рис.8).

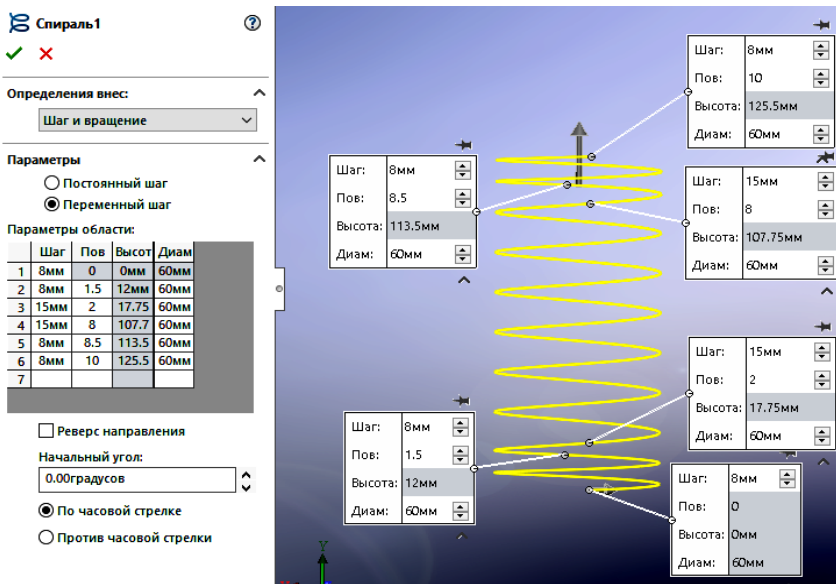


Рис.8. Налаштування параметрів спіралі зі змінним кроком

При налаштуванні враховуємо, що робочих витків 6, а загальна кількість 10, тобто на кінцях пружини по 2 витки стиснуті. Результат операції *Бобишка по траєкторії* представлений на Рис. 9.

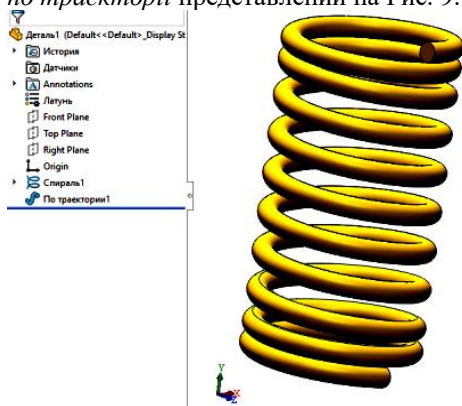


Рис.9. Результат виконання операції *Бобишка по траєкторії*

Залишилось зашліфувати кінцеві витки на $3/4$ діаметра дроту, що дорівнює 6мм. Робимо ескіз та виконуємо операцію *Витягнутий виріз* наскрізь в обидва напрямки (Рис.10).

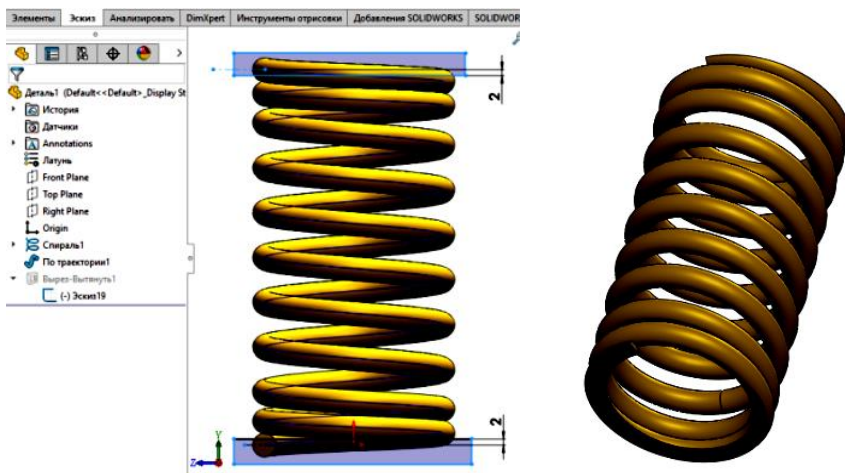


Рис.10. Эскиз для зашлифования конечных витков та результат

Пружини розтягу і кручення мають зачепи. Основна конструктивна відмінність між ними в тому, що витки пружин розтягу у початковому стані торкаються один до одного і їх кількість значно більша. При моделюванні обох типів пружин зазвичай використовуються тривимірні ескизи для формування зачепів.

Побудуємо пружину кручення, представлену на Рис.11. Основні параметри: середній діаметр 30мм; кількість витків 3; крок 5мм; діаметр дроту 3мм.

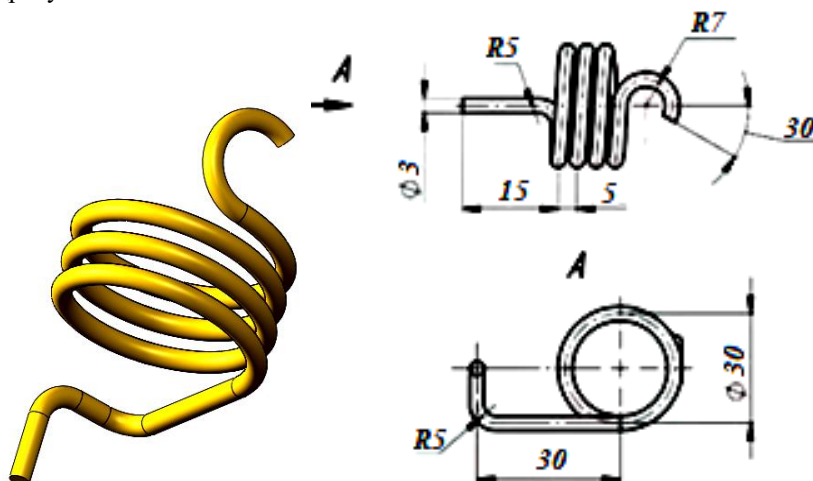


Рис.11. Модель пружини кручення та її кресленник

Будуємо на площині справа ескіз окружності діаметром 30мм, з меню *Вставка* в рядку *Крива* вибираємо елемент *Спіраль/пласка спіраль*, у відповідному вікні задаємо параметри (Рис.12).

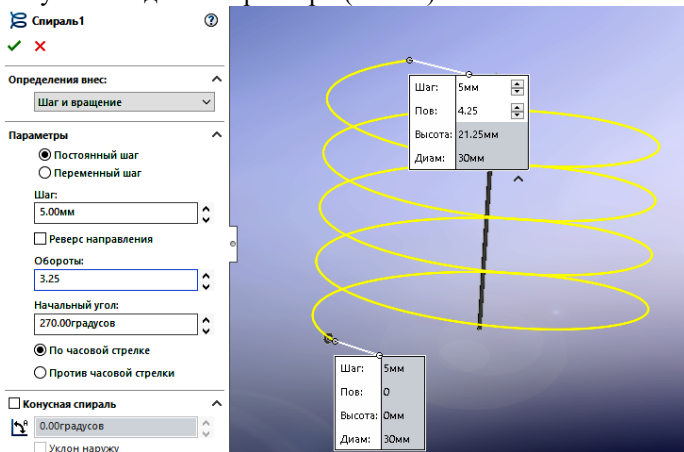


Рис.12. Налаштування параметрів спіралі

Активізуємо тривимірний ескіз і перетворюємо отриману спіраль (команда *Перетворення об'єктів*) у об'єкт тривимірного ескизу (Рис.13). Залишилось побудувати зачепи пружини.

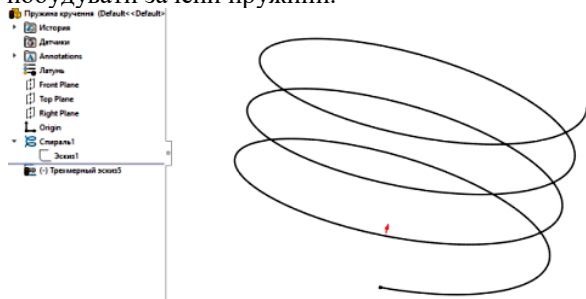


Рис.13. Результат перетворення спіралі у тривимірний ескіз

Скористуємось точками, що з'явилися при перетворенні. Побудуємо послідовно три лінії, починаючи з лівої точки, враховуючи їх просторові напрямки по осях (перша – у напрямку Z; друга – у напрямку Y; третя – у напрямку – X) (Рис.14).

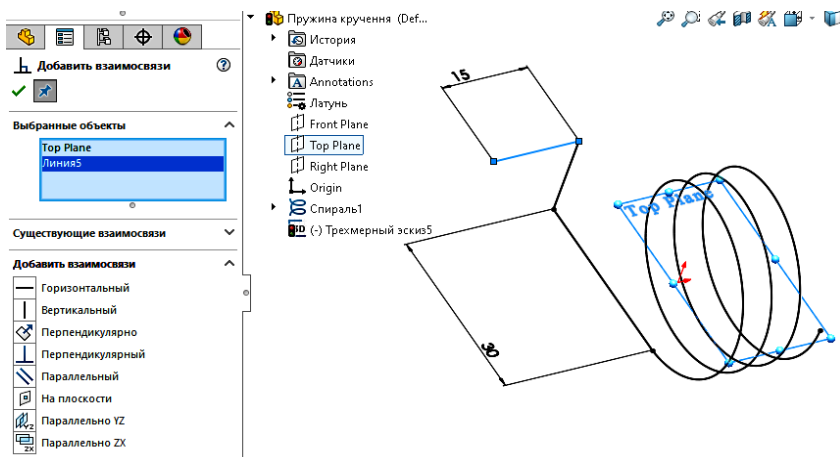


Рис.14. Побудова першого зацепу

Задаємо розміри прямим 30мм та 15мм. Положення третьої прямої встановлюємо за допомогою взаємозв'язку *На площині*, вибравши лінію і площину *Зверху*. Далі заокруглюємо кути радіусом 5мм.

Для побудови другого зацепу треба створити додаткову площину, натиснувши команду *Площина*. Площина має бути паралельна площині *Спереду* і проходити через праву точку спіралі. На площині будуємо дугу другого зацепу за заданими розмірами (Рис.15).

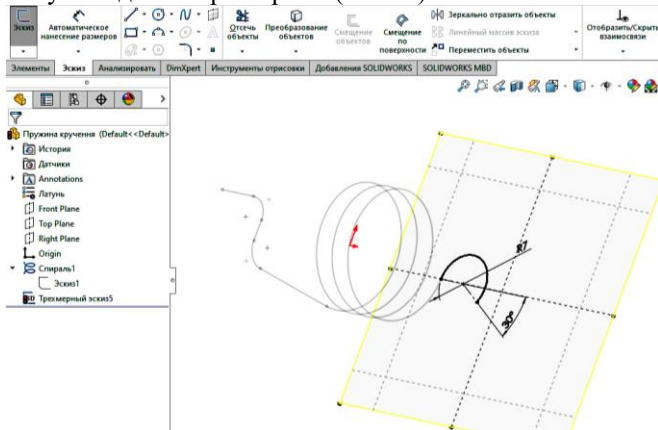


Рис.15. Побудова другого зацепу

Клацаємо двічі лівою кнопкою миші по пустому простору робочого поля, повертаємось у звичайний режим тривимірного ескізу. Виконуємо операцію *Бобишка по траєкторії* і отримуємо модель пружини (Рис.16).

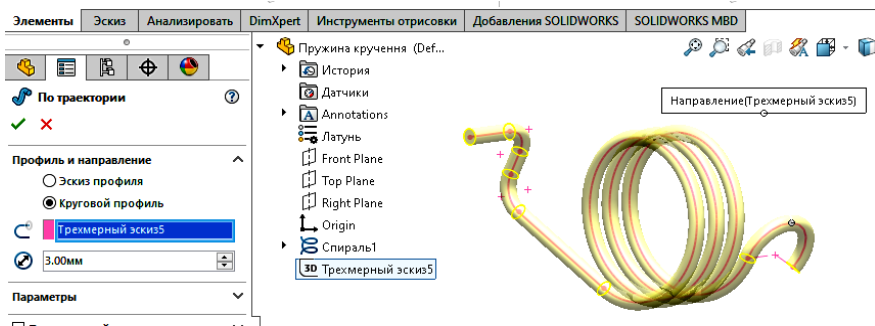


Рис.16. Виконання операції *Бобишка по траекторії*

Аналогічним способом будуються зачепи пружини розтягу.

Часто використовувана операція *Бобишка по траекторії* має такий параметр як *Скручування профілів*, навіть просту циліндричну пружину можна виконати без використання спіралі, як траекторії.

Розглянемо моделювання таких багатожильних виробів, як троси. Для виконання *Скручування профілів* траекторією може бути будь-яка крива, у тому числі й спіраль. Використовуємо для побудови траекторії кінчну спіраль з чотирма витками. Профіль буде складатися з восьми жил.

На площині зверху створюємо ескіз окружності 30мм і виходимо з ескізу. У використовуємо елемент Криві викликаємо команду *Гелікоїд і спіраль* або *Вставка – Крива – Спіраль/пласка спіраль* (Рис.17).

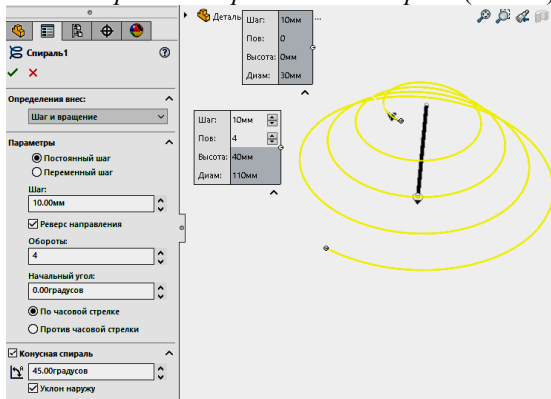


Рис.17. Вікно завдання параметрів спіралі

На площині *Справа* будуємо ескіз профілю троса (Рис.18). Окружності не мають торкатися одна одної. На Рис.19 представлений результат побудови.

