

Національний лісотехнічний університет України
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут деревообробних та
комп'ютерних технологій і дизайну
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра інформаційних систем та комп'ютерного моделювання
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

перший (бакалаврський)
(рівень вищої освіти)

на тему: Розроблення системи автоматизованого проектування підводного
скутера засобами SolidWorks/SolidWorks Simulation/SolidWorks Motion

Виконав: студент IV курсу групи ІСТ-41
спеціальності
126 "Інформаційні системи та технології"
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Дубенюк А. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник доц. Борецька І.Б.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Луцишин С.П.
(прізвище та ініціали)

Львів – 2023

Національний лісотехнічний університет України
(повне найменування вищого навчального закладу)

ННІ деревообробних та комп'ютерних технологій і дизайну

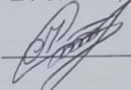
Кафедра інформаційних систем та комп'ютерного моделювання

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 126 "Інформаційні системи і технології"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри



Сторожук О. Л.

" 12 " 06 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дубенюку Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розроблення системи автоматизованого проектування підводного скутера засобами SolidWorks/SolidWorks Simulation/SolidWorks Motion*

керівник роботи *Борецька Ірина Богданівна к.т.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від "21" листопада 2022 року № С 521

2. Термін подання студентом роботи «10» червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи
Результатом буде набір конструкторської документації для проектування підводного скутера та його випробування

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Розділ 1. Стан проблемної області

Розділ 2. Інформаційне та математичне забезпечення

Розділ 3. Програмне та технічне забезпечення

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення та презентація

6. Дата видачі завдання «23» листопада 2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

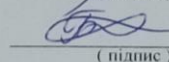
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Системний аналіз стану проблемної області. Огляд літературних джерел згідно досліджуваної теми.	21.01.23	Виконано
2	Постановка задачі і етапи проектування	15.02.23	Виконано
3	Побудова 3D-моделі конструкції підводного скутера	28.03.23	Виконано
4	Проведення дослідження в системі SolidWorks	20.04.23	Виконано
5	Оформлення записки до дипломного проекту	04.06.23	Виконано
6	Задача пояснювальної записки на рецензування	10.06.23	Виконано
7	Підготовка доповіді		

Студент


(підпис)

Дубенюк А. С.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

доц. Борецька І.Б.
(прізвище та ініціали)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

За допомогою середовища Solid Works спроектувати:

- 3D модель підводного скутера;
- Дослідити дію сили та тиску на підводний скутер під час моделювання його роботи;
- За допомогою застосування SolidWorks API запрограмувати автоматичну побудову деталей підводного скутера.

Результатом виконання дипломного проекту повинно бути:

- 3D моделі компонентів та складання підводного скутера, виготовленого з різних матеріалів;
- Значення сили та тиску на підводний скутер;
- Програма для побудови деталей підводного скутера.

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота містить 59 сторінок пояснювальної записки, 74 рисунків, 4 аркуші креслення, 15 джерел та 2 додатки.

Дипломна робота присвячена розробці систем проектування підводного скутера засобами автоматизованого SolidWorks/SolidWorks Motion.

Проведено дослідження побудованої моделі підводного скутера за допомогою додатку SolidWorks Simulation. Відтворено рух гвинта за допомогою SolidWorks Motion. Також створено програму за допомогою SolidWorks API для автоматичної побудови деталей підводного скутера.

Ключові слова: підводний скутер, моделювання, програмне забезпечення, модуль, метод скінчених елементів, SolidWorks, SolidWorks Simulation, SolidWorks Motion, SolidWorks API.

ABSTRACT

The thesis contains 59 pages of explanatory text, 74 figures, 4 drawing sheets, 15 references, and 2 appendices.

The thesis is devoted to the development of a design system for an underwater scooter using computer-aided design tools SolidWorks and SolidWorks Motion.

The constructed model of the underwater scooter was analyzed using SolidWorks Simulation. The motion of the propeller was reproduced using SolidWorks Motion. In addition, a program was developed using the SolidWorks API for the automatic generation of underwater scooter parts.

Keywords: underwater scooter, modeling, software, module, finite element method, SolidWorks, SolidWorks Simulation, SolidWorks Motion, SolidWorks API.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ.....	10
1.1 Поняття про підводний скутер.....	10
1.2 Походження підводних скутерів.....	11
1.3 Класифікація та моделі підводних скутерів	13
1.4 Принцип роботи підводного скутера	16
1.5 Характеристики підводного скутера	16
РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	18
2.1 Програмний комплекс моделювання SolidWorks	18
2.2 Модуль SolidWorks Motion.....	24
2.3 Модуль SolidWorks Simulation.....	26
2.4 Метод скінчених елементів	27
2.5 Макроси в середовищі SolidWorks	29
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	30
3.1 Побудова 3D-моделей деталей підводного скутера	30
3.2 Складання елементів підводного скутера.....	32
3.3 Дослідження дії сили та тиску	33
3.3.1 Дослідження дії тиску на корпус підводного скутера.....	33
3.3.2 Дослідження дії тиску на гвинт підводного скутера	40
3.3.3 Дослідження дії тиску на кермо підводного скутера	44
3.3.4 Дослідження дії сили на кермо підводного скутера	49
3.4 Імітація руху гвинта	55
3.5 Макрос для створення гвинта	56
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
ДОДАТКИ.....	62

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

САПР – система автоматизованого проектування;

SW – SolidWorks;

SWS – SolidWorks Simulation;

SWM – SolidWorks Motion;

ПЗ – програмне забезпечення;

МСЕ – метод скінчених елементів;

ДК – дерево конструювання;

VBA – Visual Basic for Applications;

ПС – підводний скутер.

ВСТУП

У сучасному світі розвиток технологій надає людству безліч можливостей для вивчення та дослідження невідомих водних глибин. Одним з технічних засобів, який використовується в підводних дослідженнях та рекреаційних цілях, є підводний скутер (ПС). Цей винахід – чудовий інструмент, який дозволяє людям без особливих зусиль переміщатися підводним світом із легкістю та швидкістю.

ПС, також відомі як дайверські скутери або субмарини, є електричними пристроями, які здатні пересуватися під водою за допомогою гвинтового двигуна. В даний час існує широкий спектр моделей ПС, що відрізняються за характеристиками, дизайном та функціональністю. Розробка та вдосконалення таких пристроїв потребує глибокого розуміння їх фізичних принципів та процесів роботи.

В даній дипломній роботі представлений всебічний огляд ПС, принципів їх роботи та технічні характеристики.

Об'єктом дослідження буде виступати 3D модель складання і компонентів ПС.

Основною метою дипломної роботи є детальний аналіз процесу 3D моделювання ПС, охоплюючи як теоретичні принципи, так і практичні.

Отримані результати дослідження можуть бути корисними для людей, які цікавляться підводними дослідженнями та зануреннями, а також виробникам і експертам для вдосконалення та оптимізації існуючих моделей ПС, для виробництва нових, більш продуктивних пристроїв.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Поняття про підводний скутер

Вживаючи слово "скутер" багато людей миттєво уявляють собі невеликий дво- або триколісний транспортний засіб, на який сідає водій. Але морський скутер – це абсолютно інший вид машини, який не має коліс для руху. Замість цього скутер створює тягу і за допомогою неї переміщує користувача у водному середовищі. Це робить його чудовим помічником для глибоководних дайверів у морі чи океані, а також для користування під час відпочинку.

Кілька років тому, морські скутери були великими та дорогими апаратами, на які користувачу потрібно було лягати для занурення. Сьогодні, завдяки технологічному прогресу, вони стали компактними, електричними, портативними пристроями. Багато з них також стали доступними для звичайного споживача за прийнятною ціною.

Сучасні скутери зазвичай виконані з легких, але міцних матеріалів, таких як пластик чи алюміній, щоб бути легкими та довговічними водночас. Крім того, вони зазвичай обладнані спеціальними рукоятками для зручного керування та маневрування. ПС також можуть мати різні додаткові функції та особливості, такі як вбудовані світлодіодні фари для освітлення під водою, кріплення камери для зйомки, індикатори рівня заряду акумулятора та інше. Деякі моделі можуть бути складними, що дозволяє зручно переносити їх у подорожі або зберігати у компактному вигляді.

ПС допомагає подолати обмеження рухової сили людини під водою та підвищити мобільність і радіус досліджень дайверів і любителів підводного спорту. На відміну від звичайного плавання, яке покладається виключно на фізичну силу плавця та техніку плавання, ПС використовує потужність електричного двигуна, щоб рухати користувача у воді.

Основне призначення ПС – зробити підводне дослідження більш ефективним і приємним. Це дозволяє плавцям досягати віддалених місць під час занурення та з легкістю долати течії чи перешкоди. Для рекреаційного дайвінгу, підводної фотографії, наукових досліджень чи професійних цілей ПС

є цінним інструментом для покращення підводного досвіду та розширення можливостей підводних досліджень.

Важливо відзначити, що використання ПС потребує певних навичок та знань безпеки, особливо при зануренні на великі глибини. Для безпечного використання рекомендується проходження спеціального навчання та отримання відповідної сертифікації.

1.2 Походження підводних скутерів

Походження ПС можна віднести до початку 20-го століття, коли почалася розробка водолазних двигунів (ВД), також відомі як підводні двигуни або підводні транспортні засоби. Ранні версії ВД були в основному розроблені для військових цілей і використовувалися військовими водолазами для різних підводних місій. При використанні ВД під час Другої світової війни військові визнали його потенціал для підводних операцій. Італійський флот, зокрема, зіграв значну роль у розвитку технології. Вони розробили ВД під назвою «Maiale» (італ. «свиня»), який використовувався італійськими військовими для виконання таємних місій, у тому числі знаменитого рейду на Александрію.



Рис. 1.1 – Італійський ВД типу «Maiale»

Згодом, британці, виявивши ефективність роботи італійських ВД, скопіювали ідею та побудували власні підводні транспортні засоби для однієї людини, з метою проведення таємної розвідки або нападу на ворожі судна. Британські версії отримали назву «Chariots» (англ. «колісниці»).



Рис. 1.2 – Британський ВД типу «Chariot»

Після війни ВД почали привертати увагу за межами військового застосування. У 1960-х і 1970-х роках дайвери-рекреатори почали експериментувати з саморобними ВД, щоб підвищити їх підводну мобільність. Перші ентузіасти прагнули відтворити переваги ВД військового рівня для особистих дайвінг-досліджень.

Згодом ВД отримали більш сучасну назву «підводний скутер». З розвитком технологій і зростаючим інтересом до дайвінгу комерційні виробники почали випускати ПС спеціально для рекреаційного використання. У 1980-х і 1990-х роках такі компанії, як Sea-Doo, Yamaha та Apollo, почали випускати ПС орієнтовані на споживача, роблячи їх доступнішими для спільноти дайверів.

Протягом багатьох років ПС продовжували розвиватися з точки зору дизайну, продуктивності та функцій. Удосконалення матеріалів, технології акумуляторів і ефективності двигунів призвели до розробки більш компактних, потужних і зручних моделей.

Сьогодні ПС широко доступні від різних виробників і використовуються не лише дайверами-любителями, а й професійними дайверами, підводними фотографами, дослідниками та рятувальними командами. Вони стали невід'ємною частиною індустрії дайвінгу, покращуючи підводне дослідження,

спрощуючи підводну відеозйомку та фотозйомку, а також дозволяючи дайверам легко досягати великих глибин і відстаней.

1.3 Класифікація та моделі підводних скутерів

ПС бувають різних класифікацій і моделей, що задовольняють різноманітні потреби та вподобання дайверів і любителів підводних занурень. Вони відрізняються за розміром, конструкцією, рушійним механізмом, функціями та призначенням.

ПС можуть бути оснащені одним або двома гвинтами, розміщеними по одному на кожному з кінців.



Рис. 1.3 – Скутер оснащений одним гвинтом



Рис. 1.4 – Скутер оснащений двома гвинтами

Моделі ПС розрізняють по типу дизайну:

1. Ручні скутери – це невеликі, портативні скутери, які утримує плавець під час роботи. Вони компактні та легкі, що робить їх придатними для подорожей і підводних досліджень на короткі відстані.



Рис. 1.5 – Ручний скутер

2. Буксирувальні скутери – це більші за розміром скутери та призначені для буксирування водолазом. Зазвичай вони оснащені ременем або кермом, за яке дайвер може триматися, коли його тягнуть у воді. Буксирувальні скутери мають кращу стабільність і контроль, що робить їх придатними для занурень на великі відстані або для перевезення додаткового обладнання.



Рис. 1.6 – Буксирувальний скутер

По глибині занурення скутери діляться на:

1. Скутери для поверхневого плавання. Ці моделі призначені для використання на поверхні води або на невеликих глибинах. Вони мають обмежену глибину занурення, часто до 5-10 метрів.
2. Глибоководні скутери. Ці скутери розроблені для занурення на великі глибини. Вони можуть витримувати тиск на глибині до 50 і більше метрів, залежно від моделі.