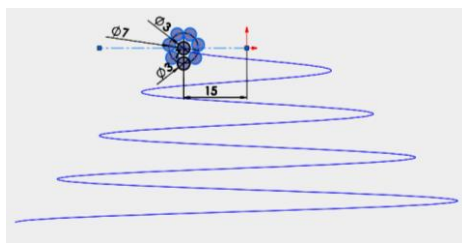


Рис.18. Побудова профілю троса

При виборі у полі *Визначення вніс*: опції *Спіраль* можна отримати плоску спіраль у якості траєкторії (Рис.19б).

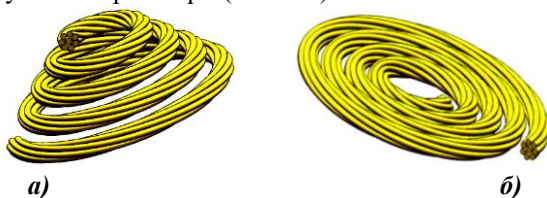


Рис.19. Результат побудови троса

ЗАВДАННЯ

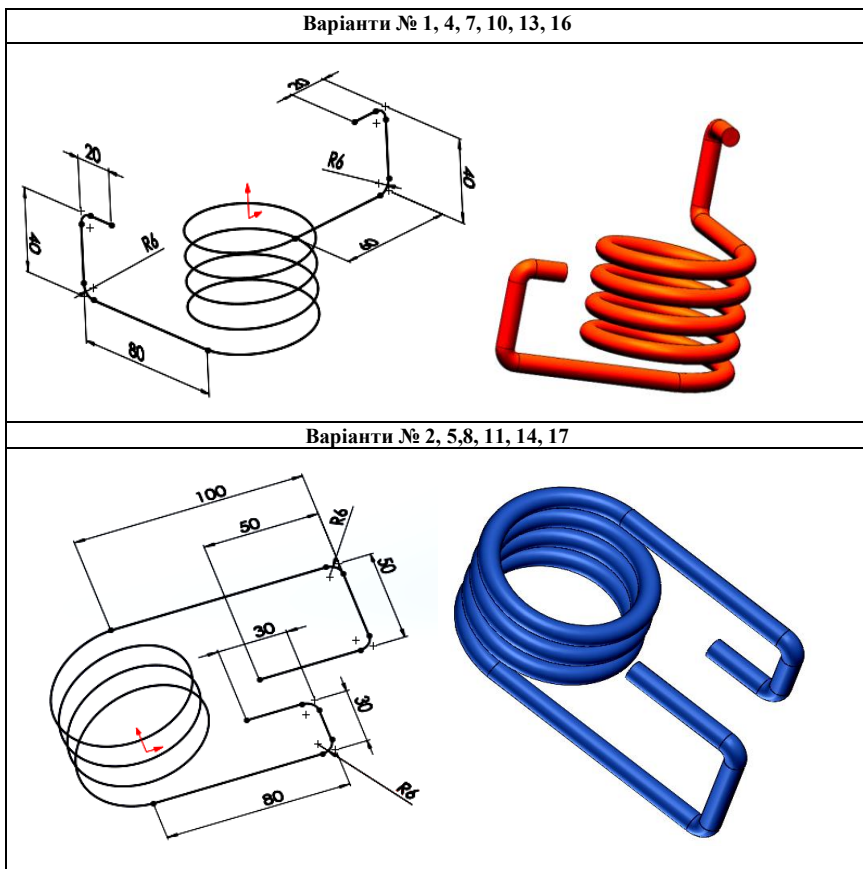
1. Побудувати каркас за допомогою тривимірного ескізу. Діаметр дроту 10мм. Решту розмірів вибрати довільно.

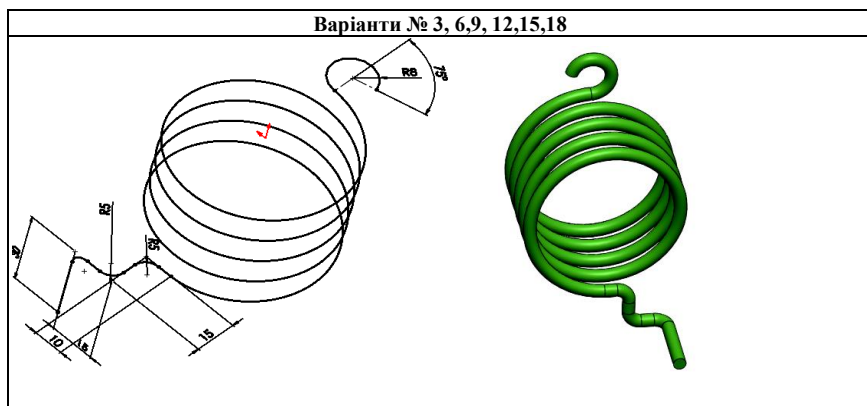
Варіанти № 1, 7, 13	Варіанти № 2, 8, 14	Варіанти № 3, 9, 15
Варіанти №4,10, 16	Варіанти №5, 11, 17	Варіанти №6, 12, 18

2. Побудувати пружину стиску з змінним кроком та підшліфованими витками за варіантами.

Параметри пружини	Варіанти					
	1;7;13	2;8;14	3;9;15	4;10;16	5;11;17	6;12;18
Середній діаметр	60	100	80	50	45	90
Діаметр дроту	6	10	5	4	3	5
Кількість робочих витків	6	11	10	8	4	10
Загальна кількість витків	10	15	12	10	8	12
Крок робочих витків	15	20	16	10	10	18
Підшліфовка кінцевих витків (частина від діаметру дроту)	1/2	3/4	3/4	1/2	1/2	3/4

3. Побудувати пружину кручення з використанням тривимірного ескізу. Діаметр дроту вибрати довільно.





4. Побудувати трос за траєкторією по варіантах, використавши параметр *Скручування профілів* при використанні операції *Бобишка по траєкторії*. Ескіз профілю наданий на Рис.9.



Рис.9. Ескіз профілю троса

Варіанти № 1,4,7,10,13,16	Варіанти № 2,5,8,11,14,17	Варіанти № 3,6,9,12,15,18

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке тривимірний ескіз і як його активізувати?
2. Які відмінності є у взаємозв'язках при побудові тривимірних ескізів?
3. Як можна змінювати площини в тривимірному ескізі при побудові елементів?
4. Як побудувати пружину стиску зі змінним кроком?
5. Яким чином створюються додаткові елементи конструкції у пружинах кручення та розтягу?

6. В яких випадках використовується параметр *Скручування профілів* при виконанні операції *Бобишка по траєкторії*?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №3

Тема: Багатотільне моделювання.

Мета: Ознайомитися з призначенням та можливостями багатотільного моделювання. Набути навичок у використанні різноманітних комбінацій при створенні моделей за допомогою багатотільного моделювання.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Багатотільне моделювання використовується у таких випадках:

- використання однієї деталі для формування контуру другої;
- отримання складної геометрії шляхом комбінування декількох тіл;
- поділ однієї деталі на складові частини;
- використання деталі у якості збірки, а твердих тіл в ній – як її компонентів;

Розглянемо типи комбінування тіл на прикладах. Використовуючи попередньо створене тіло, додаємо ще одне. Для цього зробимо ескіз на площині *Спереду*, після чого використовуємо операцію *Повернена бобишка/Основа*. У відповідному вікні треба зняти прапорець *Об'єднати деталі*, щоб отримати два тіла. Кожному тілу призначимо свій колір(Рис.1).

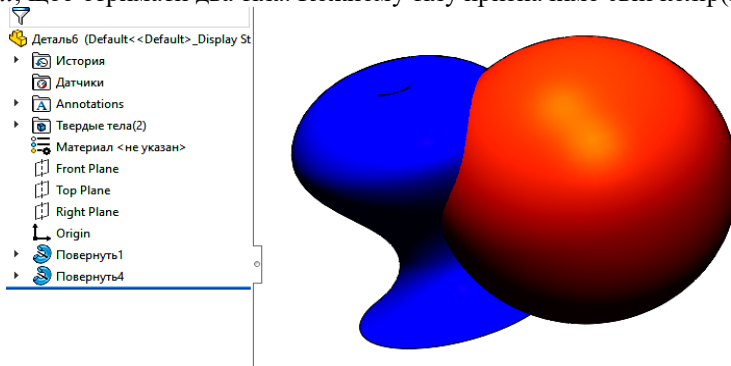


Рис.1. Отримання багатотільної деталі

Звернемось до операції *Скомбінувати тіла*. Натискаємо *Вставка – Елементи – Скомбінувати тіла*. Відкривається вікно *З'єднати*, в якому представлено три типи операції: *Додати*, *Вилучити* та *Спільні*. Переглянемо їх по-порядку.

При ввімкнені типу *Додати* вводимо обидва тіла у поле *Об'єднати тіла* (Рис.4), натискаємо ОК

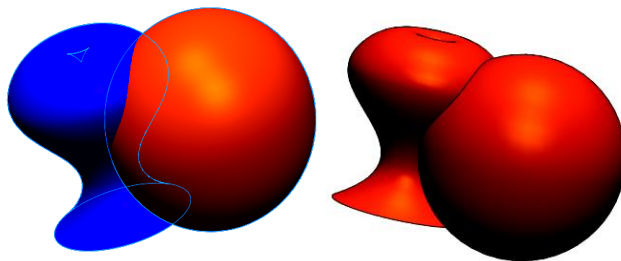
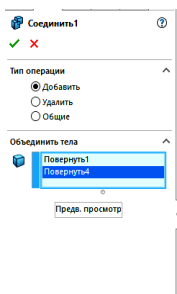


Рис.2. Результат об'єднання тіл

Розглянемо наступний тип операції *Скомбінувати тіла*. Редагуємо операцію і у вікні *З'єднати* вмикаємо тип *Вилучити* (Рис.3).

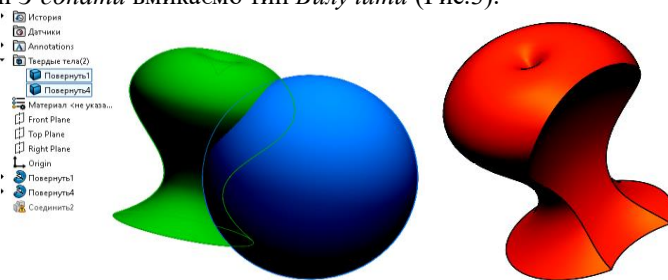
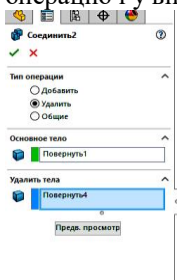


Рис.3. Результат виконання операції *Вилучити*

При виконанні третього типу операції (*Спільні*) будується тіло, яке є спільним об'ємом для обох тіл, решта об'ємів вилучається (Рис.4).

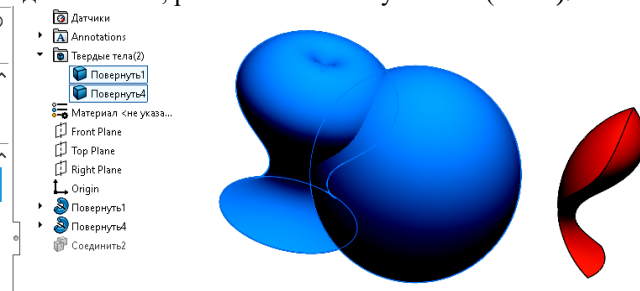
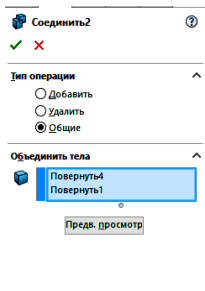


Рис.4. Результат виконання операції *Спільні*

Багатотільне моделювання знаходить практичне застосування, наприклад, при розробці формуючих деталей – матриці і пуансона для прес-форм, штампів та іншого інструменту з формування виробів.

ЗАВДАННЯ

Побудувати пуансон і матрицю для формування кришки за довільними розмірами, представленої на Рис.7.

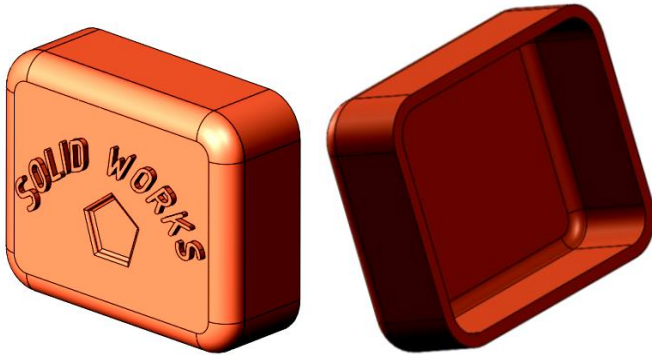


Рис.5. Модель кришки

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Будуємо модель кришки, використовуючи операцію *Оболонка* для створення заглиблення.

2. Будуємо ескіз другого тіла (паралелепіеду) (Рис.6) та виконуємо операцію *Витягнута бобишка* (Рис.7). Обов'язково треба зняти прапорець *Об'єднати результати*, щоб отримати нове тіло.