По застосуванню скутери поділяють на:

1. Рекреаційні – це скутери розроблені для рекреаційних дайверів і зазвичай використовуються для неквапливих досліджень, підводної зйомки та загальної підводної мобільності. Вони віддають перевагу простоті використання, доступності та зручним функціям.
2. Професійні (технічні) – це скутери, створені для складних занурень, таких як занурення в печери або глибокі дослідження затонулих кораблів і т.п. Вони часто мають вищу потужність, довший термін дії батареї та розширені функції для досвідчених дайверів.

Різні виробники пропонують широкий вибір варіантів моделей або марок ПС із різними характеристиками та специфікаціями. Серед популярних брендів підводних скутерів:

Seabob: виробляє ряд високопродуктивних моделей, придатних для рекреаційного дайвінгу та професійного використання. Їхні скутери відомі потужними двигунами, ергономічним дизайном і передовими технологіями.

Sublue: спеціалізується на легких і портативних ПС, придатних для підводного плавання та рекреаційного дайвінгу. Їхні скутери часто мають модульну конструкцію, що дозволяє легко їх розбирати та транспортувати.

Yamaha Seascoters: відомий бренд, який виробляє різні ПС, придатні як для рекреаційного, так і для професійного дайвінгу. Їхні скутери відомі своєю міцністю та надійністю.

Apollo: Apollo пропонує ряд моделей, призначених для професійних дайверів і підводних фотографів. Їхні скутери відомі своєю високою швидкістю, тривалим часом автономної роботи та розширеними функціями.

Важливо досліджувати та порівнювати різні моделі та бренди, щоб знайти ПС, який найкраще відповідає потребам споживача щодо тривалості роботи батареї, глибини, швидкості, контролю плавучості та додаткових функцій, таких як кріплення камери, світлодіодні фари для освітлення під водою, індикатори рівня заряду акумулятора та інше.

1.4 Принцип роботи підводного скутера

Конструкція ПС доволі проста: обтічний корпус, двигун, один або два гвинти та акумуляторна батарея. Двигун живиться від акумуляторної батареї, яка забезпечує його необхідною енергією. Двигун з'єднаний з гвинтом, який знаходиться в захисному корпусі для безпеки та ефективності роботи і розташований в задній частині скутера. Коли двигун запускається, гвинт починає обертатись, створюючи потужний потік води за собою. Цей потік води створює тягу, яка дає можливість підводному скутеру рухатися вперед. Керування ПС здійснюється за допомогою ручок, які розташовані на корпусі скутера. Повороти здійснюються шляхом нахилу скутера в бік. Кнопки, які знаходяться на ручках скутера, дають можливість регулювати потужність, що надходить до двигуна, тим самим контролюючи швидкість гвинта та загальний рух скутера.

Важливо зазначити, що конкретна конструкція та характеристики ПС можуть відрізнятися залежно від моделі та виробника, але основний принцип використання рушійної сили для покращення підводної мобільності залишається незмінним.

1.5 Характеристики підводного скутера

ПС мають кілька характеристик, які сприяють їх ефективності, зручності використання та привабливості серед споживачів. Ці характеристики включають в себе:

- Швидкість: різні моделі можуть мати різну швидкість. Найпростіші моделі мають лише одну фіксовану швидкість. В більш складних моделях є можливість регулювати швидкість залежно від вимог і умов плавання. Скутери можуть досягати максимальної швидкості до 9 км / год.
- Плавучість: найважливіша характеристика скутера, яка може бути як негативною, так і позитивною. Скутери з негативною плавучістю легше занурюються під воду, завдяки додаванню зайвої ваги. Ці моделі розраховані на досвідчених плавців. Любителям снорклінгу

підійдуть моделі скутерів з позитивною плавучістю. В деяких моделях підводних скутерів передбачена можливість зміни плавучості.

- Глибина занурення: різні моделі можуть мати різну глибину занурення. Одні призначені для поверхневого плавання, інші ж можуть мати глибину занурення до 80 метрів.
- Тривалість роботи: залежить від ємності акумуляторної батареї. Час роботи може тривати від декількох десятків хвилин до кількох годин в залежності від режиму використання та швидкості.
- Розмір та вага: впливають на портативність, зручність у використанні та зберіганні скутера. Більш компактні та легкі моделі зазвичай зручніші для перенесення та маневрування.

При виборі ПС важливо враховувати ці характеристики, щоб вибрати модель, яка відповідає потребам користувача, навичкам та цілям використання.

РОЗДІЛ 2. ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Програмний комплекс моделювання SolidWorks

SolidWorks (SW) – це багатофункціональне та передове програмне забезпечення (ПЗ) для автоматизованого проектування і розрахунку (САПР), яке було вперше випущено в 1995 році. Працює в середовищі Microsoft Windows. Його розробила компанія SolidWorks Corporation. Розробка програми почалася в 1993 році Джоном Хірштіком разом із групою інженерів з Массачусетського технологічного інституту. У 1997 році компанію SolidWorks Corporation придбала Dassault Systemes, французька компанія-виробник ПЗ, що спеціалізується на 3D-проектванні, цифрових макетах і рішеннях для управління життєвим циклом продукту. ПЗ швидко набуло популярності та стало одним із провідних інструментів САПР у галузі.

SW забезпечує комплексне середовище моделювання для створення високодеталізованих та точних 3D-проектів. Широко відомий і використовується в різних галузях, включаючи машинобудування, автомобілебудування, аерокосмічну промисловість, споживчі товари та багато іншого.

Програмний комплекс SW надає ряд інструментів та функцій для підтримки всього процесу проектування, від розробки концепції до остаточної документації продукту. Його зручний інтерфейс та зрозумілий робочий процес дозволяють інженерам, дизайнерам і конструкторам ефективно та легко створювати складні 3D-моделі. SW підтримує можливість створення параметричних моделей, що дозволяє користувачам при зміні одного параметра автоматично оновлювати всю модель, завдяки чому спрощується процес редагування моделей. Такий підхід дозволяє створювати гнучкі проекти, які можна легко модифікувати або оновити за необхідності. SW гарантує, що зміни, внесені в одну частину моделі, автоматично поширяться на весь проект, підтримуючи цілісність усієї системи. Інструментарій системи також дозволяє побудувати одну й ту саму об'ємну фігуру різними способами, що підвищує

зручність роботи. В ПЗ для зручності проектування передбачені всі необхідні інструменти: обертання та збільшування деталі, для перегляду інформації в області моделювання.

Для підвищення продуктивності та ефективності проектування SW включає інструменти проектування, такі як Design Library та FeatureManager. Design Library надає централізоване місце для зберігання та доступу до часто використовуваних функцій, деталей та складань, дозволяючи користувачам швидко перетягувати їх у свої проекти. FeatureManager є потужним інструментом для створення і керування моделями в програмі, дозволяючи зручно виконувати операції редагування, змін та керування всіма елементами моделі.

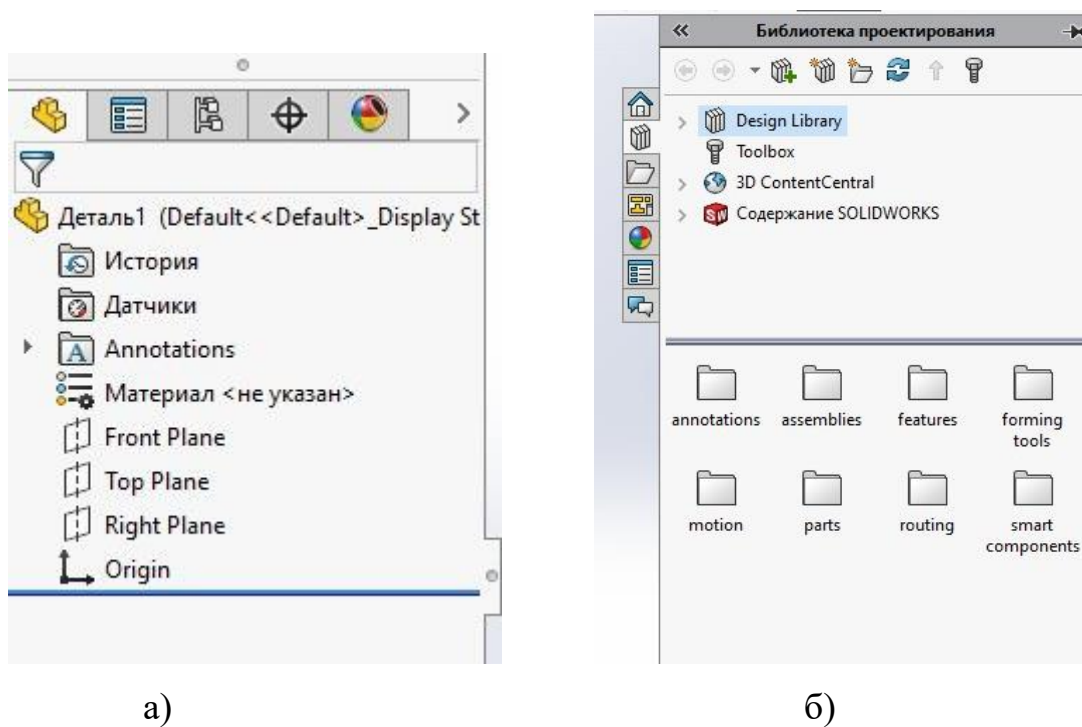


Рис. 2.1 – а) FeatureManager б) Design Library

Користувачі починають проект зі створення 2D ескізу, по якому надалі будується 3D модель. Щоб створити ескіз, спочатку потрібно обрати площину, на якій він буде знаходитися. Для побудови пропонуються на вибір три площини у відповідних системах координат XYZ. Щоб побудувати ескіз користуються простими фігурами, які можуть бути налаштовані під потреби

користувача. Вибрати потрібну фігуру можна натиснувши на відповідну піктограму.

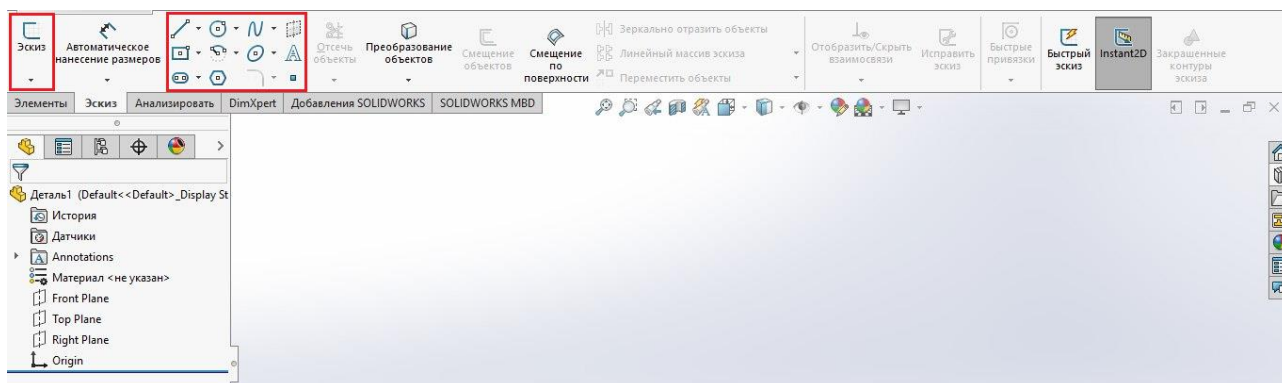


Рис. 2.2 – Побудова ескізу на площині

ПЗ надає можливість побудови додаткових площин. Їх можна будувати через точку і пряму, через три точки, або відштовхуючись від поверхонь чи граней, які вже створені.