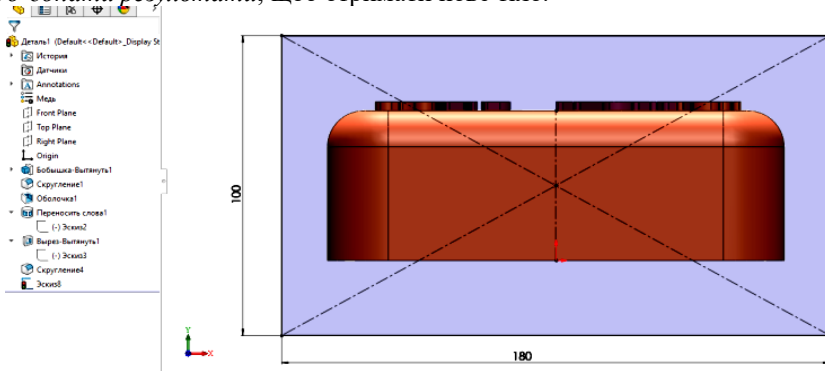


Рис.6. Побудова ескізу паралелепіеду

Паралелепіед – майбутні матриця та пуансон. Наступний крок – вилучення з паралелепіеда кришки (формованої деталі).

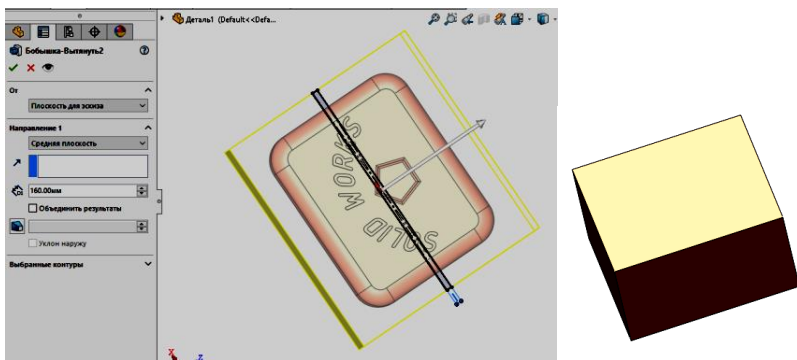


Рис.7. Операція *Витягнута бобишка*

Натискаємо *Вставка – елементи – Скомбінувати тіла*. У вікні *З'єднати* вказуємо на тип операції *Вилучити*, основне тіло – паралелепіпед (*Бобишка витягнути*), вилучити – кришка (*Заокруглення*). Назви зберігається за останніми операціями з тілами) (Рис.8).

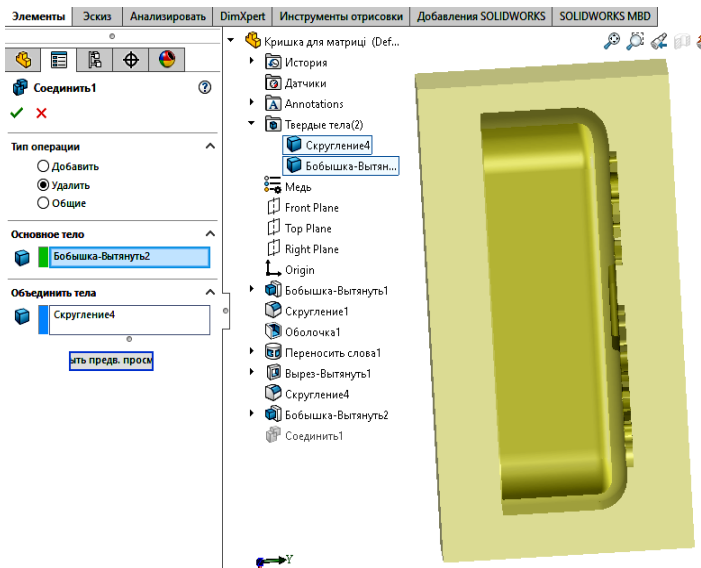


Рис.8. Вилучення з одного тіла другого

Далі треба розділити об'єм паралелепіпеда (без тіла кришки) на дві деталі. Вибираємо відповідну грань і робимо на ній ескіз – пряму лінію (Рис.9). Натискаємо *Вставка – Елементи – Розділити* (Рис.10)

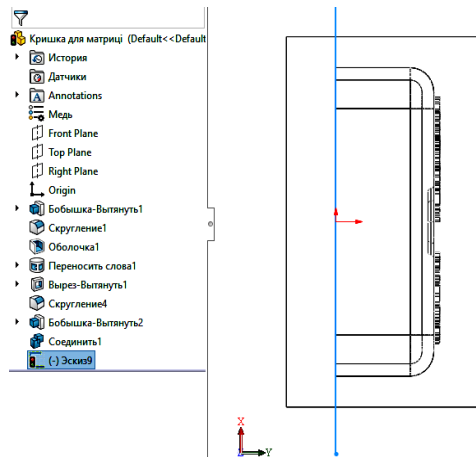


Рис.9. Ескіз для поділу деталі на дві

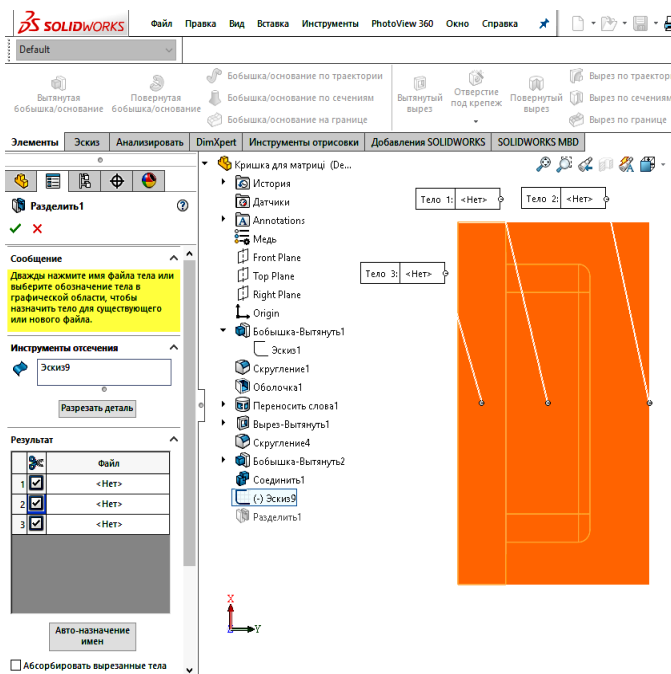


Рис.10. Операція Розділити

Для створення пуансона треба об'єднати тіло 1 з тілом 2. Знову звертаємось до операції *Скомбінувати тіла* (Рис.11) і натискаємо ОК.

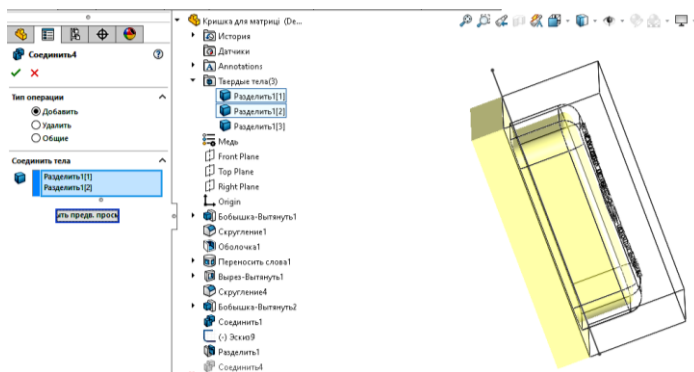


Рис.112. З'єднання двох тіл (пуансон)

Тепер можна створити нову деталь, для чого у дереві побудови у папці *Тверді тіла* натискаємо на рядку *З'єднати* правою клавішею і з контекстного меню вибираємо рядок *Вставити у нову деталь*. У вікні, що відкрилось, у полі *Ім'я файлу* натискаємо на кнопку *Огляд*, у відповідному вікні записуємо ім'я файлу *Пуансон*. Тіло, що залишилось – матриця. Аналогічно для нього вибираємо рядок *Вставити у нову деталь*, записуємо ім'я файлу *Матриця* та зберігаємо його у потрібній папці. Тепер можна глянути на готові деталі (Рис.12).

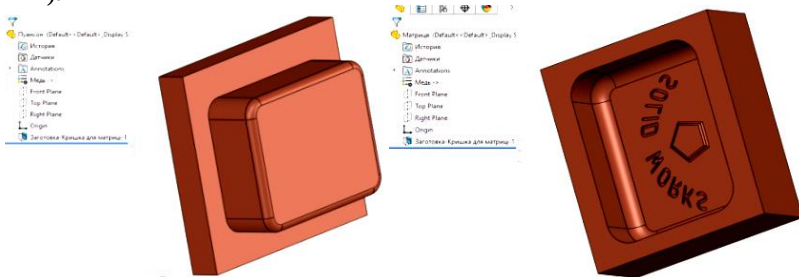


Рис.12. Моделі пуансона і матриці

В результаті виконання завдання за допомогою багатотільного моделювання розглянуто принцип створення матриці і пуансону, які є основними елементами збірки прес-форм та інших формуючих інструментів.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. В яких випадках використовується багатотільне моделювання?
2. Які операції були застосовані при виготовленні моделей пуансона і матриці?
3. Що за тіло утворюється при використанні типу операції *Спільні* в операції *Скомбінувати тіла*?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №4

Тема: Методи проєціювання плоских ескізів на криві поверхні.

Мета: Ознайомитися з інструментами переносу геометрії ескізу на поверхні моделей та набути навичок їх використання.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У SolidWorks є декілька способів перенесення плоского ескізу на криві поверхні. Інструмент *Перенос* дозволяє переносити геометрію ескізу на поверхню або грань моделі. Він використовується для створення виступів, вирізів чи розмітки на поверхні, а також для перенесення ескізів конструкційних елементів, символів і текстів на складні поверхні.

Існує два методи створення переносу:

Аналітичний – переносить ескіз на плоску чи неплоску грань. Площина ескізу має бути дотичною або паралельною до грані, щоб нормаль грані та нормаль ескізу були паралельними у найближчій точці.

Поверхня сплайну - перенесення ескізу на будь-який тип грані. Обмеження цього способу полягає в тому, що він не підтримує перенесення **навколо моделі**.

Крім того, спроеціювати ескіз у Solidworks на криволінійну поверхню можна за допомогою *Лінія поділу (Криві – Лінія поділу)*.

Для проєціювання плоского ескізу на поверхню моделі можна скористатися командою *Вставка – Крива – Проекційна крива*.

ЗАВДАННЯ

1. Нанести на модель будь-якої форми (побудувати довільну модель або поверхню) текст «SolidWorks – великі можливості» з застосуванням одного з методів перенесення.

2. Створити модель деталі *Копір* за його креслеником (Рис.1), використавши інструмент *Перенос* при побудові пазу на циліндричній поверхні за вказівками, наданими нижче.

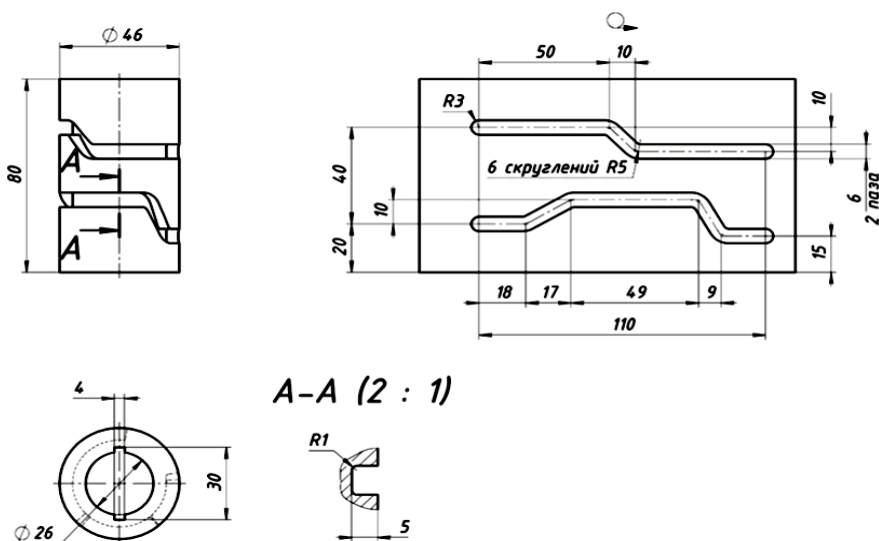


Рис.1. Кресленик деталі *Konip*

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Створюємо ескіз перерізу циліндру за креслеником на площині *Зверху* і витягуємо його на 80мм. Вибираємо площину *Спереду* і будуємо ескіз пазів (Рис.2).

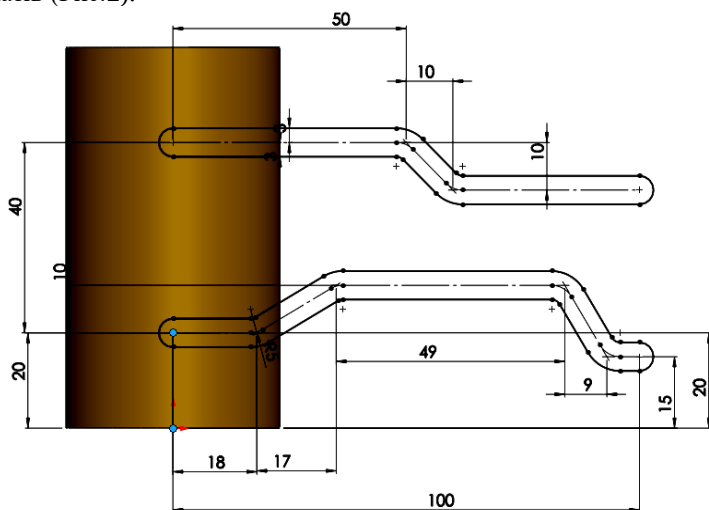


Рис.2. Побудова ескізу пазів

2. Викликаємо команду *Вставка – Елементи – Перенесення*. Вибираємо ескіз і у вікні *Перенесення* вказуємо *Виріз* на глибину 5мм і циліндричну грань, на яку робимо перенесення пазів (Рис.3).