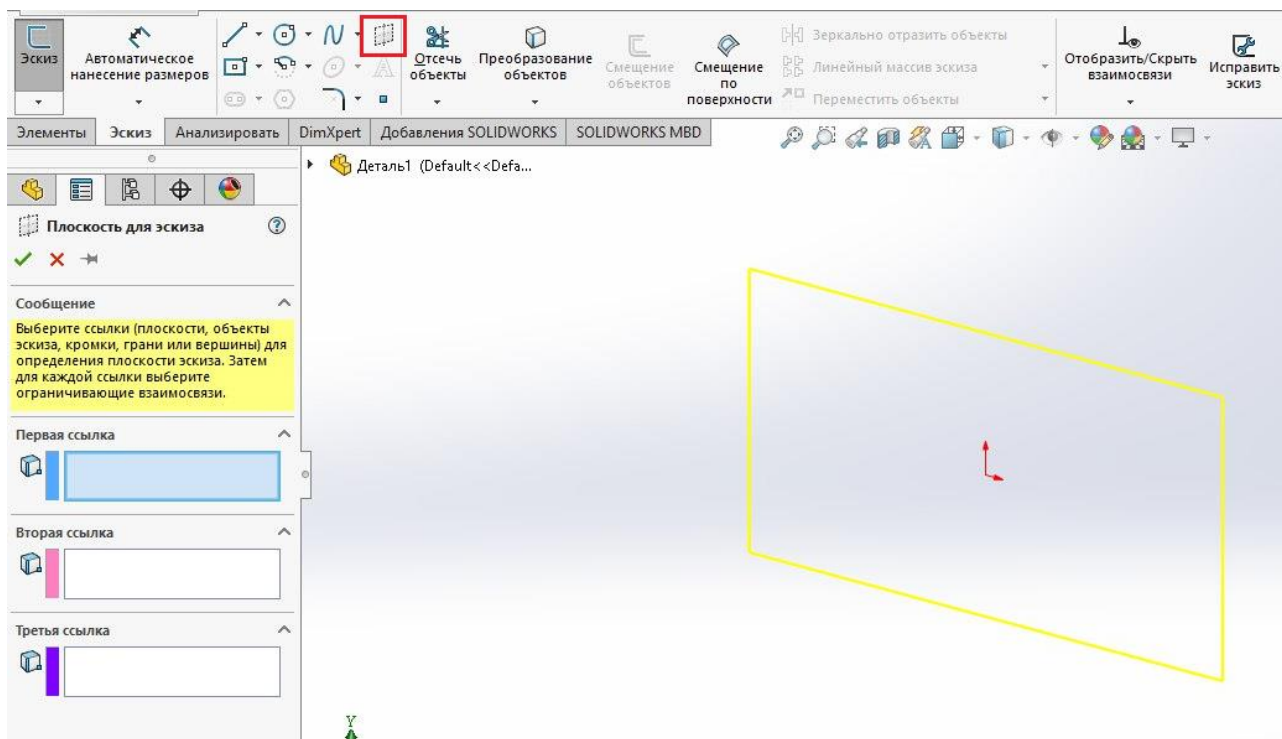


Рис. 2.3 – Створення додаткових площин

Для створених об'єктів в середовищі SW є можливість редагування через присвоєння їм змінних. Завдяки чому розміри одних фігур можна зробити залежними від розмірів інших і таким чином автоматично нові фігури, при

необходності, перебудовувалися при зміні лише одного-двох параметрів опорної фігури.

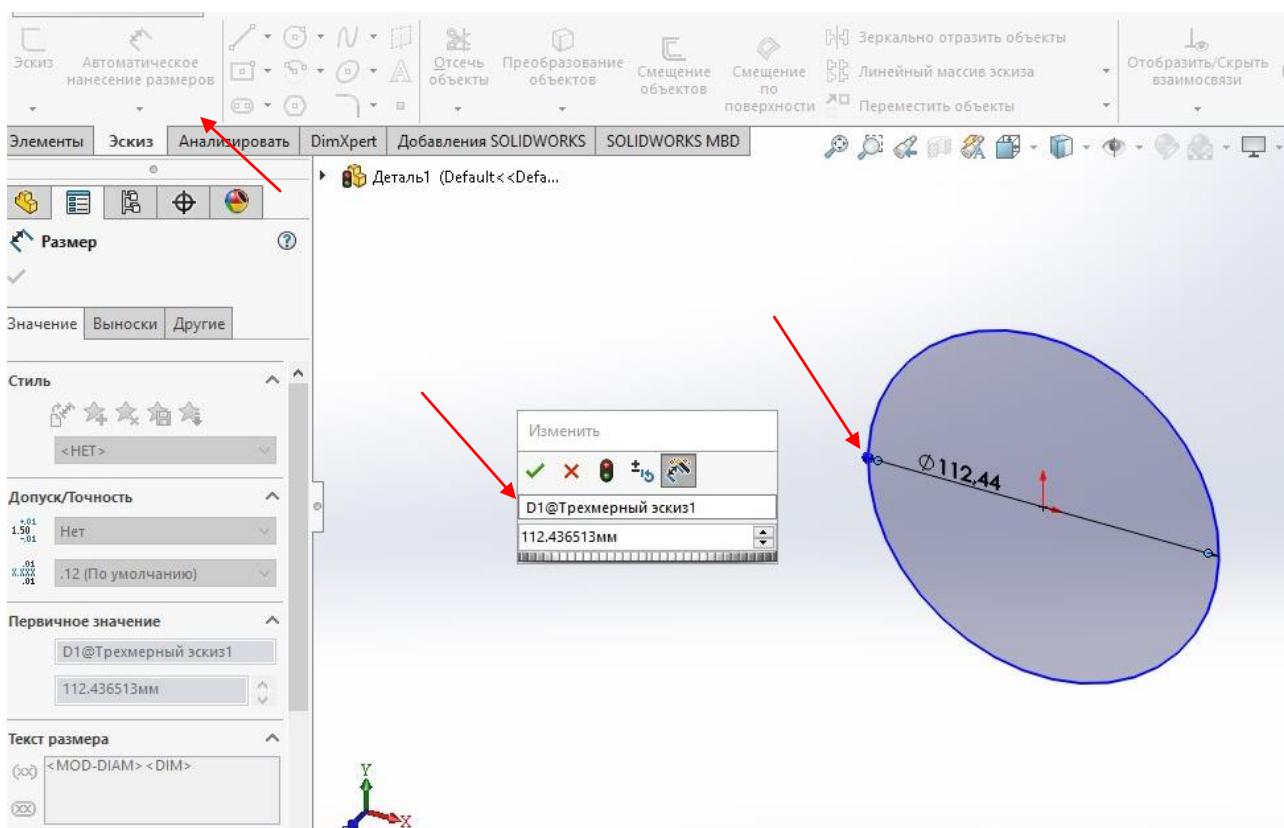


Рис. 2.4 – Присвоєння змінних і редагування розмірів фігур

Після створення 2D ескіза будується тривимірний твердотільний елемент за допомогою таких інструментів як: витягування бобишки, обертання бобишки навколо осі, побудова бобишки по траєкторії і поєднання тіл. Для кожного з цих інструментів можна визначати додаткові параметри.

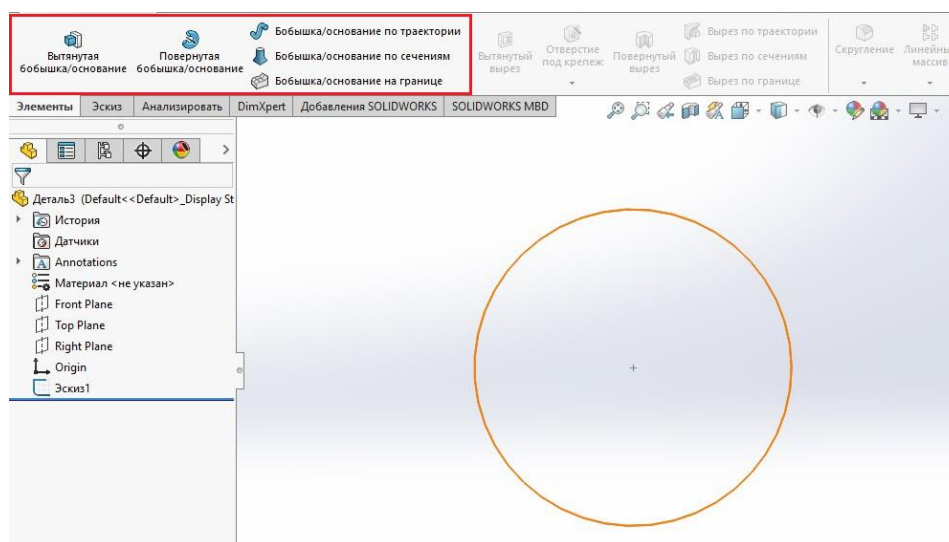


Рис. 2.5 – Створення твердотільної фігури з ескізу

ПЗ надає інструментарій для побудови отворів, загострення вибраних граней моделей під заданим кутом, створення округлення, фаски, ребер жорсткості та лінійних масив, які можна використовувати для створення декількох екземплярів одного або кількох елементів.

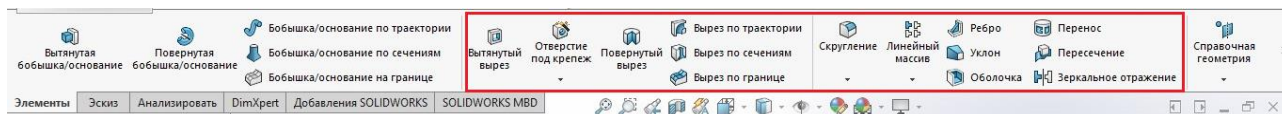


Рис. 2.6 – Допоміжні інструменти для роботи з твердими тілами

Використовуючи допоміжну геометрію можна створювати площини, вісі, точки і криві на твердих тілах і в просторі.

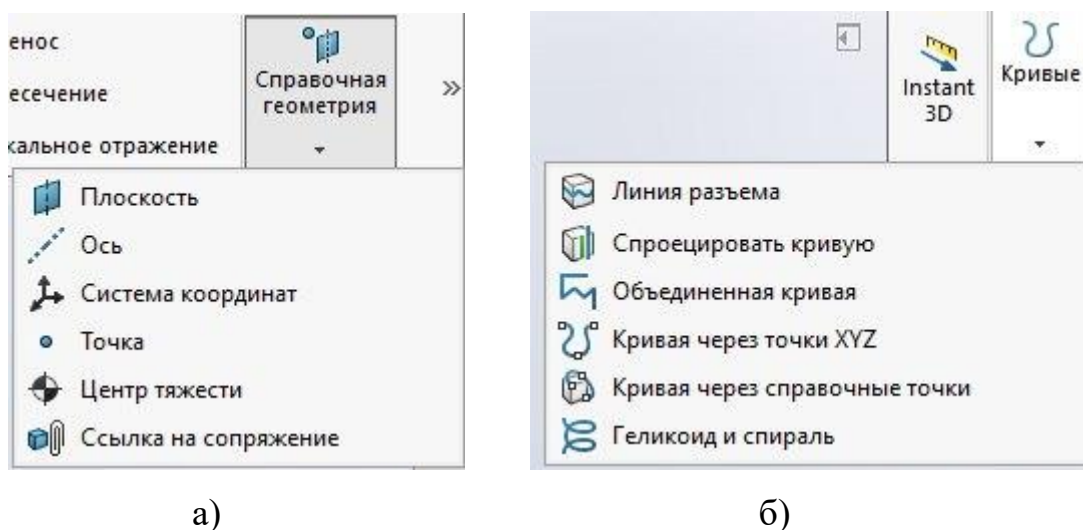


Рис. 2.7 – а) допоміжна геометрія б) криві на твердих тілах і в просторі

У програмі SW доступні різні інструменти та функції для виконання оцінки та аналізу моделей: визначення матеріалу з якого виконаний об'єкт, перевірка товщини, завихреності, кривизни, розрахування маси, проведення простих механічних симуляцій.

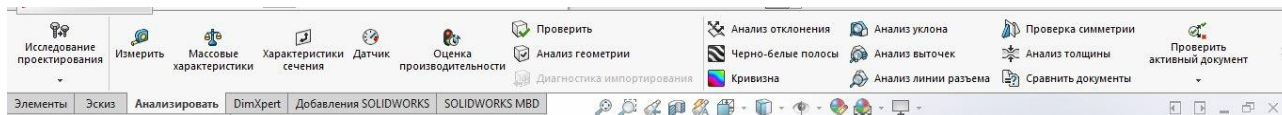


Рис. 2.8 – Інструменти та функції для оцінки моделей

Програмне середовище також надає можливість керувати модулями, які надають додаткові функції та можливості для роботи з програмою. Наприклад,

модуль «Simulation» для проведення аналізу напружень або модуль «PhotoView 360» для реалістичної візуалізації моделей.



Рис. 2.9 – Меню керування модулями

У програмі передбачена можливість створення складань з різних компонентів та деталей. Складання, при необхідності, можна експортувати для подальшого моделювання.

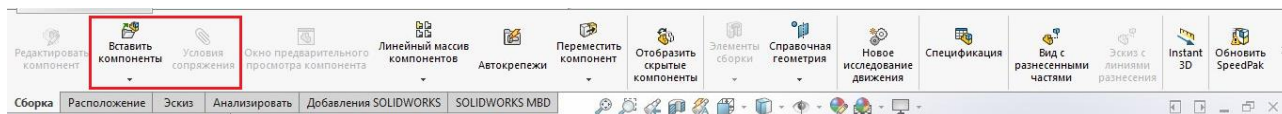


Рис. 2.10 – Утворення складання

В складанні обов'язково потрібно встановлювати зв'язки між деталями. При додаванні нового елемента, його потрібно обов'язково прив'язувати за допомогою зв'язків до вже існуючих деталей. Зв'язки можуть бути дотичні і недотичні. Також до елементів, які знаходяться в середовищі складання можна вносити зміни, які можна зберегти як у кореневих файлах, так і в окремих файлах без прив'язки до самого складання.

Крім того, SW може працювати з різними форматами файлів. Користувачі можуть імпортувати та експортувати моделі, складання та креслення в такі формати, як STEP, IGES, DWG, STL, SLDPRТ і x_t.

Отже, SW – це потужний програмний комплекс для моделювання, який залишається популярним вибором для професіоналів у різних галузях.

2.2 Модуль SolidWorks Motion

SolidWorks Motion (SWM) є модулем, доступним в програмі SW, який дозволяє моделювати, аналізувати і симулювати рух механізмів і складань. Він надає інструменти для вивчення кінематики, динаміки та поведінки механічних систем у реальному часі. В SWM дослідження руху являє собою графічне моделювання руху деталі, яке не змінює саму модель чи її властивості, а лише моделює та анімує заданий рух. В модулі доступні такі типи досліджень: анімація, базовий рух та аналіз руху.

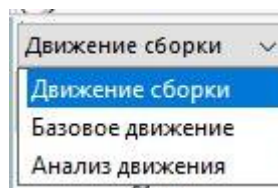


Рис. 2.11 – Типи досліджень

Тип дослідження «Анімація» призначений для створення простих анімацій, в яких використовується інтерполяція для визначення руху між точками деталей у складаннях. Анімації можна створювати за допомогою двох способів: анімації з використанням ключових кадрів та анімації з використанням двигунів.

Тип дослідження «Базовий рух» призначений для створення приблизних ефектів двигуна, сил тяжіння та пружин у складаннях. Під час розрахунку руху враховується маса.

Тип дослідження «Аналіз руху» призначений для точного моделювання і аналізу руху з використанням пружин, сил, двигунів, демпферів, сили тяжіння та контакту. Під час дослідження руху всі елементи руху об'єднуються з сполученнями у розрахунках руху.

Інтерфейс модуля SWM складається з: дерева конструювання (ДК) MotionManager, часової шкали, панелі інструментів для дослідження руху і налаштувань.

ДК MotionManager розташоване в лівій частині інтерфейсу SWM, і в ньому відображаються різні компоненти, що беруть участь в анімації, такі як компоненти складання, налаштування орієнтації та видів камер, елементів моделювання (таких як двигун, пружини, сили) та папки з джерелами світла, камери і сцени. В ДК компоненти можна перетягувати, змінювати порядок анімації та налаштовувати параметри руху кожного компонента.

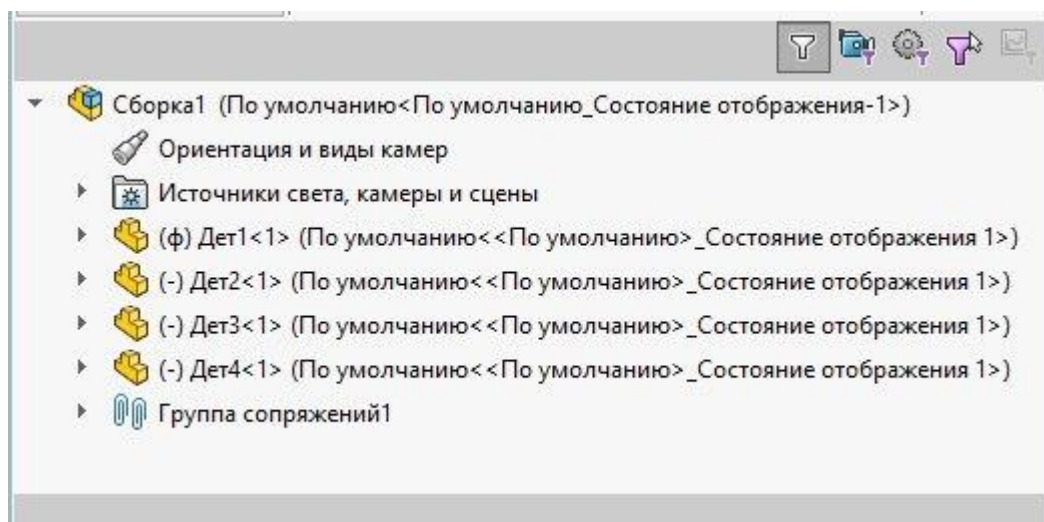


Рис. 2.12 – Дерево конструювання MotionManager

Часова шкала розміщена справа від ДК Motion Manager. Вона являє собою часовий інтерфейс для анімації та відображає час або тип подій анімації в дослідженні. Часова шкала складається з смуги змін, маркеру часу і ключових точок. Смуги змін використовують кольори і, в залежності від об'єктів, візуально показують вид компонента і тип змін. Маркер часу – це вертикальна лінія на шкалі часу, яка показує поточний час. Ключова точка відповідає певним позиціям компонентів складання, властивостям видимості чи стану моделювання елементів.

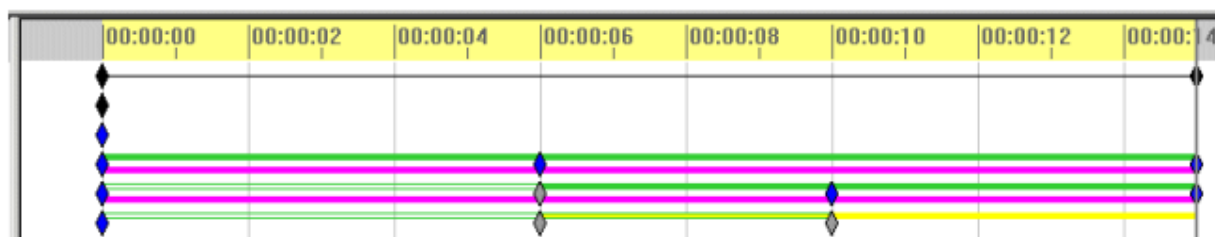


Рис. 2.13 – Часова шкала

Панель інструментів для дослідження руху складається з таких елементів: двигуни, пружини, демпфер, сили, контакт, тяжіння.



Рис. 2.14 – Панель інструментів Motion

Модуль SWM може точно імітувати реальні умови роботи, що в свою чергу допомагає зменшити кількість експериментів та прототипів, які необхідні для перевірки роботи об'єкта. Це прискорює процес розробки механізмів та знижує витрати.

2.3 Модуль SolidWorks Simulation

Модуль SolidWorks Simulation (SWS) є частиною програмного комплексу SW, що надає можливість проводити віртуальні випробування та аналіз різних аспектів міцності, стійкості та деформацій конструкцій. Цей модуль дозволяє передбачати поведінку об'єктів за різних умов навантажень і граничних умов, а також оптимізувати параметри ще до фізичного створення прототипів.

SWS використовує метод скінчених елементів (MCE), який дозволяє розбити складні об'єкти на безліч більш простих елементів, таких як трикутники або тетраедри, та проводити аналіз поведінки кожного елемента та їх взаємодії. Дані про геометрію об'єкта, властивості матеріалів та граничні умови задаються в моделі, а потім модуль SWS використовує ці дані для проведення чисельних розрахунків.

Цей модуль дозволяє виконувати статичний аналіз, динамічний аналіз, аналіз стійкості, температурний аналіз та інші види симуляційних випробувань. Він враховує вплив різних факторів, таких як зовнішні навантаження, матеріальні властивості, граничні умови та контакти між компонентами системи.

Завдяки SWS можна виявляти потенційні проблеми в конструкції, такі як перевантаження, відносне зміщення, зіткнення, деформації та інші небажані ефекти. Це дозволяє вносити необхідні зміни в проект, щоб поліпшити його якість та безпеку.

SWS має інтерфейс, який складається з панелі інструментів і дерева дослідження Simulation.

Дерево дослідження Simulation відображає структуру різних досліджень, якими можна керувати в рамках модуля. В дереві кожне дослідження має підрозділи, які містять підкатегорії і операції, пов'язані з дослідженням. Наприклад, у статичному аналізі можуть бути підрозділи для встановлення навантажень, обмежень, матеріалів, створення сітки та інших налаштувань. За допомогою дерева зручно виконувати аналіз результатів дослідження.

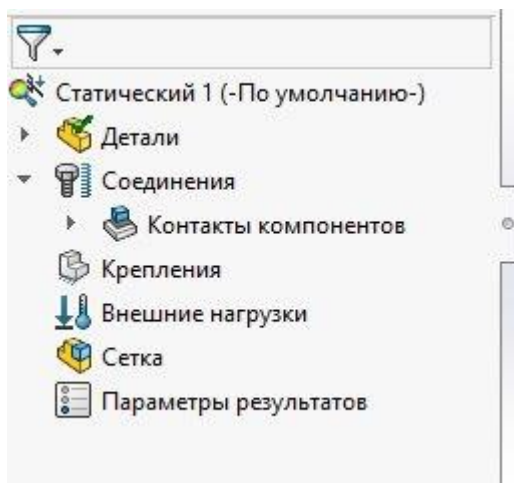


Рис. 2.15 – Дерево дослідження Simulation

Панель інструментів містить загальні потрібні інструменти: створення нових досліджень, кріплення, зовнішні навантаження, з'єднання та ін.

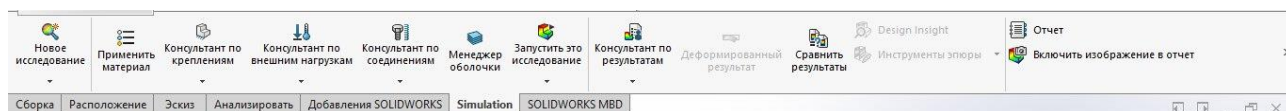


Рис. 2.16 – Панель інструментів Simulation

Загалом, модуль SWS допомагає проводити комплексний аналіз та оцінку конструкційних рішень, забезпечуючи високу точність та надійність результатів. Він дозволяє зробити кращі рішення при проектуванні, зменшити ризики та підвищити ефективність розробки нових виробів.

2.4 Метод скінчених елементів

МСЕ – це чисельний метод для розв'язування диференціальних рівнянь, який широко застосовується в інженерних та наукових розрахунках для

моделювання поведінки об'єктів та систем. Спочатку метод використовувався для задач будівельної механіки, тому багато термінів мають походження із механічної предметної області. Ще в 30-40 роках ХХ століття були закладені теоретичні основи МСЕ, але сам розвиток почався в середині 50-х років. У 1973 році було теоретично обґрунтовано МСЕ та узагальнено в окрему галузь прикладної математики та математичного моделювання.

МСЕ дозволяє отримувати наближені чисельні рішення складних інженерних завдань, які завжди можуть бути вирішені аналітично. Він широко застосовується у різних галузях, включаючи машинобудування, будівництво, авіацію, автомобілебудування, електроніку та інші галузі, де необхідно проводити аналіз та оптимізацію конструкцій та систем.

У контексті SW та інших програмних систем, МСЕ використовується в модулях аналізу та симуляції для вирішення різних завдань, пов'язаних із міцністю, деформаціями, теплопередачею та іншими фізичними явищами.

Принцип МСЕ полягає у розбитті складної геометрії об'єкта на більш прості геометричні елементи, які носять назву скінчені елементи. Об'єкт розбивається на безліч таких елементів, наприклад, ліній у одновимірному випадку, трикутників або чотирикутників у двовимірному випадку та тетраєдрів у тривимірному випадку, в залежності від розмірності задачі.

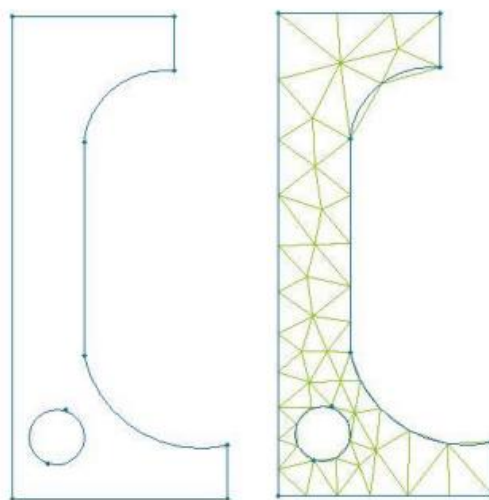


Рис. 2.17 – Приклад розбиття області на скінчені елементи

Кожен скінчений елемент має свою геометрію та властивості матеріалу, які визначаються на основі конструктивних даних та знань про матеріал.

Для кожного скінченого елемента формулюються математичні рівняння, які описують поведінку об'єкта. Ці рівняння можуть бути рівняннями механіки, теплопередачі, електромагнетизму тощо, залежно від конкретного завдання. Рівняння пов'язані з граничними умовами, що визначають поведінку об'єкта на його межах. Система рівнянь, сформульованих для кожного скінченого елемента, об'єднується в загальну систему, яка вирішується чисельними методами. Рішення системи рівнянь дає інформацію про поведінку об'єкта, таку як напруження, деформації, переміщення та інші величини, які потрібні для аналізу.