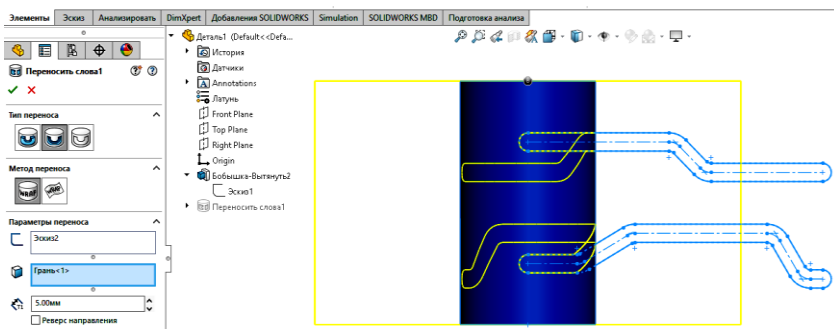


Рис.3. Виконання операції *Перенесення*

3. Додаємо внутрішні радіуси 3мм в основі пазів. Результат побудови копію представлений на рисунку 4.

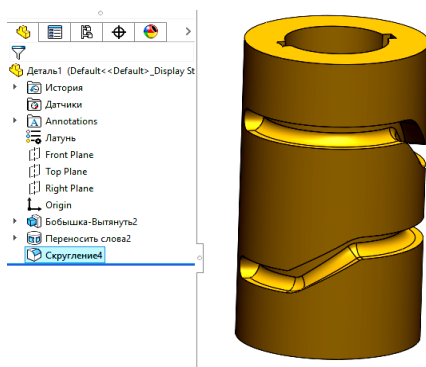


Рис. 4. Результат побудови копію

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Назвіть методи перенесення плоского ескізу на поверхні моделей.
2. Чим відрізняються методи інструменту *Перенос аналітичний* і *Поверхня сплайну*?
3. Назвіть основні відмінності між використанням аналітичного методу інструменту *Перенос* і використанням команди *Проекційна крива*?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №5

Тема: Поверхневе моделювання

Мета: Ознайомитися з призначенням поверхневого моделювання. Оволодіти навичками роботи з інструментами для створення складних поверхонь при моделюванні деталей.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Поверхневе моделювання – метод побудови 3D-моделей, що застосовується при проектуванні виробів зі складною формою. Застосування операцій твердотільного моделювання для складних поверхонь буває занадто трудомістким процесом, а іноді взагалі неможливим без використання інструментів для створення поверхонь.

Відмінність між твердотільним і поверхневим моделюванням полягає у тому, що при твердотільному моделюванні у рамках окремого елемента створюються всі грані, що обмежують об'єм твердого тіла, а при поверхневому отримання замкнутого об'єму твердого тіла – процес ітераційний. Поверхні грають допоміжну роль при побудові твердого тіла, оскільки не мають товщини, відповідно – об'єму і маси. В решті решт, після завершення побудови складної поверхневої геометрії потрібний перехід до твердого тіла шляхом об'єднання всіх складових поверхонь (їх зшивання) та придання моделі товщини.

Однією з переваг поверхневого моделювання є те, що не треба створювати замкнений ескіз. Для активізації інструментів *Поверхні* потрібно або вивести на робоче поле панель *Поверхні (Вид - Панель інструментів – Поверхні)*, або натиснути *Вставка – Поверхня* та вибрати у спадаючому списку потрібний інструмент. Основні операції аналогічні твердотільним. Розглянемо деякі з них (Рис.1,2).

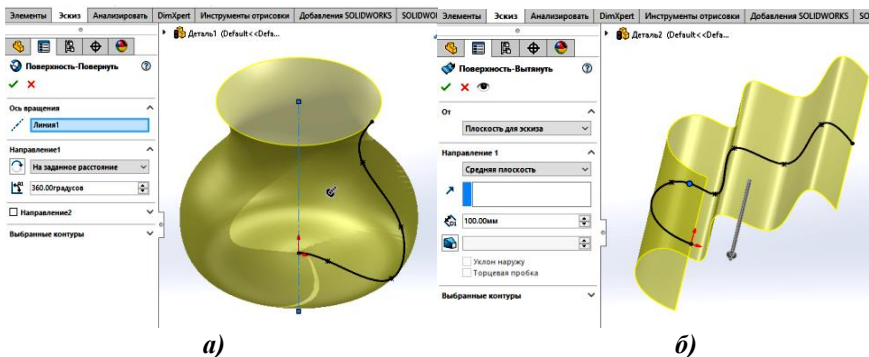


Рис.1. Виконання операцій: а) *Поверхня – Повернути*, б) *Поверхня - Вытянуть*

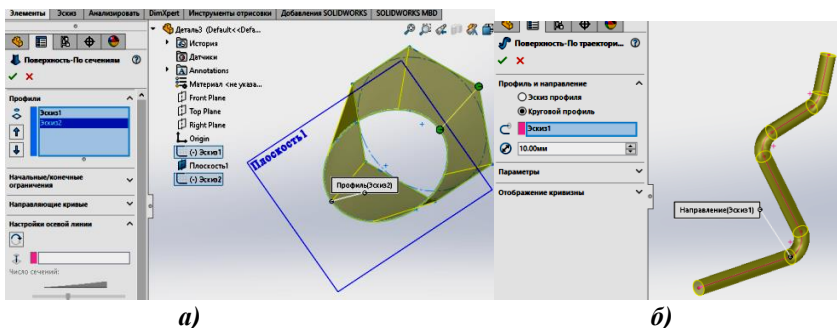


Рис.2. Виконання операцій: а) *Поверхня по перерізах*, б) *Поверхня по траекторії*

Розглянемо інструмент *Поверхня границі*. Створимо за допомогою сплайну один ескіз на площині *Спереду*, другий – на площині *Зверху*, як показано на Рис.3. Викликаємо інструмент *Поверхня границі* та натискаємо на обидва ескізи. Між ними з'являється поверхня (Рис.4).

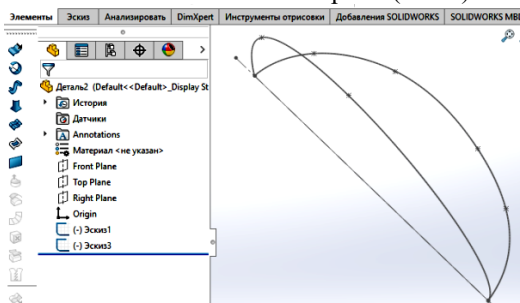


Рис.3. Ескізи для застосування операції *Поверхня границі*

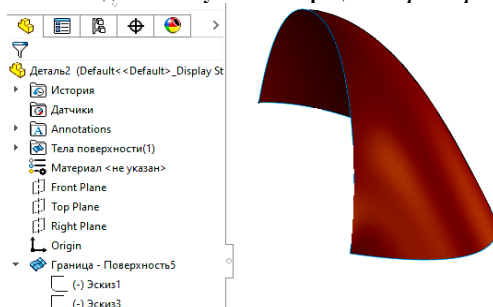


Рис.4. Результат виконання операції *Поверхня границі*

Наступний інструмент – *Заповнити поверхню*. В попередній моделі будуємо ескіз на площині *зверху*. Це буде пряма, що з'єднає точки збігу двох попередніх ескізів. Після чого вибираємо інструмент *Заповнити поверхню*, у вікні *Поверхня – Заповнити* вказуємо цей ескіз і один з попередніх (Рис.5).

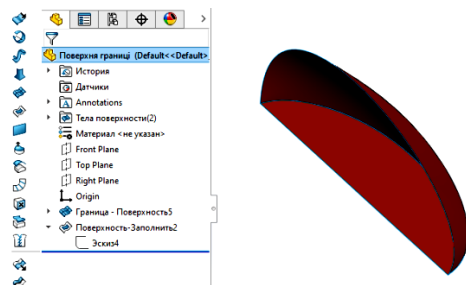


Рис.5. Результат виконання операції *Заповнити поверхню*

Розглянемо Рис.6, на якому дві поверхні не утворюють суцільну поверхню. Для цього можна використати інструмент *Подовжити поверхню* (Рис.7).

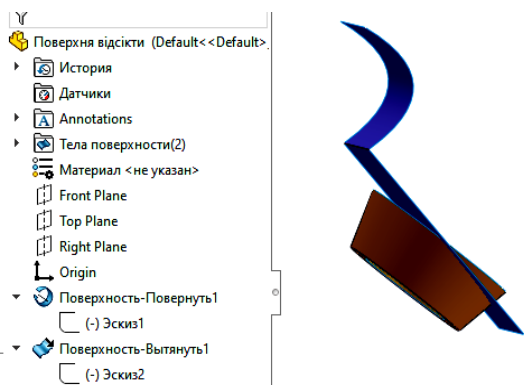


Рис.6. Приклад проміжного етапу побудови поверхні

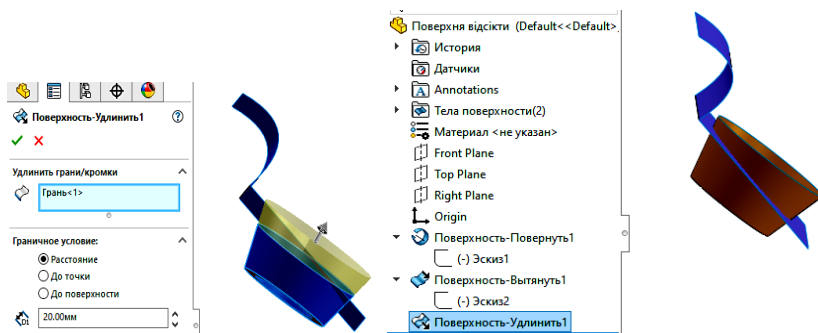


Рис.7. Операція *Подовжити поверхню*

На тому ж прикладі вибираємо інструмент *Відсікти поверхню*. інструмент, у вікні *Поверхня - Відсікти* на першому етапі вказуємо плоску поверхню як інструмент відсіку, вказуємо, що треба видалити, натискаємо

ОК, далі за допомогою цього інструменту відсікаємо частину плоскої поверхні поверхнею обертання (Рис.8).

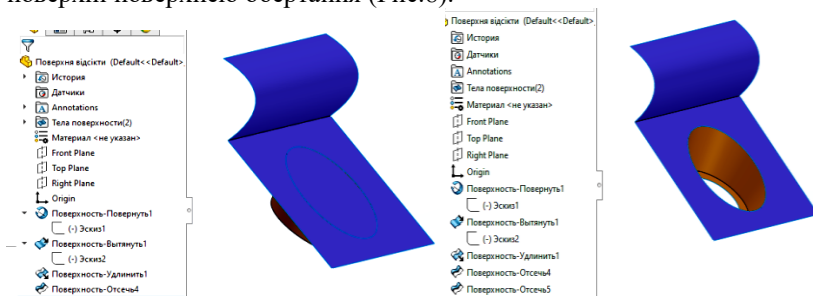


Рис.8. Результат операції *Поверхня - відсікти*

Для зшивання поверхонь потрібний інструмент *Зшити поверхню*. У відповідному вікні треба вказати поверхні. Залишилось тільки придати товщину моделі (*Вставка – Бобишка/Основа – Придати товщину*) На Рис.9 представлений результат зшивання та вікно для налаштування товщини.

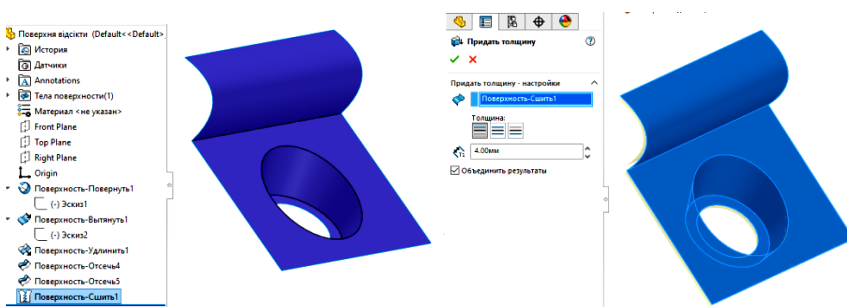


Рис.9. Операції *Зшити поверхню* та *Придати товщину*

Після перетворення поверхні у тіло виконується решта потрібних конструктивних елементів (Рис.10).

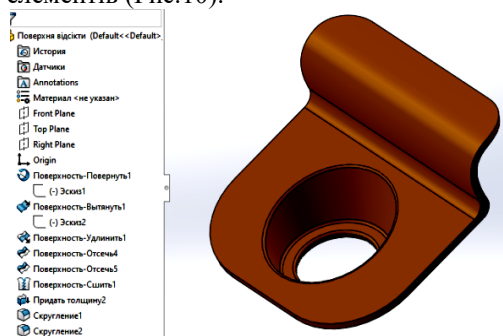


Рис.10. Результат виконання операції *Придати товщину*

Інструмент *Вільна форма* привертає особливу увагу, оскільки дозволяє створювати тверді тіла, які складно виконати навіть, використовуючи решту інструментів розділу *Поверхні*. Суть його полягає у тому, що по точках можна змістити на певну відстань поверхню, деформувавши її.

Створюємо поверхню. Активуємо інструмент *Вільна форма*, у відповідному вікні вказуємо грань, яку планується деформувати, налаштовуємо щільність сітки, що з'явилася (наприклад, значення 4), натискаємо кнопку *Додати лінії*, лінії зеленого кольору розміщуємо там, де плануються зміни, далі натискаємо *Додати точки* для розміщення їх на вказаних лініях (Рис.11). При виділенні точки з'являються триади напрямків осей, при витягуванні яких здійснюється зміщення поверхні в тому напрямку.

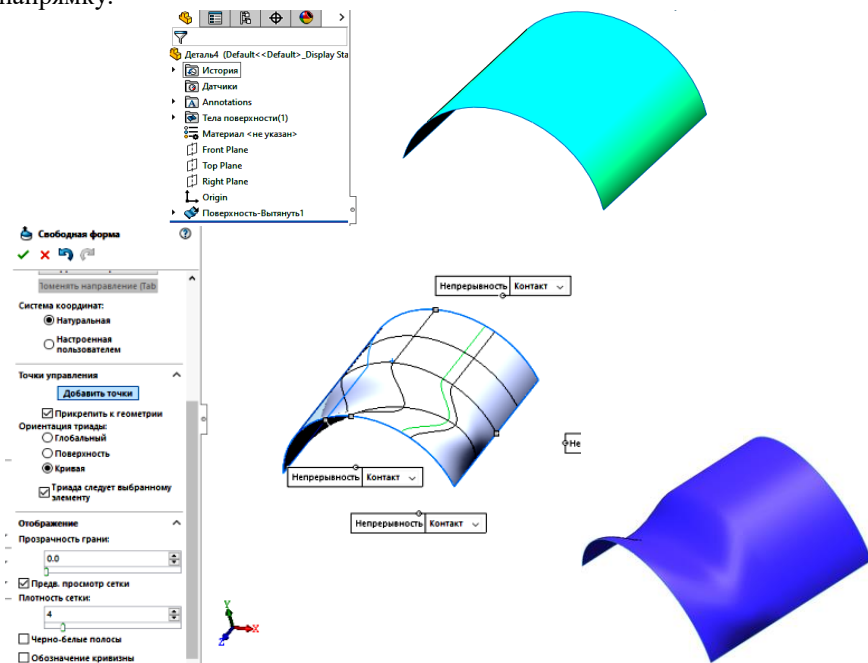


Рис.11. Налаштування деформації поверхні і результат

Розглянемо класичну побудову корпусу автомобільного пилососу, яка охоплює застосування більшості інструментів поверхневого моделювання.

ЗАВДАННЯ

Побудувати модель, використовуючи інструменти поверхневого моделювання, слідуючи вказівкам нижче.

ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

1. Будуємо ескіз на площині *Спереди* (Рис.12).

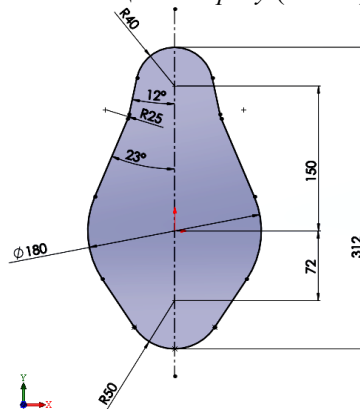


Рис.12. Ескіз базового елементу

2. Виконуємо операцію *Поверхня – Витягнути*. Витягуємо поверхню на довжину 450мм. Далі виконуємо наступний ескіз на площині *Справа* (Рис.13) і використовуємо інструмент *Відсікти поверхню* (Рис.14).

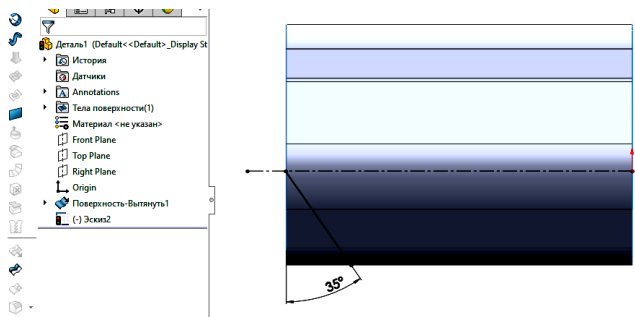


Рис.13. Ескіз №2

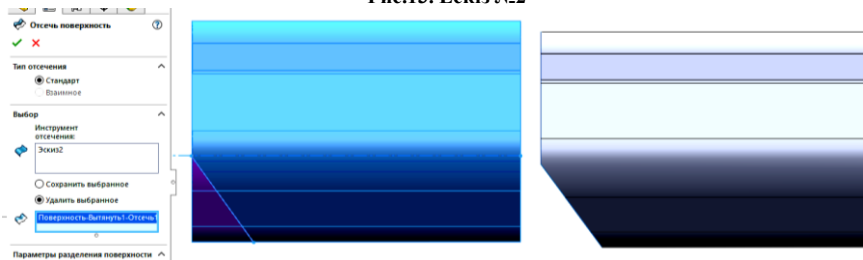


Рис.14. Операція *Відсікти поверхню* і результат

3. Створюємо наступний ескіз на площині *Справа*, після чого в ескіз додаємо заокруглення (Рис.15).

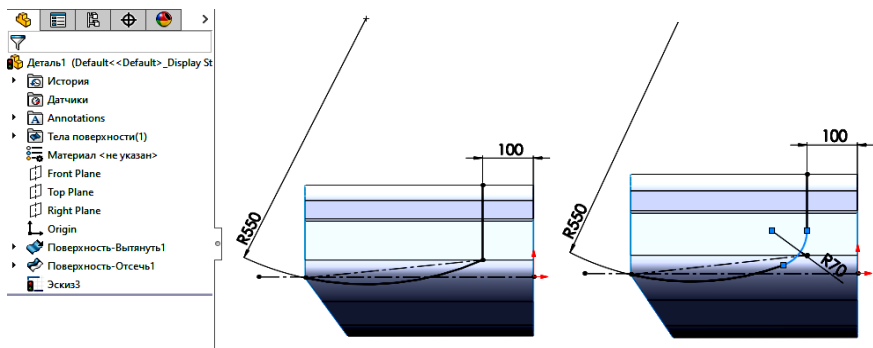


Рис.15. Ескіз №3

4. Знову використовуємо операцію *Відсікти поверхню* (Рис.16).

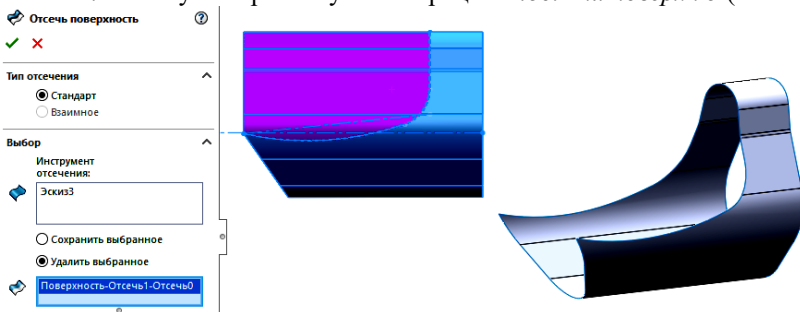


Рис.16. Операція *Відсікти поверхню* і результат

5. Створюємо вісь, що проходить через точки вершин, отриманих попередньо, за допомогою допоміжної геометрії (Рис.17). Через цю вісь створюємо допоміжну площину, яка проходить під кутом 10^0 до площини *Зверху* (Рис.18).

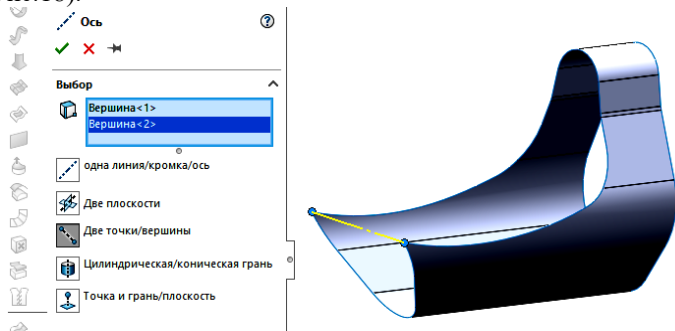


Рис.17. Ескіз допоміжної осі

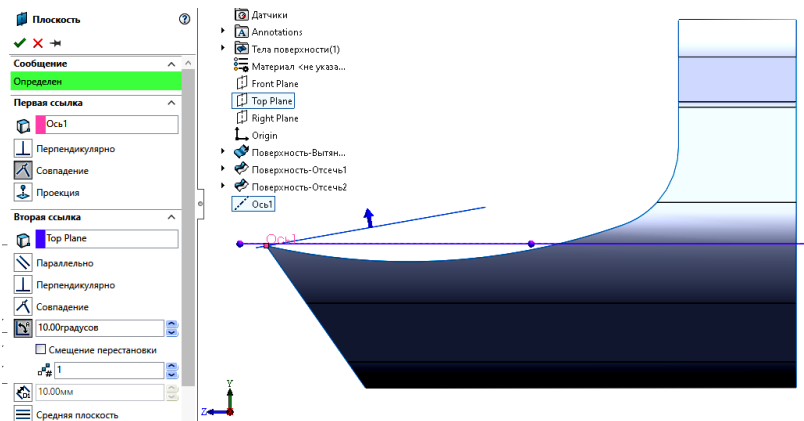


Рис.18. Побудова допоміжної площини

6. Будуємо на допоміжній площині ескіз дуги через три точки. Для повного визначення ескізу додаємо взаємозв'язок *Дотичність* між дугою та боковими кромками (Рис.19).

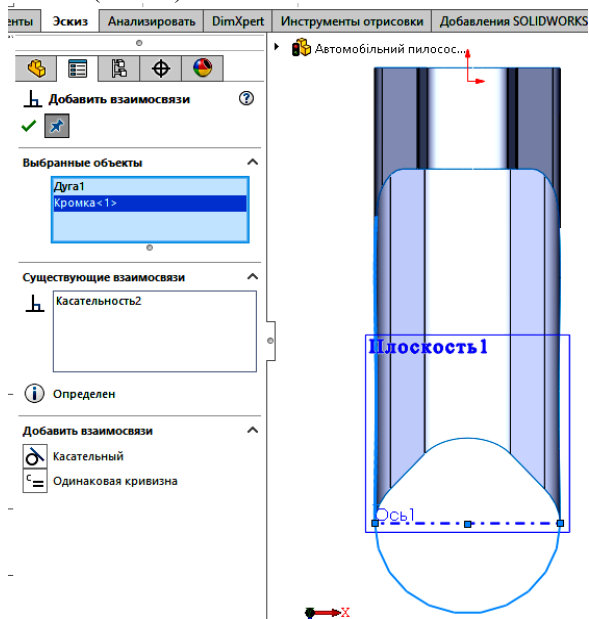


Рис.19. Побудова ескізу дуги

7. За допомогою інструменту *Заповнити поверхню* створюємо поверхню між двома контурами, вказуючи всі складові першого контуру і побудовану дугу. Для того, щоб поверхня була більш об'ємною, треба

вказати кривизну у полі *Управління кривизною*. Для дуги залишаємо *Контакт*, решту кромок виділяємо і задаємо *Дотичність* (Рис.20).

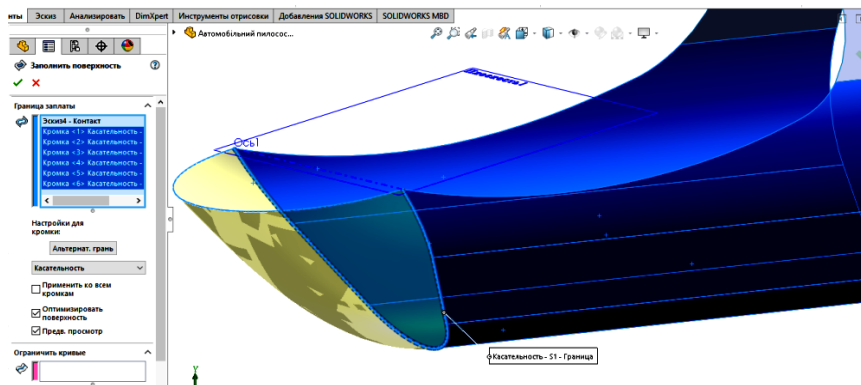


Рис.20. Виконання операції Заповнити поверхню

8. За допомогою інструменту *Поверхня границі* створюємо ще одну поверхню, для чого, знову вибираємо попередню дугу і верхню дугу. Якщо отримується перевернута поверхня, треба натиснути праву клавішу миші та в контекстному меню вибрати рядок *Переставити з'єднувачі*. Первинно отримується результат як на Рис.21. Для продовження побудови поверхні задаємо за допомогою *Управління кривизною* потрібну привізну. Для верхньої кривої вказуємо дотичність до грані і довжину дотичності - 2,9. Для нижньої дуги вказуємо теж дотичність, але з довжиною 1,6 (Рис.22).

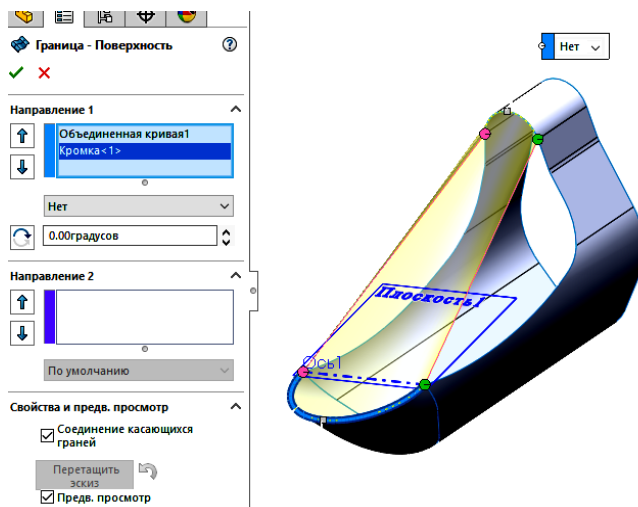


Рис.21. Попередній вигляд поверхні

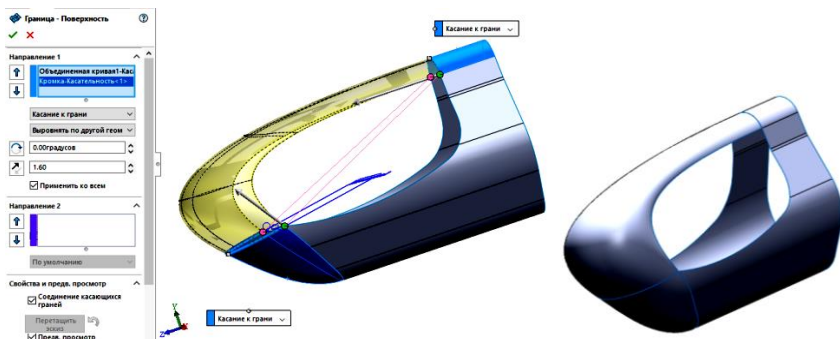


Рис.22. Остаточные наладки поверхности и результат

9. Будуємо новий ескіз на площині *Справа*. В якості ескізу використовуємо кромку моделі, використовуючи команду *Перетворення об'єктів* (Рис.23). Цей ескіз потрібний для створення допоміжних площин.