2.5 Макроси в середовищі SolidWorks

У SW макроси є набором інструкцій, написаних мовою програмування Visual Basic for Applications (VBA), які дозволяють автоматизувати завдання та процеси в програмі. Макроси дозволяють користувачам створювати власні команди, функції та процедури, щоб виконувати операції, що повторюються, або автоматично виконувати складні завдання.

Макроси в SW можна записувати, редагувати та запускати у вбудованому редакторі VBA. Вони можуть включати операції побудови моделей, зміну параметрів, створення креслень, генерацію звітів та багато іншого. Макроси дозволяють значно збільшити ефективність роботи в SW, прискорити процес проектування та знизити можливість помилок.

Для створення макросу в SW можна записати серію операцій, які хочете автоматизувати, і зберегти їх як макрос. Потім можна присвоїти макросу гарячу клавішу або розмістити його на панелі інструментів для швидкого доступу.

У загальному, макроси в SW є потужним інструментом для автоматизації та оптимізації процесу проектування, дозволяють ефективніше використовувати програму та скоротити час, необхідний для виконання завдань.

РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМНЕ ТА ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Побудова 3D-моделей деталей підводного скутера

Проектування 3D моделі ПС відбувається на основі теоретичної частини, створених ескізів та за допомогою відповідних інструментів SW 2017.

Побудова корпусу скутера відбувається в такій послідовності:

1. Будується основна частина корпусу;
2. Створюються отвори, виріз та тримачі, які знаходяться на основній частині;
3. Будується задня частина корпусу, яка кріпиться до основної за допомогою тримачів;
4. Створення отворів для заціпок, до якої буде кріпитися захисна сітка.

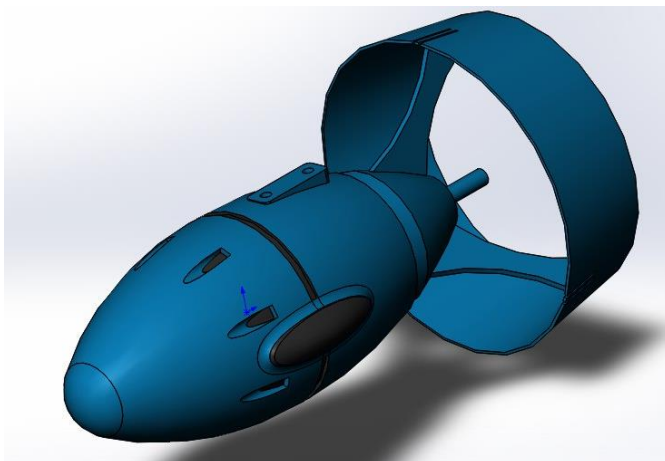


Рис 3.1 – Тривимірна модель основної частини скутера

Побудова гвинта відбувається в такій послідовності:

1. Будуємо стержень;
2. Створюємо лопаті, які кріпляться до стержня;
3. Надаємо відповідної форми лопатям за допомогою скруглень та вирізів;
4. Вирізаємо отвір для з'єднання гвинта з корпусом скутера.

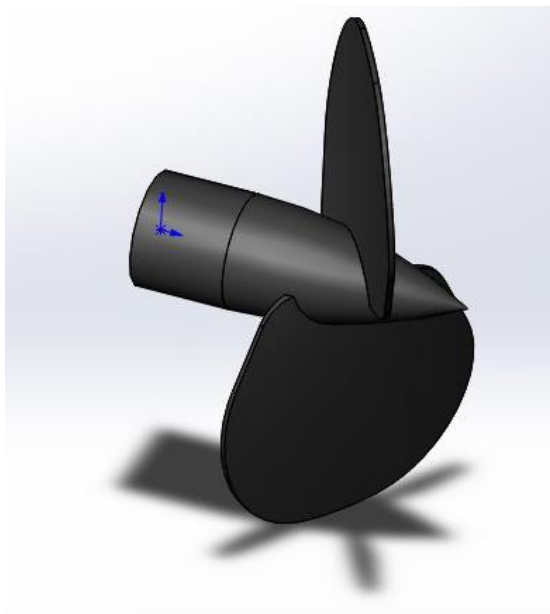


Рис 3.2 – Тривимірна модель гвинта

Побудова керма скутера відбувається в такій послідовності:

1. Будуємо основну частину;
2. Створюємо кріплення для з'єднання з корпусом скутера;
3. Будуємо ручки;
4. Додаємо гумові насадки.



Рис 3.3 – Тривимірна модель керма з ручками

Побудова захисної решітки скутера відбувається в такій послідовності:

1. Будуємо кільце для кріплення з корпусом скутера;
2. Створюємо решітку та її рамку;
3. Будуємо защіпки для з'єднання з задньою частиною корпусу.

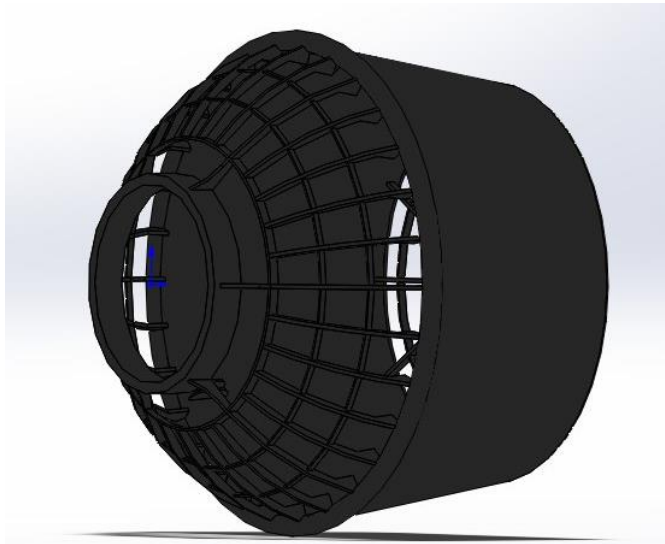


Рис 3.4 – Тривимірна модель захисної решітки

3.2 Складання елементів підводного скутера

На основі побудованих тривимірних моделей створюємо складання ПС. Для цього створюємо новий документ типу «Складання». Після чого вставляємо потрібні моделі в складання, які імпортовані з інших документів SW. Після вставки моделей позиціонуємо їх у складанні. Для цього використовуємо інструменти SW, такі як групи сполучень, щоб визначити зв'язки та положення між моделями. При складанні деталей звертаємо увагу на правильність встановлення зв'язків між компонентами, щоб забезпечити стабільність складання.

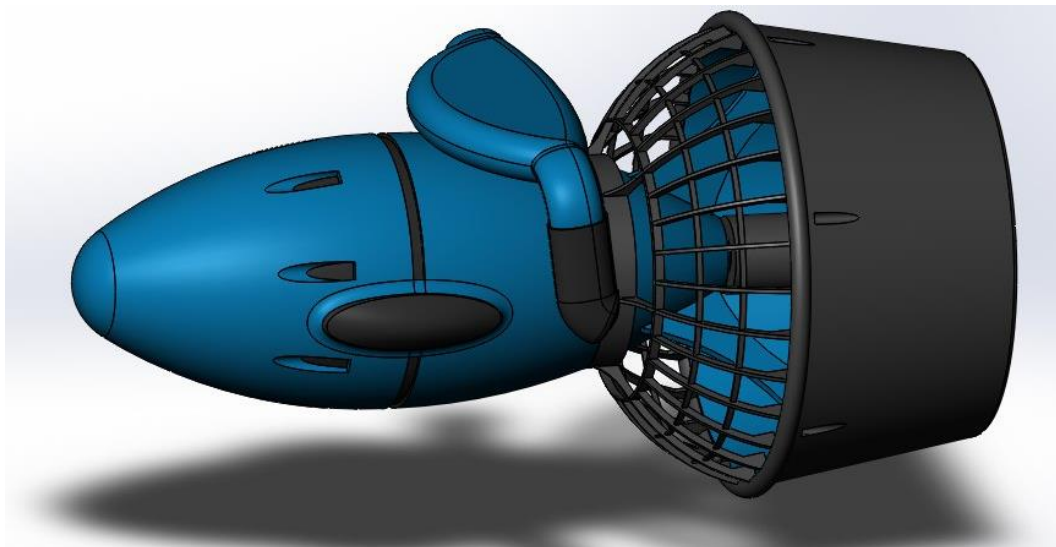


Рис. 3.5 – Складання підводного скутера

3.3 Дослідження дії сили та тиску

В цій дипломній роботі проведено дослідження дії тиску та сили на ПС з різних матеріалів. Перед дослідженням встановлюємо матеріал з якого буде створена деталь. Після вибору матеріалу зазначаємо, де буде зафіксована деталь. Вказуємо потрібний напрямок та значення сили чи тиску, що будуть діяти на деталь. Для запуску дослідження натискаємо кнопку «Виконати». Через певний час отримуємо результат дослідження. Simulation покаже напружено-деформований стан деталі і значення напруги за критерієм Мізеса, а також автоматично з'являються епюри переміщення та деформацій. Додатково виводимо епюру запасу міцності.

3.3.1 Дослідження дії тиску на корпус підводного скутера

Виконаємо декілька порівняльних досліджень для виявлення міцності корпусу, на різній глибині занурення.

В першому дослідженні корпус буде виготовлений з пластику ABS. На корпус буде діяти тиск зі всіх сторін, оскільки він повністю знаходиться в воді. Дослідження проводиться на глибині 50 метрів, де дія тиску рівна 500 000 Pa.

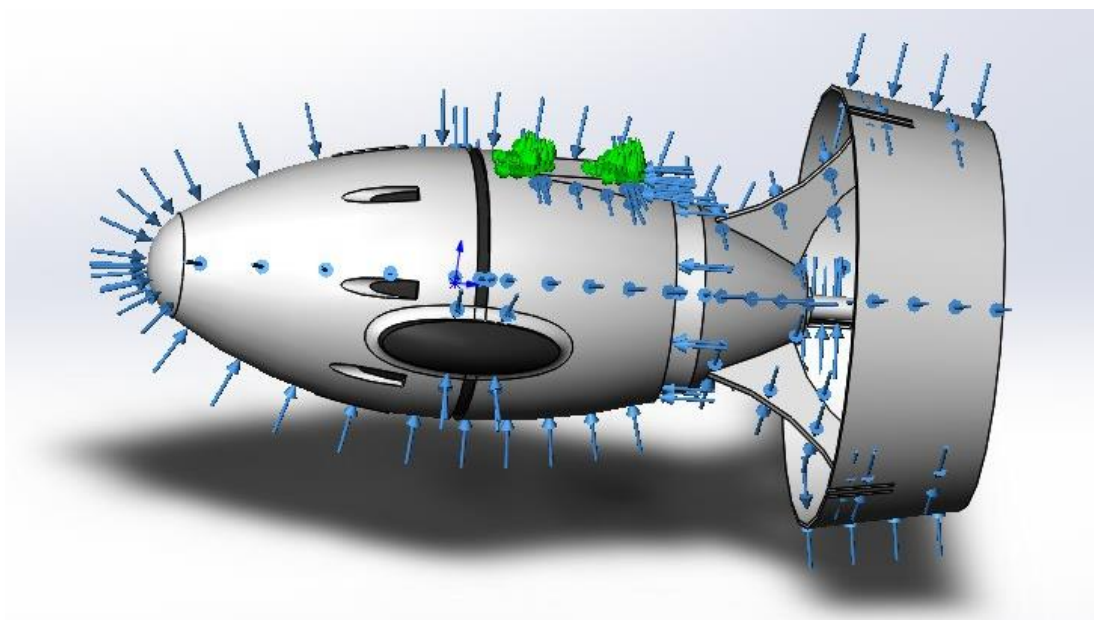


Рис. 3.6 – Кріплення та дія тиску на підводному скутері

Після завершення дослідження у нас з'являється можливість переглянути епюри напруження, переміщень, деформацій, запасу міцності.