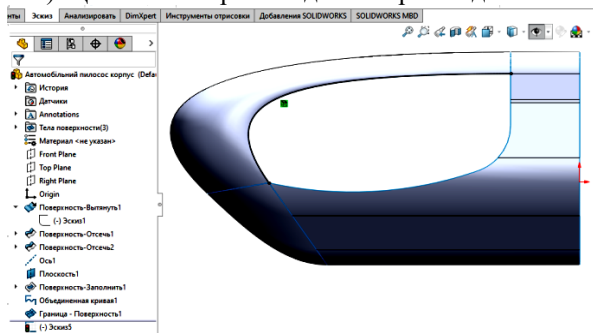


Рис.23. Ескіз на площині *Справа*

10. Будуємо площину через праву точку кромки перпендикулярно кромці, аналогічно – через ліву кромку (Рис.24).

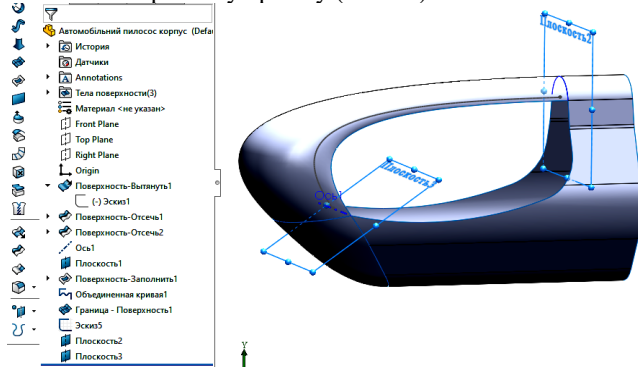


Рис.24. Побудова допоміжних площин

11. На площині 2 будемо дугу радіусом 45мм, на площині 3 – дугу радіусом 130мм (Рис.25). Застосовуємо інструмент *Поверхня по перерізах*, у відповідному вікні вказуємо дуги та в якості напрямних – дві бокових кромки (Рис.26).

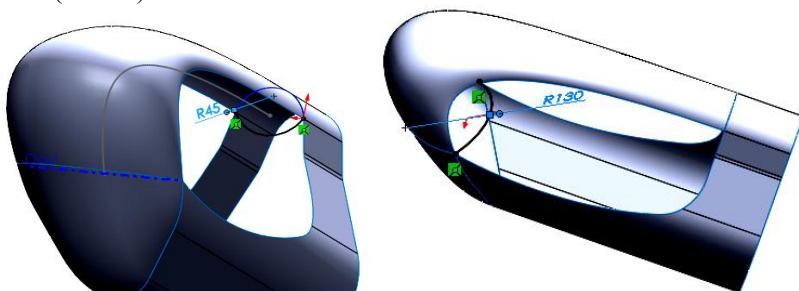


Рис.25. Побудова дуг на допоміжних площинах

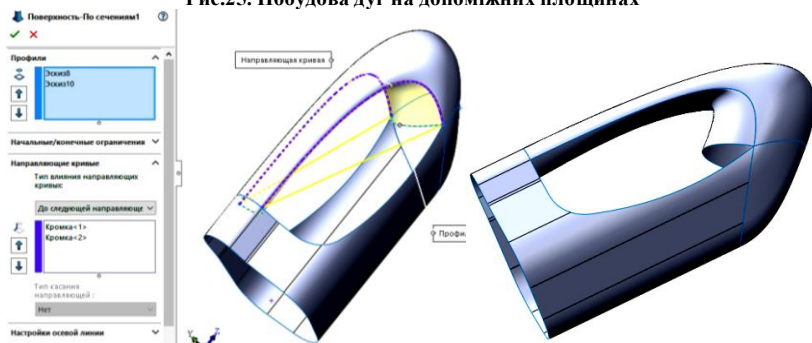


Рис.26. Виконання операції *Поверхня По перерізах* і результат

12. Виконуємо операцію *Заповнити поверхню*, вказуючи всі кромки нової поверхні (Рис.27).

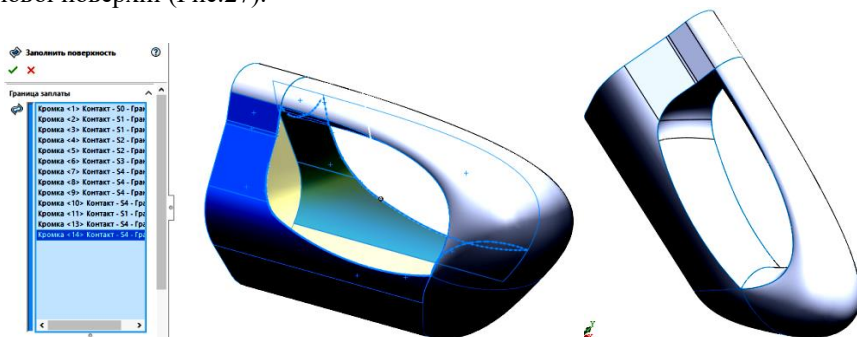


Рис.27. Виконання операції *Заповнити поверхню* і результат

13. Виконуємо операцію *Плaska поверхня* та у відповідному вікні

вказуємо всі обмежуючі кромки майбутній поверхні (Рис.28).

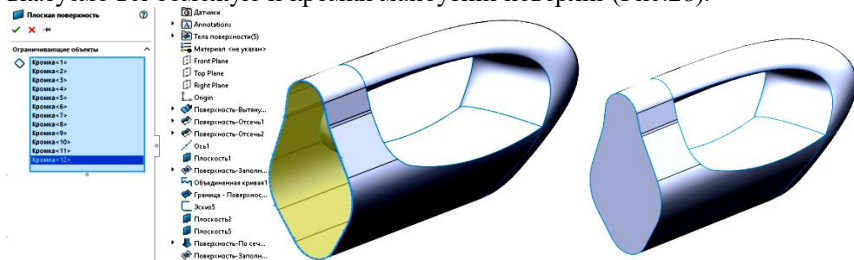


Рис.28. Виконання операції *Плоска поверхня* і результат

14. Створюємо на цій площині ескіз, використовуючи інструмент *Перетворення об'єктів*. Додаємо до вибраних кромок дугу через 3 точки. Дуга має бути дотичною до сполучених кромок (Рис.29).

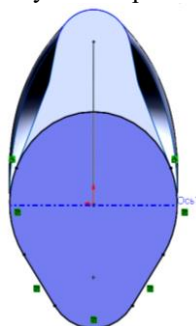


Рис.29. Побудова ескізу на плоскій поверхні

15. Відсікаємо частину плоскої поверхні за попереднім ескізом (Рис.30).

16. Створюємо допоміжну площину на відстані 500мм від побудованої поверхні і будуємо на ній ескіз (Рис.31,32).

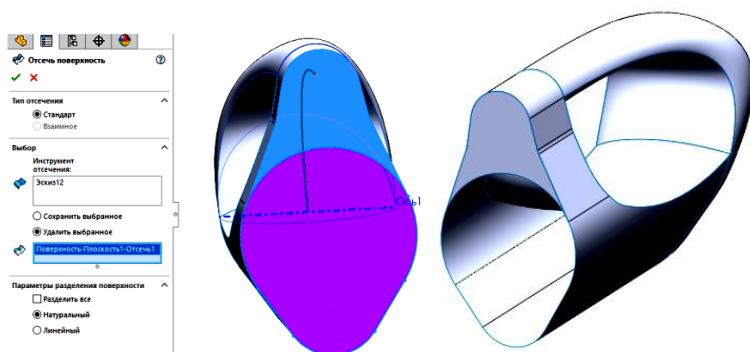


Рис.30. Операція Відсікти поверхню

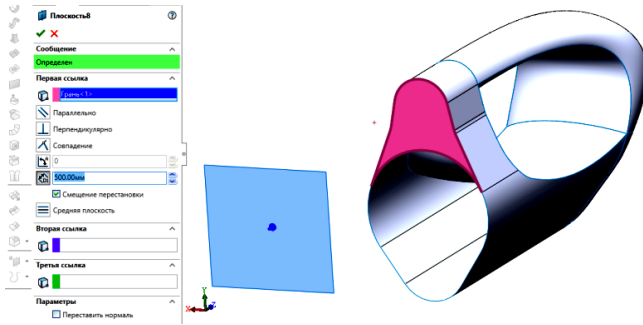


Рис.31. Створення додаткової площини

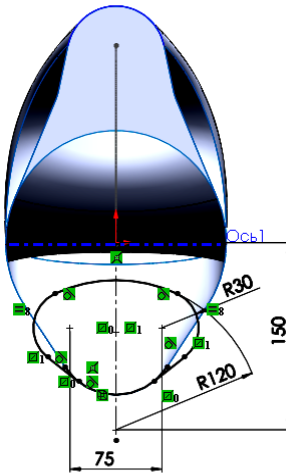


Рис.32. Побудова ескізу на допоміжній площині

17. Створюємо ескіз напрямних на площині *Справа*. Будуємо дугу через три точки від одного профілю до другого, встановлюючи взаємозв'язки між відповідними точками дуги та профілем *Точка проникання*. Через верхню точку проникання проводимо допоміжну горизонтальну пряму та задаємо взаємозв'язок кривої *Дотичність* з прямою. Другу напрямну проводимо горизонтально, також встановивши взаємозв'язок *Точка проникання* (Рис.33).

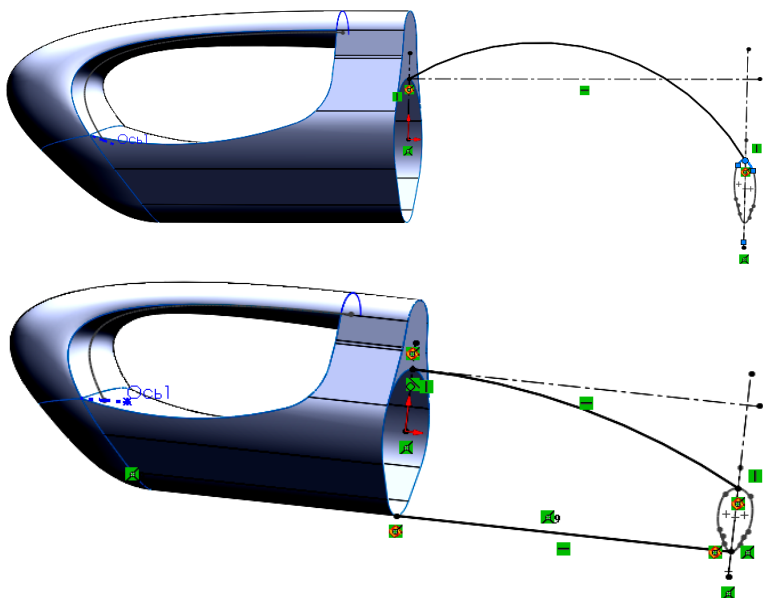


Рис.33. Побудова ескізу напрямних

18. Виконуємо операцію *Поверхня границі*, вказуючи у вікні два профілю та дві напрямних (Рис.34). На Рис.35 представлений результат.

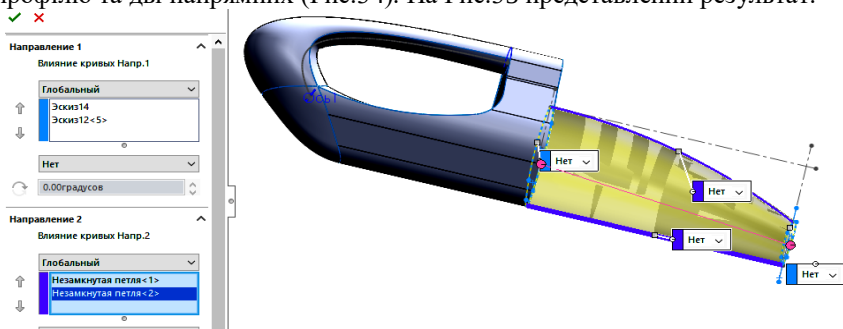


Рис.34. Створення поверхні за допомогою інструменту *Поверхня границі*

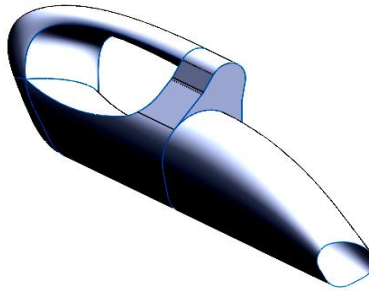


Рис. 35. Результат операції *Поверхня границі*

19. Будуємо ескіз (довільну дугу) на площині *Справа* для відсіку частини побудованої поверхні та відсікаємо її (Рис.36).

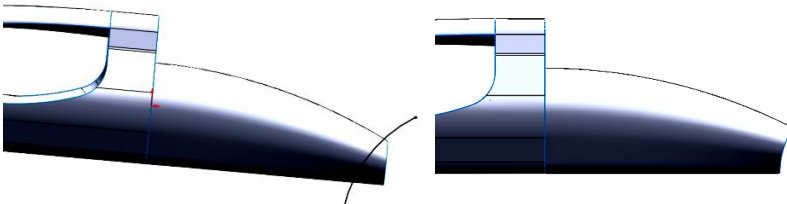


Рис.36. Виконання відсіку поверхні

20. Будуємо на ручці виступи для пальців, використовуючи інструмент *Вільна форма* довільних розмірів. Для зручності поверхню краще ізолювати, для чого виділити її, натиснути праву кнопку миші та вибрати рядок *Ізолювати*. Спливає віконце *Вийти з функції Ізолювати*, на яке натиснути після завершення операції (Рис.37).