Якщо ми подивимся на епюру напружень, то звернемо увагу на цифрову шкалу поруч із моделлю. На цій шкалі показується найбільше напруження, яке виникає під дією тиску 500 000 Па і дорівнює 14 458 253 N/m² або 14,4 МПа (мега паскаль)

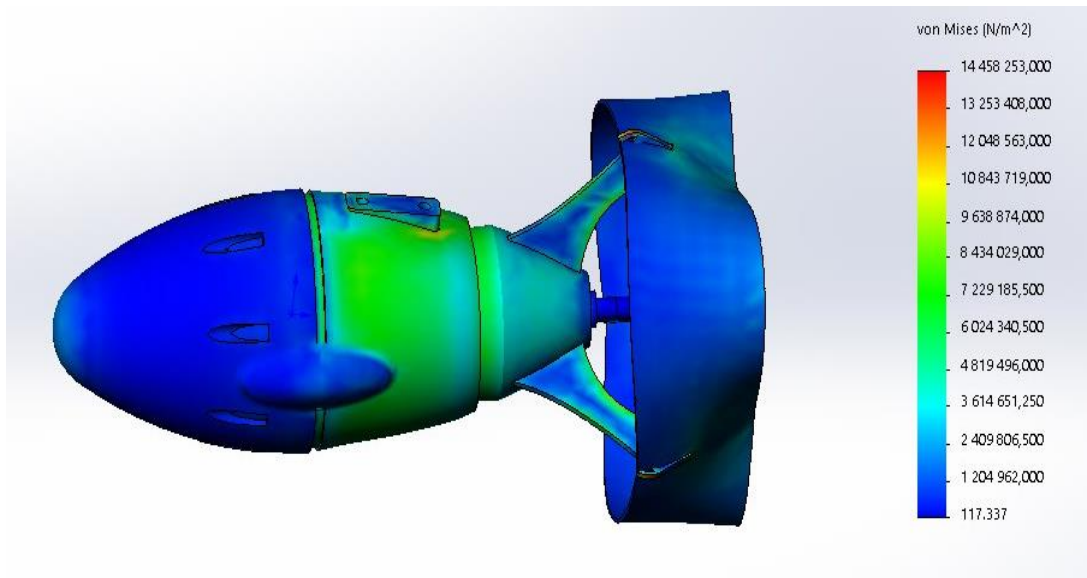


Рис. 3.7 – Візуалізація напружень, що виникають на корпус підводного скутера при тиску 500 000 Па

Аналіз переміщень дозволяє оцінити, наскільки деталь зміщується під дією навантаження і які області зазнають найбільших переміщень. В нашому випадку найбільше переміщення, яке виникає під дією тиску 500 000 Па дорівнює 1.639 мм.

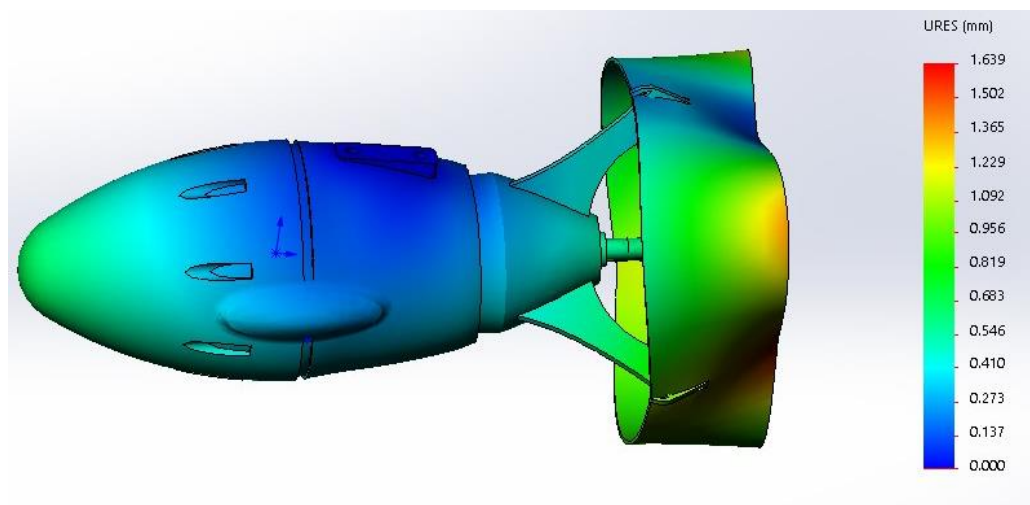


Рис. 3.8 – Візуалізація переміщень корпусу підводного скутера при тиску 500 000 Па

Аналіз деформації дозволяє оцінити, наскільки деталь змінюватиме свою форму та розміри під дією навантаження. На графіку показується критеріальне співвідношення, тому воно без одиниць вимірювання.

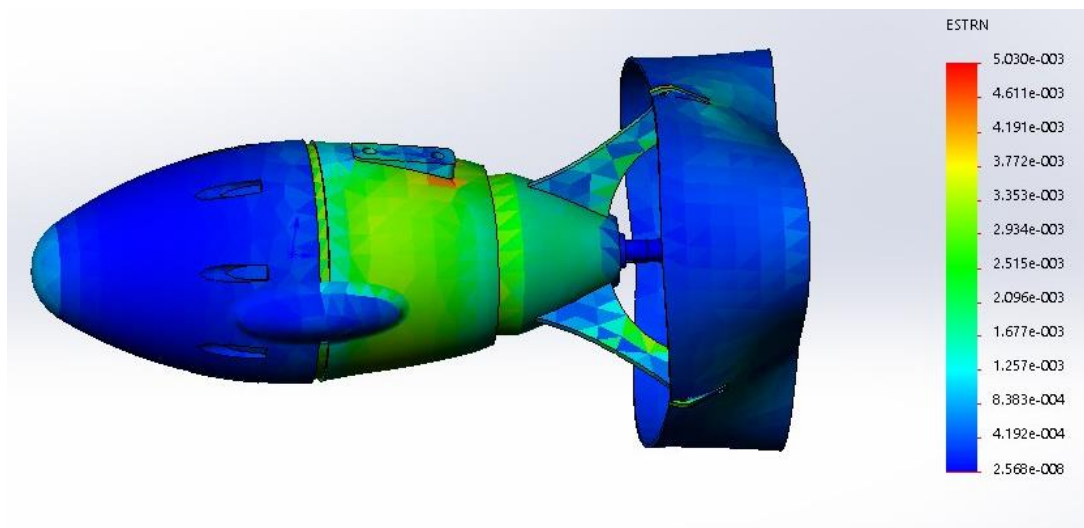


Рис. 3.9 – Візуалізація деформацій корпусу підводного скутера при тиску 500 000 Pa

Запас міцності – це відношення між граничним навантаженням, яке деталь може витримати, і фактичним навантаженням, яке діє на деталь в результаті симуляції. Запас міцності дозволяє оцінити безпеку та надійність конструкції. Аналіз дослідження показує, що деталь доволі міцна, оскільки мінімальний запас міцності більше 1.

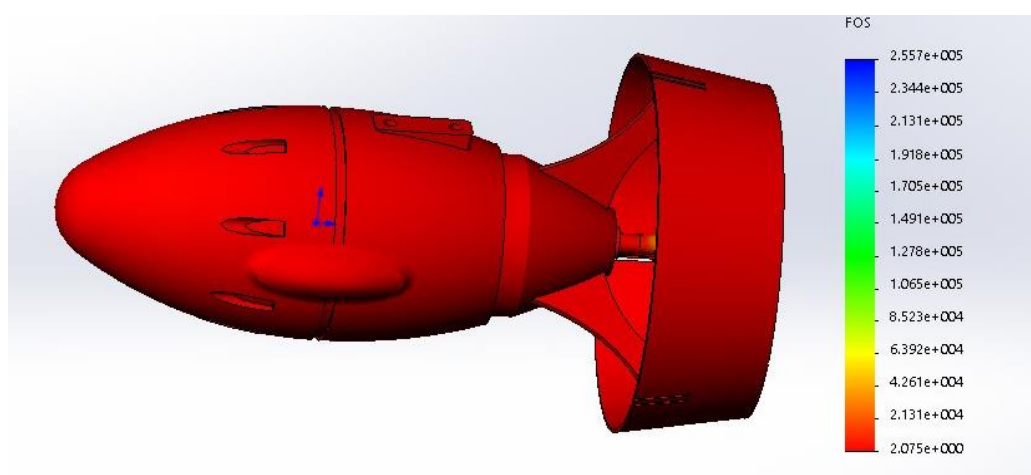


Рис. 3.10 – Оцінка міцності корпусу підводного скутера при тиску 500 000 Pa

Тепер проведемо дослідження на глибині 100 м, де дія тиску становитиме 1 000 000 Pa.

Аналізуючи епюру напружень можна побачити, що максимальне напруження становить $28\,916\,506\text{ N/m}^2$ під дією тиску $1\,000\,000\text{ Pa}$.

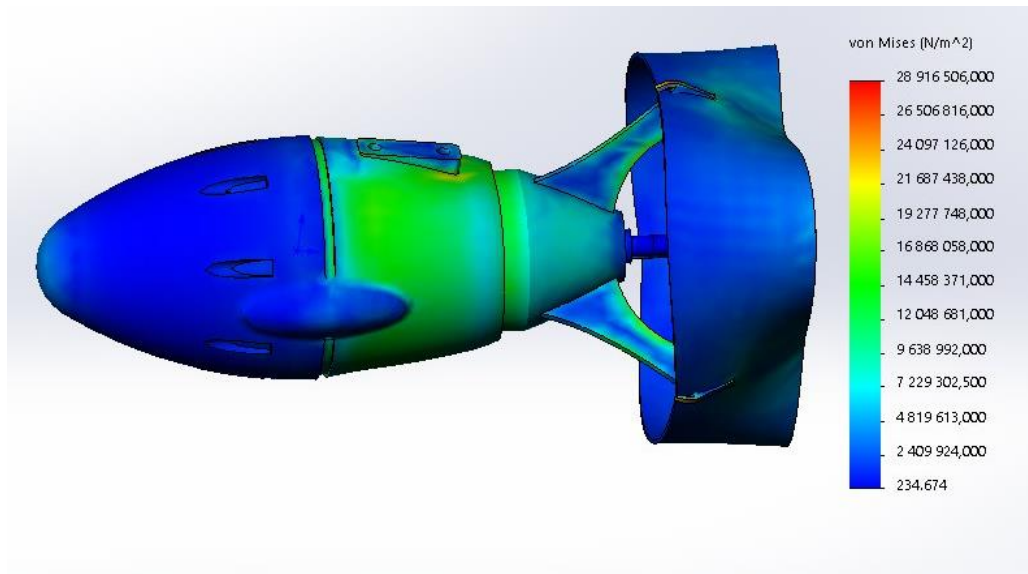


Рис. 3.11 – Візуалізація напружень, що виникають на корпус підводного скутера при тиску $1\,000\,000\text{ Pa}$

Аналізуючи епюру напружень під дією тиску $1\,000\,000\text{ Pa}$ можна побачити, що максимальне зміщення деталі становить 3.277 mm .

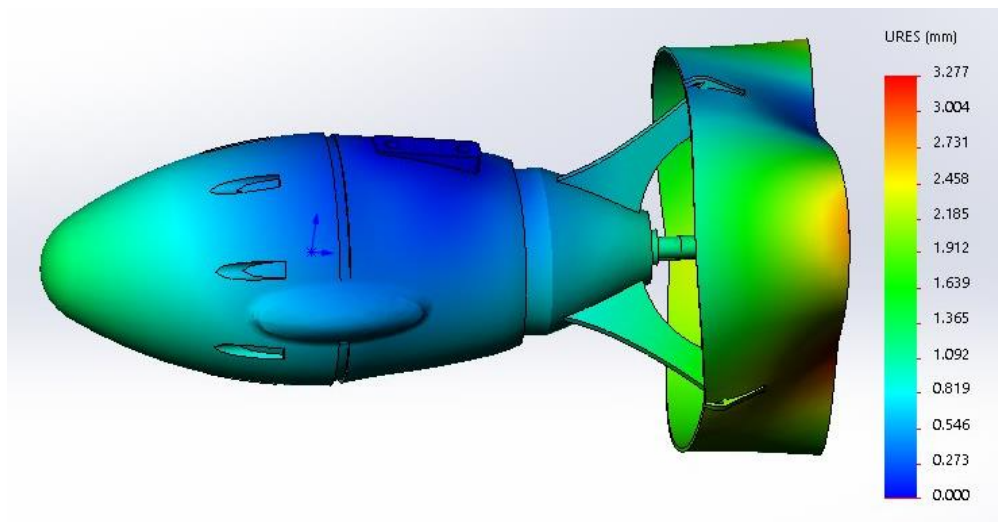


Рис. 3.12 – Візуалізація переміщень корпусу підводного скутера при тиску $1\,000\,000\text{ Pa}$

Аналізуючи епюру деформації можна побачити співвідношення відхилення деталі відносно початково стану.

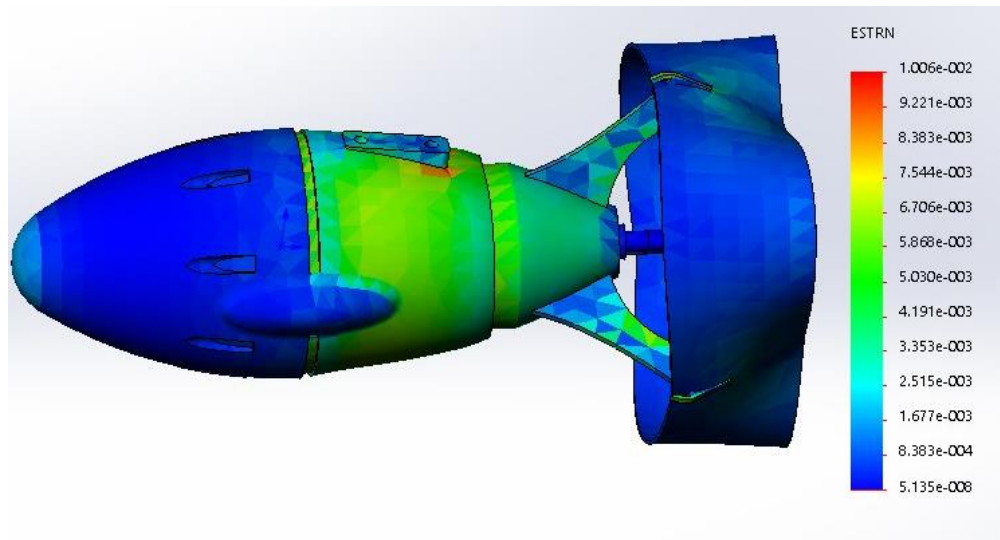


Рис. 3.13 – Візуалізація деформацій корпусу підводного скутера при тиску
1 000 000 Pa

Роблячи аналіз оцінки міцності можна побачити, що мінімальний запас міцності – 1.037.

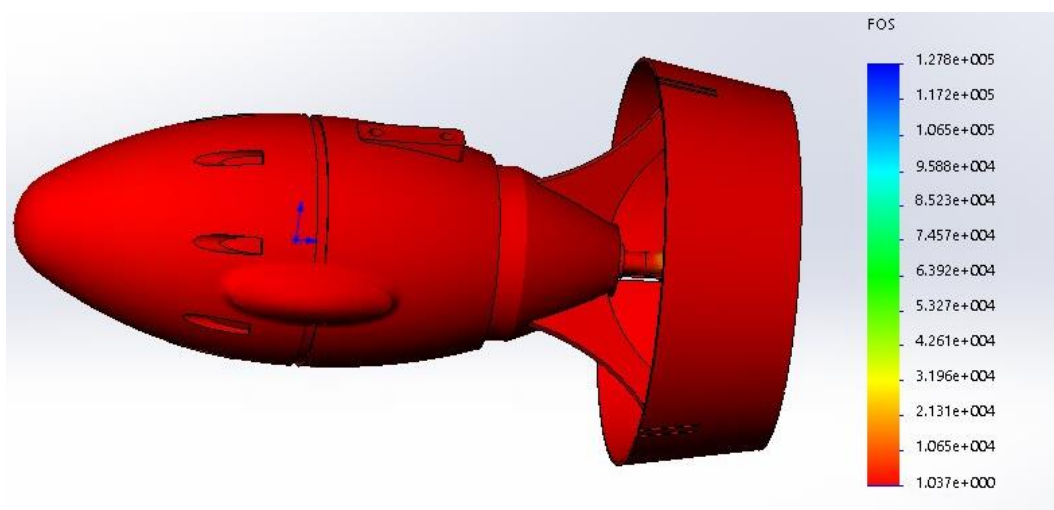


Рис. 3.14 – Оцінка міцності корпусу підводного скутера при тиску
1 000 000 Pa

З цих досліджень можна зробити висновок, що при зануренні на більшу глибину:

- а) збільшується значення напруження, що може призвести до руйнування деталі;
- б) збільшується значення переміщення, що звідчить про зміщення чи деформацію окремих частин;

- с) збільшується значення деформації, що може призвести до зміни форми чи розмірів частин деталі;
- д) зменшується запас міцності – це говорить про те що деталь стає ненадійною. При зануренні на більшу глибину конструкції деталі потрібно буде зміцнювати.

Виконаємо ідентичні дослідження ПС, змінивши матеріал з якого він виготовлений. Матеріал, який будемо використовувати в дослідженні – сплав Алюмінія 7075-о (SS).

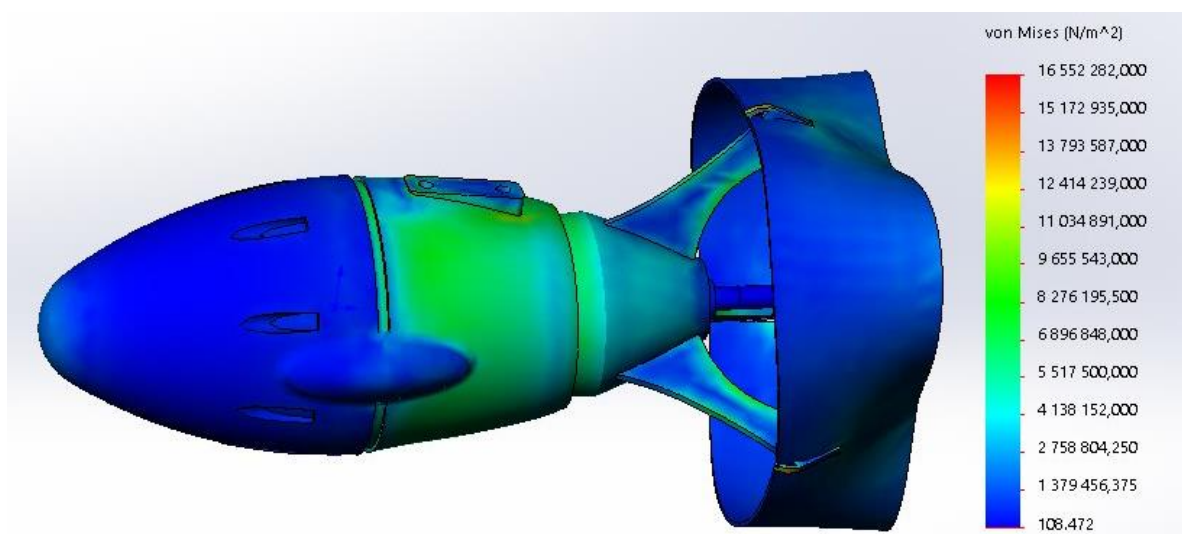


Рис. 3.15 – Візуалізація напружень, що виникають на корпус підводного скутера при тиску 500 000 Pa

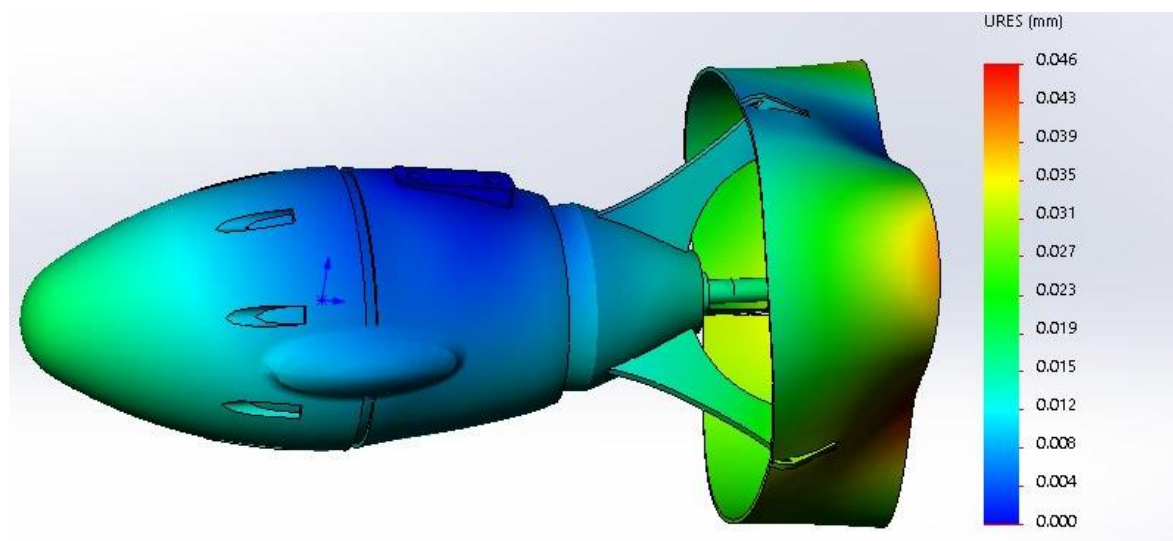


Рис. 3.16 – Візуалізація переміщень корпусу підводного скутера при тиску 500 000 Pa

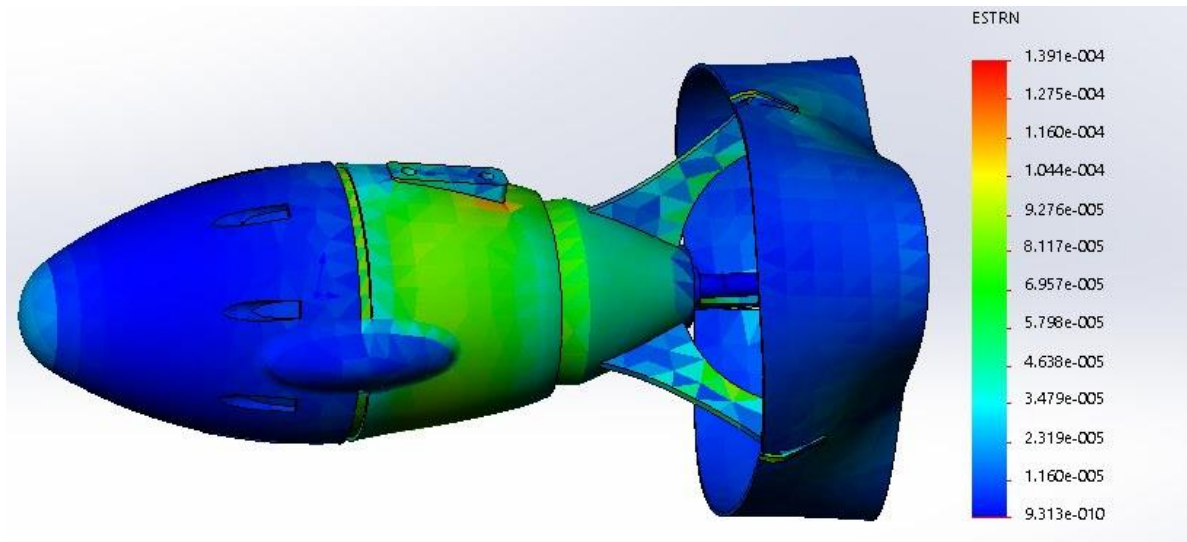


Рис. 3.17 – Візуалізація деформацій корпусу підводного скутера при тиску 500 000 Pa

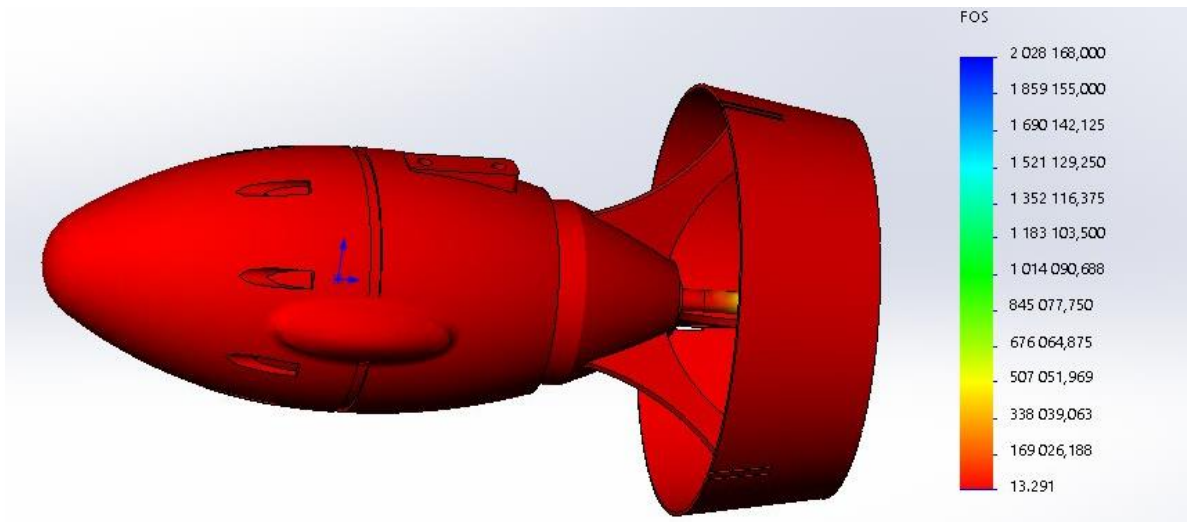


Рис. 3.18 – Оцінка міцності корпусу підводного скутера при тиску 500 000 Pa

Порівнюючи це дослідження з попереднім, можна дійти слідуючого висновку: корпус, створений з сплаву алюмінію, може витримати більше напруження, більш стійкий до зміщень, деформацій та має набагато більшу оцінку міцності, що свідчить про його надійність.