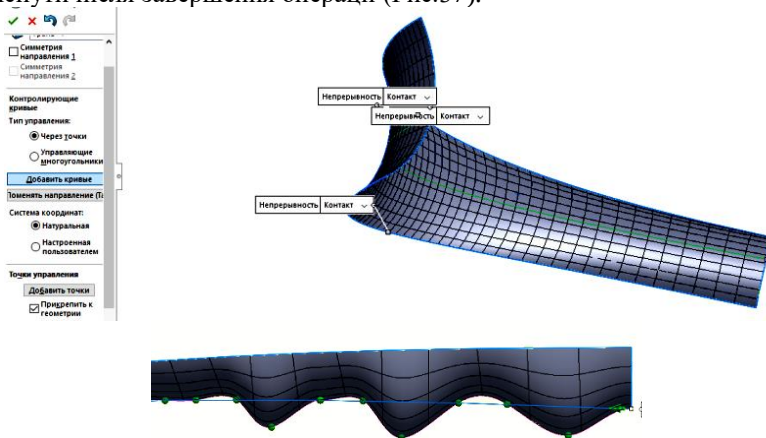


Рис.37. Виконання операції *Вільна форма*

21. Перед створенням твердого тіла замкнемо останню зовнішню

поверхню за допомогою інструменту *Заповнити поверхню*, після чого застосовуємо інструмент *Зшити поверхню*, у відповідному вікні покласти прапорець *Створити твердотільний елемент* (Рис.38). Після чого бажано задати колір майбутньому виробу.

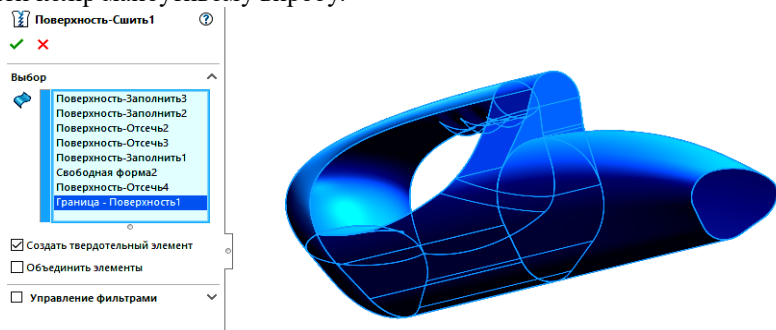


Рис.38. Створення твердотільного елементу

22. За допомогою операції *Оболонка* вилучимо внутрішній об'єм, залишивши тільки стінки товщиною 10мм. Додамо два отвори за ескізами (Рис.39). У ескізі зліва застосувати *Зміщення об'єктів* на 10мм. При виконанні операції *Виріз витягнути* за ескізом справа вказати витягування від середньої площини на 40мм. Далі можна додати деякі заокруглення. Результат побудови корпусу представлений на Рис.40.

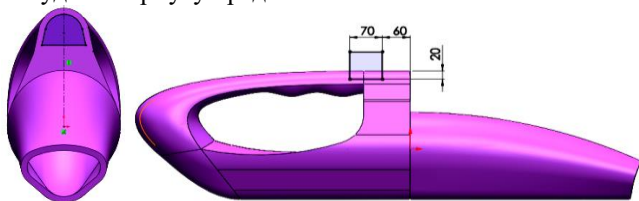


Рис.39. Ескізи отворів

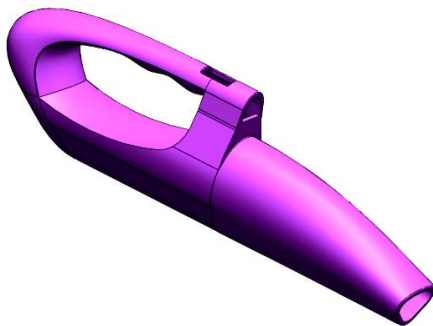


Рис. 40. Готова модель

23. Для підготовки літєвих форм модель треба розділити (*Вставка –*

Елементи – Розділити) площиною *Справа* на дві окремих частини для наступного виготовлення (Рис.41).

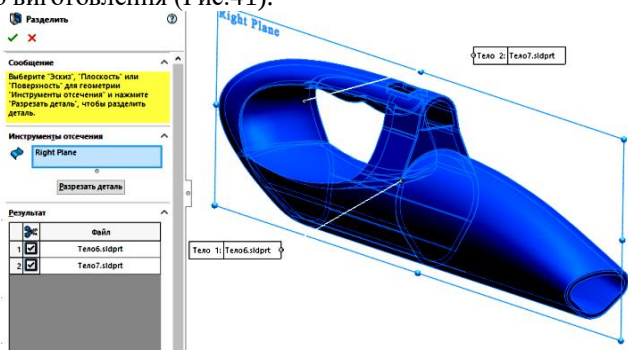


Рис.41. Виконання операції *Розділити*

На цьому етапі з'являються окремі файли, які треба перейменувати та зберегти та далі з ними працювати: додати необхідні для функціонування виробу конструкторські елементи в середині корпуса (ребра жорсткості, бобишки для нарізання різьби та ін.) (Рис.42).

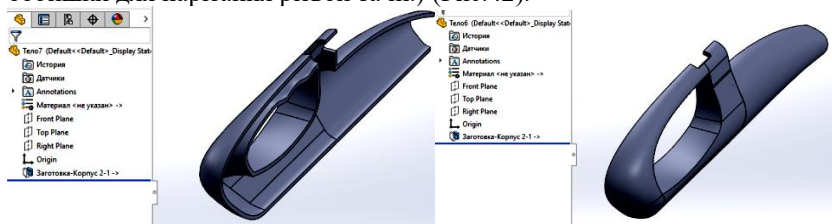


Рис.42. Тіла, які отримані у результаті операції *Розділити*

24. Для ілюстрації розділення корпусу навпіл виконуємо операцію *Перемістити/Копіювати* (Вставка – Елементи – Перемістити/Копіювати) (Рис.43). Результат операції представлений на Рис.44.

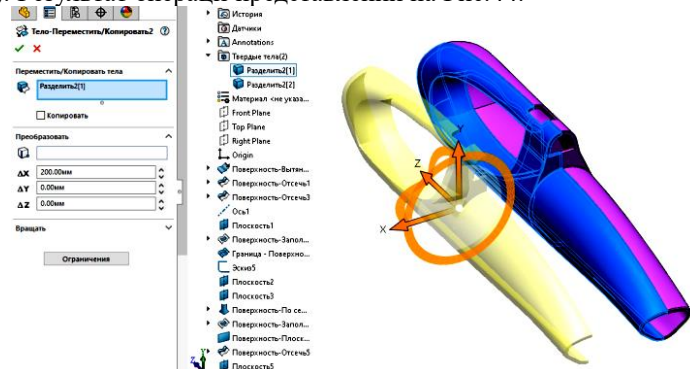


Рис.43. Виконання операції *Перемістити/Копіювати*

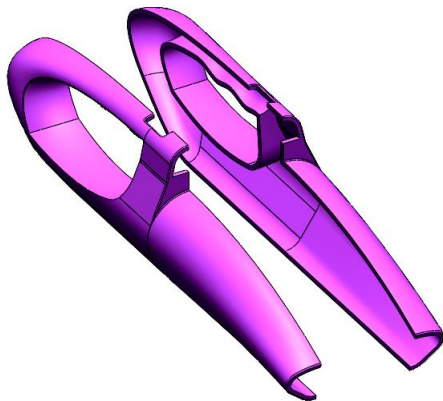


Рис.44. Результат операції *Перемістити/Копіювати*

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. У яких випадках доречне застосування інструментів поверхневого моделювання?
2. Які переваги має метод поверхневого моделювання?
3. Які операції у порівнянні з поверхневим моделюванням відсутні у методах твердотільного моделювання?
4. Як виконати операцію *Відсікти поверхню*?
5. Для чого використовується операція *Подовжити поверхню*?
6. Чим відрізняються операції *Заповнити поверхню* та *Поверхня границі*?
7. Що мається на увазі при застосуванні параметра *Управління кривизною* в операції *Поверхня границі*?
8. Як здійснити операцію *Зшивання поверхні*?
9. Як працювати з інструментом *Вільна форма*?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

Тема: Дослідження руху механізмів в SolidWorks Motion

Мета: Побудувати збірку важільного механізму за допомогою блоків і виконати дослідження його руху.

Теоретичні відомості

Блок – це складовий графічний примітив, який часто використовується на початкових етапах проектування механізмів. Оскільки механізм складається з ланок, при дослідженні кінематики (без врахування силових параметрів) модель збірки за допомогою блоків є самим простим і швидким способом отримання результатів. Для того не потрібно розробляти конструкції всіх ланок і збирати модель збірки з її компонентів.

Основними задачами кінематичного дослідження є визначення положень ланок механізму та його окремих точок, їх траєкторій, швидкостей і прискорень. Дослідження руху здійснюється при натисканні вкладки знизу **Дослідження руху**. Крім того, треба активізувати додаток **SOLIDWORKS MOTION** в менеджері команд (при цьому має бути активізований й додаток **SOLIDWORKS SIMULATION**), або відкрити вікно з додатками **SOLIDWORKS** та покласти відповідні прапорці (**Інструменти-Додатки**).

Завдання

1. Побудувати за допомогою блоків кривошипно-шатунний механізм (Рис.1), задавши потрібні співвідношення. Розміри – див.Табл.1.
2. Про вести аналіз руху, активізувавши додаток **SOLIDWORKS MOTION**. Параметри налаштування – див.Табл.1.
3. Виконати анімацію.
4. Побудувати графіки переміщень, швидкостей та прискорень.

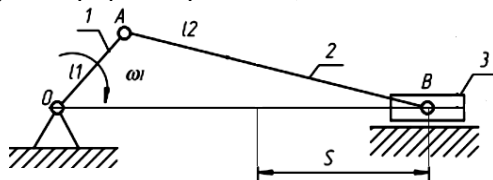


Рис.1. Функціональна схема кривошипно-повзунного механізму

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Хід повзуна S, мм	115	140	200	210	130	200	250	230	180	160
Відношення довжини кривошипа до довжини шатуна $\lambda=l_1/l_2$	1/3	1,33	1/3,2	1/3,5	1/3,6	1/3	1/3,2	1/3,5	1/3	1/3,3
Кутова швидкість ω, c^{-1}	2,1	1,57	1,88	1,04	2,1	1,57	1,88	2,1	1,88	1,57

Хід виконання завдання (приклад).

Вхідні дані: Хід повзуна $S=120\text{мм}$; співвідношення між довжинами кривошипа та шатуна $\lambda=l_1/l_2$; кутова швидкість кривошипа $\omega_1=1,04c^{-1}$ (що відповідає частоті його обертання $n=10\text{ хв}^{-1}$).

Механізм складається з таких ланок: **Опора шарнірна (0), Кривошип (1), Шатун (2) та Повзун (3).**

1. Визначаємо довжини **Кривошипа** і **Повзуна**, враховуючи положення повзуна при максимальній та мінімальній віддалі від точки О (центра шарніру). Очевидно, що хід повзуна дорівнює двом довжинам кривошипа. Враховуючи λ , отримуємо довжини: $l_1=60\text{мм}$; $l_2=180\text{мм}$.

2. Створюємо файл **Збірка** та у вікні **Почати збірку**, натискаємо кнопку **Створити розташування**. З'являється площина для створення блоків (Рис.2.) Для зручності, можна викликати панель **Блоки** (*Вид-Панель інструментів-Блоки*), хоча можна користуватися й **Панеллю менеджера**, де є всі потрібні кнопки.

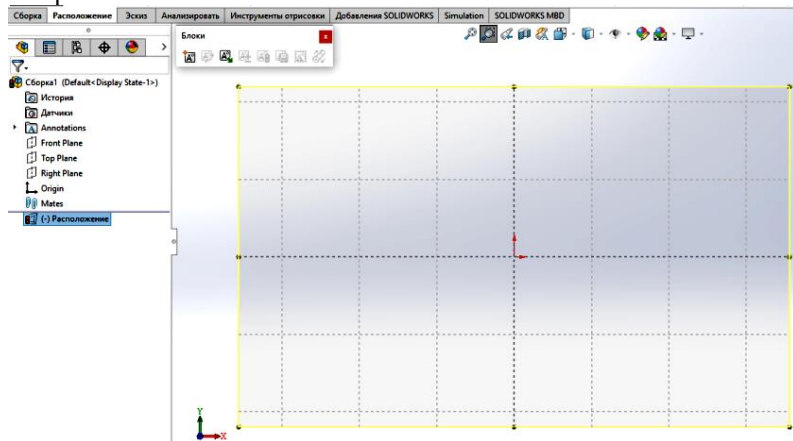


Рис.2. Вікно Розташування

3. Будуємо перший блок – **Опора шарнірна**, задаючи потрібні розміри та взаємозв'язки. Після чого виділяємо побудову та натискаємо кнопку **Створити блок**, у відповідному вікні натискаємо **Точка вставки**, перетаскуємо її у центр шарніра та завершуємо операцію (Рис.3).

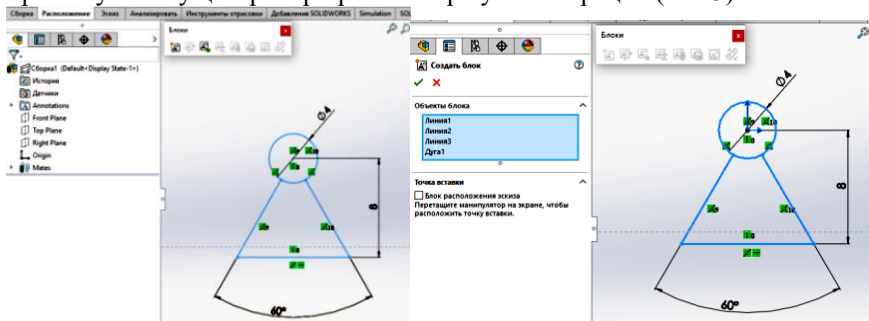


Рис.3. Побудова Опори шарнірної

4. У дереві побудови перейменовуємо **Блок1-1** у **Опору шарнірну** і натискаємо кнопку **Зберегти блок**. Аналогічно у тому ж середовищі створюємо решту блоків. Для швидкого створення шатуна можна скопіювати блок кривошипу, натиснути кнопку **Рознести блок**, після чого змінити довжину та створити новий блок з ім'ям **Шатун**. Останнім створюємо **Повзун** (Рис.4) та зберігаємо його.

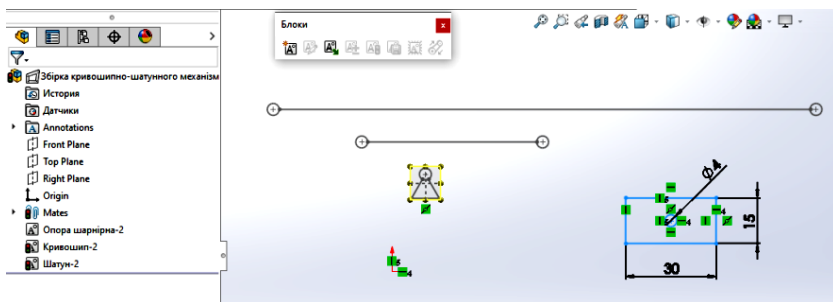


Рис.4. Побудова повзуна

5. Переходимо до збирання механізму. Для початку центр шарніра перетаскуємо у точку початку координат та накладаємо на основу трикутника та нижню лінію повзуна взаємозв'язок **Горизонтальність**. Під'єднуємо інші ланки. Додаємо взаємозв'язок **Горизонтальність** центрів шарніра і повзуна. Результат представлений на рисунку 5.

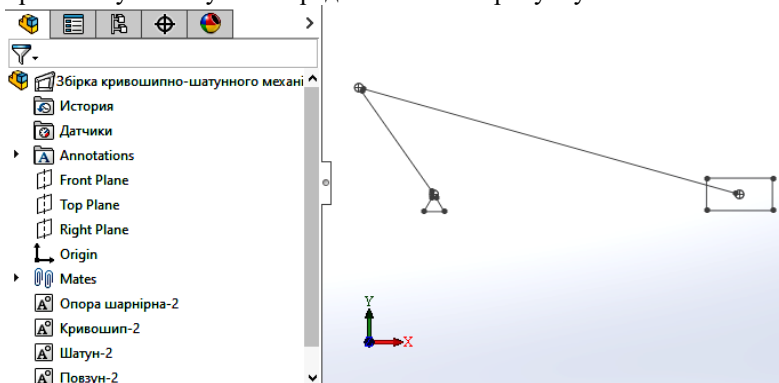


Рис.5. Кривошипно-шатунний механізм у зборі

При переміщенні однієї з ланок вручну механізм починає рухатися. Виходимо з **Розташування**, натиснувши значок у правому верхньому куті.

6. Активізуємо **SOLIDWORKS MOTION** і вибираємо зі списку типів дослідження **Аналіз руху**. На панелі **Менеджеру руху** стають активними потрібні нам кнопки (Рис.6). Натискаємо кнопку **Двигун**. У вікні (Рис.7) вибираємо вид двигуна **Обертотий двигун**, заповнюємо поля **Компонент/Напрямок**, **постійну швидкість**, **частоту обертання** задаємо $n=10 \text{ хв}^{-1}$ ($n = \omega * 30 / \pi$), враховуючи, що кутова швидкість $\omega_1 = 1,04 \text{ с}^{-1}$, та завершуємо операцію.

7. Після закриття вікна налаштування двигуна натискаємо послідовно кнопки **Розрахувати** та **Відтворити**. Час відтворення руху встановлюємо довільно (Рис.8).

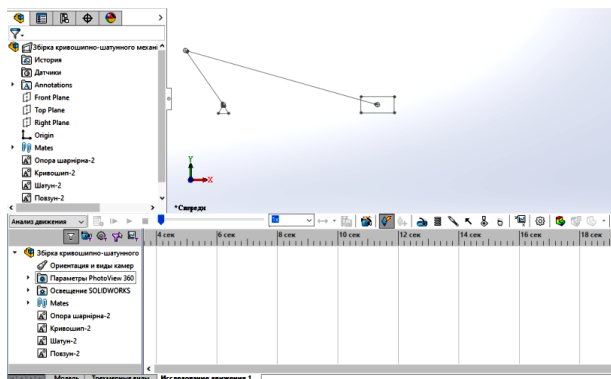


Рис.6. Вікно Аналізу руху

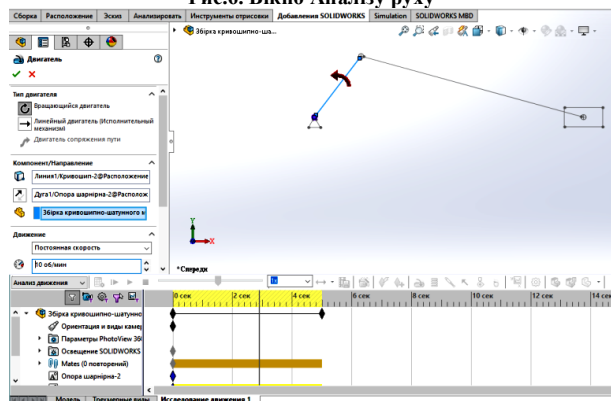


Рис.7. Вікно налаштування двигуна

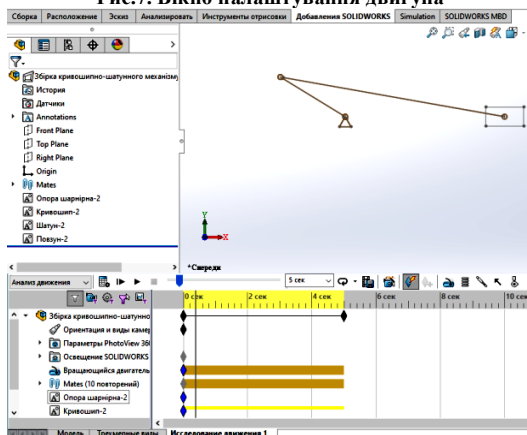


Рис.8. Момент відтворення руху механізму

8. Для отримання графіків переміщення, швидкості та прискорення

натискаємо по черзі на кнопку **Результати і епюри** та налаштовуємо відповідні параметри руху. Для отримання графіку переміщень повзуна у полях **Вибору категорій** вибираємо у першому - **Переміщення/швидкість/прискорення**, у другому – **Лінійне переміщення**, у третьому – **Величина**. Для введення елементу в наступному полі вказуємо вертикальну пряму повзуна. У п'ятому полі має з'явитися назва збірки після її виділення. В цьому полі можна вказувати й окремі її елементи. (Рис.9). Після завершення операції з'являється графік лінійних переміщень повзуна (Рис.10).

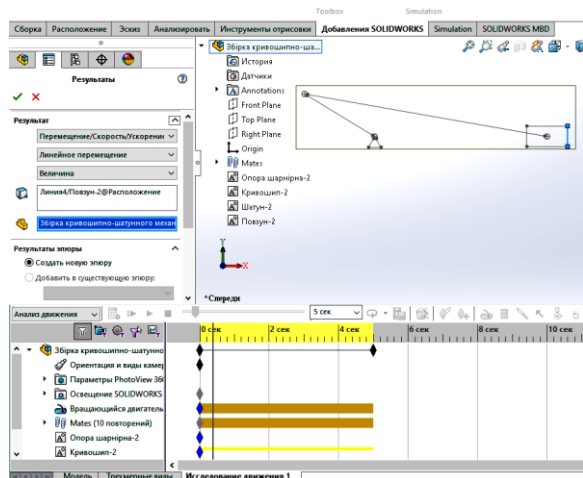


Рис.9. Налаштування параметрів для отримання графіку переміщень повзуна

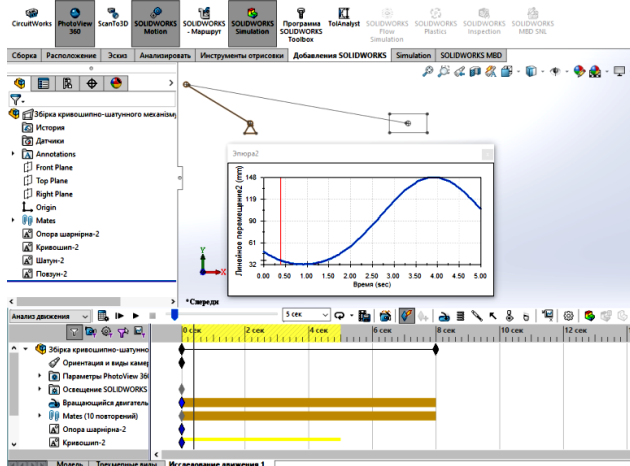


Рис.10. Графік лінійних переміщень повзуна

9. Аналогічно отримуємо графіки швидкості та прискорення (Рис.10).

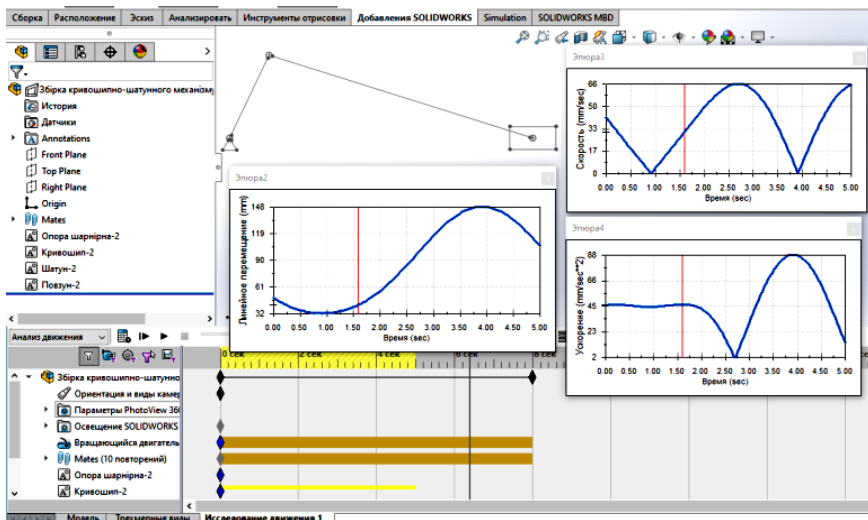


Рис.10. Графіки лінійних переміщень, швидкостей та прискорень

Анімацію руху механізму можна зберегти окремим файлом у форматі AVI або в іншому. Для цього треба натиснути на кнопку **Зберегти анімацію**.

Контрольні питання

1. Які типи дослідження руху доступні у *SolidWorks*?
2. Можливості та інструменти кожного типу дослідження.
3. Які налаштування виконуються у вікні *Двигун*?

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Козяр, М.М. Комп'ютерна графіка: SolidWorks: навчальний посібник /М.М.Козяр, Ю.В.Фещук, О.В.Парфенюк. – стереотипне видання. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2024. – 252 с.
2. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак – Луцьк: Вежа, 2018. – 172 с.
3. Ворошук В.Я. Solidworks у завданнях 3D моделювання та інжинірингу технічних систем. Навч. посібник / В.Я. Ворошук, Т.М. Вітенько. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 164 с.
4. Козяр М.М. Чотиривимірне моделювання технічних об'єктів засобами САПР: електронний навчальний посібник. Рівне. НУВГП, 2018. 313с.
5. Solidworks Побудова випускного колектора та розгортки порізки для виготовлення складних примикань.
<https://www.youtube.com/watch?v=jISJU04NzLk>
6. Solidworks. Поверхневе моделювання. Lamborghini Aventador - Частина 2 / <https://www.youtube.com/watch?v=T1mbvmDBzoA>
7. Solidworks_Розглід дерева побудови моделі автомобільного диску.
<https://www.youtube.com/watch?v=VXt963Nglow&t=1824s>
8. Solidworks Tutorial # 140 Sketch Mouse in Solidworks (Advanced Surfacing) by Solidworks Easy Design
/ <https://www.youtube.com/watch?v=QTxGT14YFQg>
9. Exercise 103: How to make a 'Minimal Surface Structure' in Solidworks 2018/ https://www.youtube.com/watch?v=WJpy-3V_XAE
10. Exercise 104: How to make a 'Lattice Structure' in Solidworks 2018./ <https://www.youtube.com/watch?v=ZYKWG8OtQ94>
11. Transform Your Skills | Master the 'Braided Rope' Design in SOLIDWORKS 2024 Step-by-Step Tutorial./ <https://www.youtube.com/watch?v=C3flrJiWyFQ>

ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У SOLIDWORKS

ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання спеціальності G9 «Прикладна механіка» Освітньо-професійної програми «Ресурсо - та енергозберігаючі системи, пристрої та апарати»

Укладач: О.В. Габовда

Тираж 15 пр.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 4916 від 16.06.2015 р.

Редакційно-видавничий відділ МДУ, 89600, м.Мукачево, вул.Ужгородська,
26



МУКАЧІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

89600, м. Мукачево, вул. Ужгородська, 26

тел./факс +380-3131-21109

Веб-сайт університету: www.msu.edu.ua

E-mail: info@msu.edu.ua, pr@mail.msu.edu.ua

Веб-сайт Інституційного репозитарію Наукової бібліотеки МДУ: <http://dspace.msu.edu.ua:8080>

Веб-сайт Наукової бібліотеки МДУ: <http://msu.edu.ua/library/>