3.3.2 Дослідження дії тиску на гвинт підводного скутера

Проведемо таке ж статичне дослідження для гвинта на глибині 50 метрів (тиск = 500 000 Pa). Перше дослідження проведене з гвинтом, який виготовлений з пластику PF. В другому – гвинт виготовлений з сплаву Алюмінія 7075-о (SS).



Рис. 3.19 – Кріплення та дія тиску на гвинт

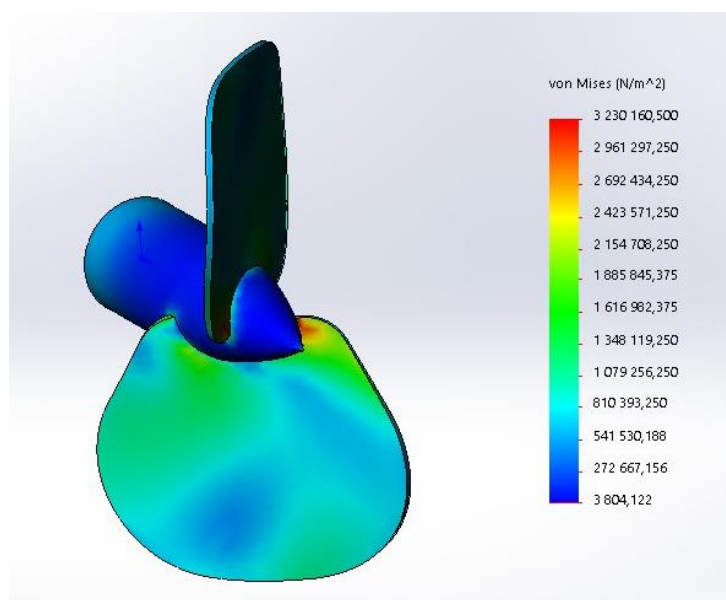


Рис. 3.20 – Візуалізація напружень, що виникають на гвинт з пластику PF

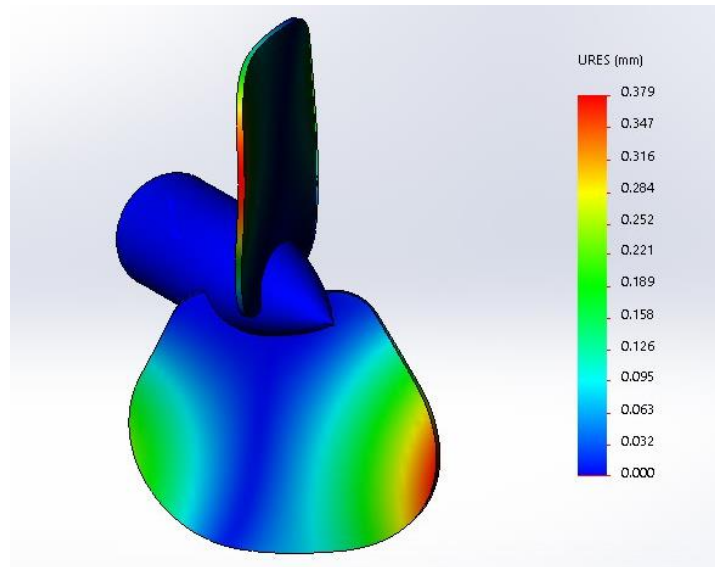


Рис. 3.21 – Візуалізація переміщень гвинта з пластику PF

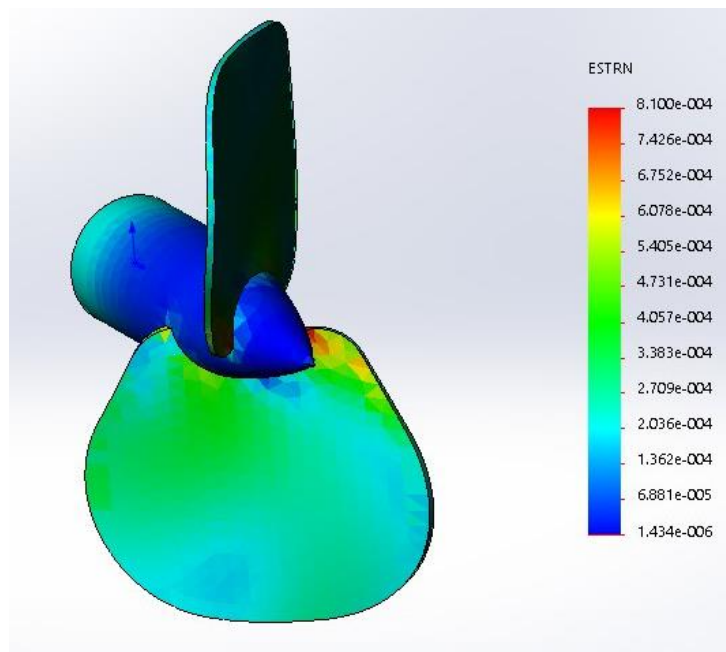


Рис. 3.22 – Візуалізація деформацій гвинта з пластику PF

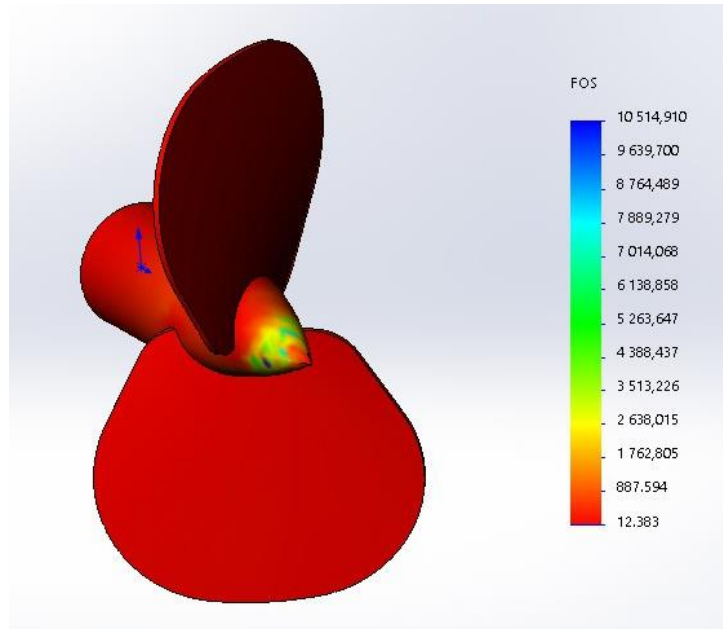


Рис. 3.23 – Оцінка міцності гвинта з пластику PF

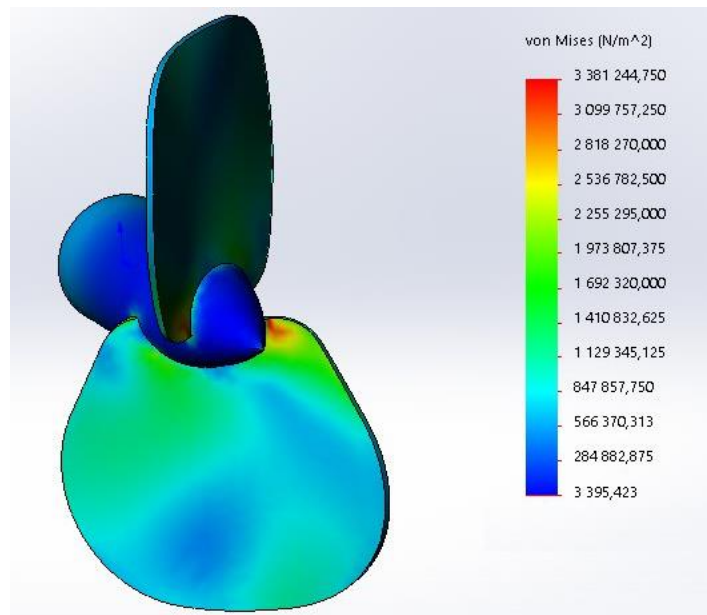


Рис. 3.24 – Візуалізація напружень, що виникають на гвинт з сплаву алюмінію

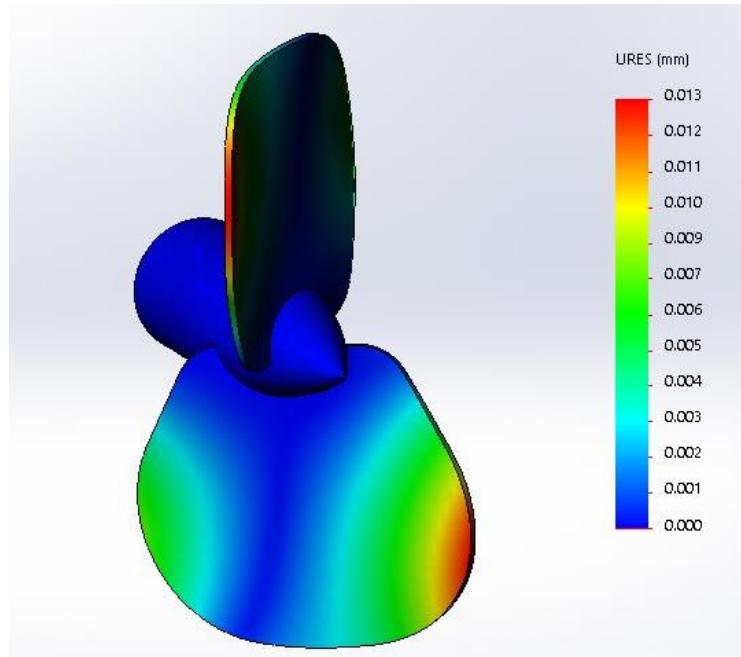


Рис. 3.25 – Візуалізація переміщень гвинта з сплаву алюмінію

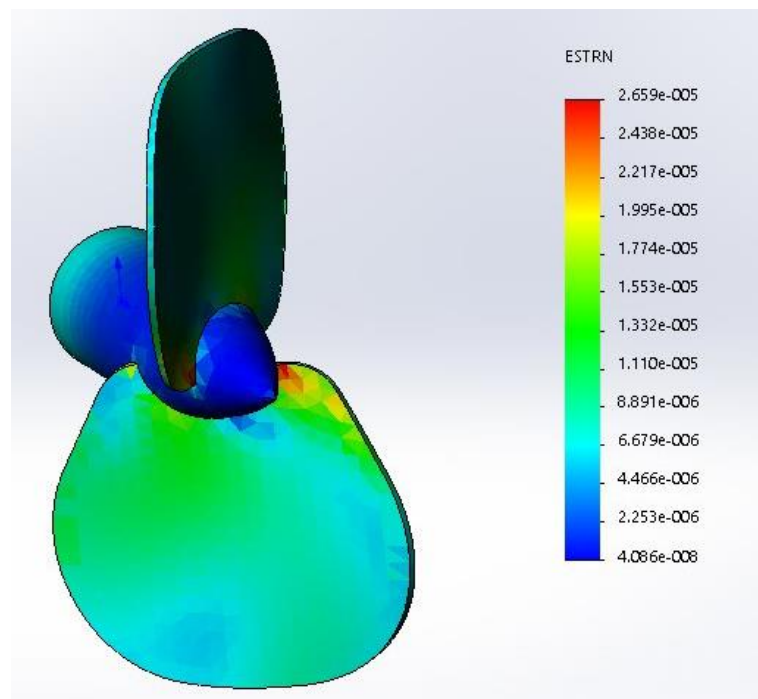


Рис. 3.26 – Візуалізація деформацій гвинта з сплаву алюмінію

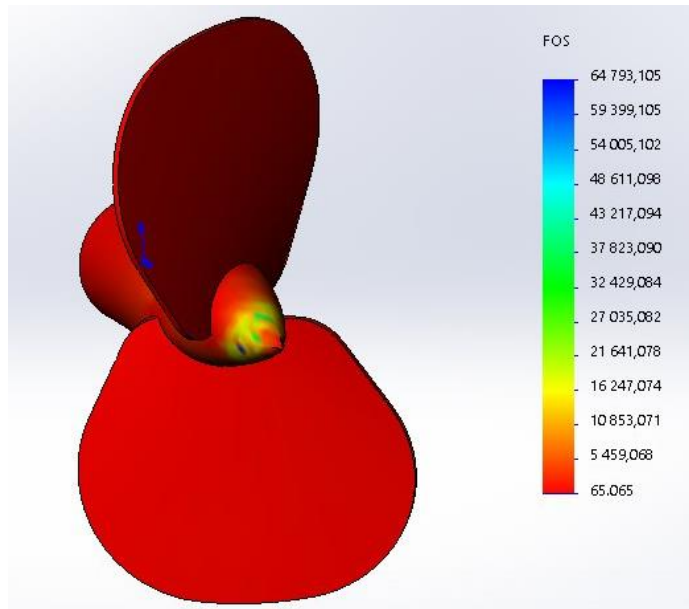


Рис. 3.27 – Оцінка міцності гвинта з сплаву алюмінію

Виконані дослідження показують, що гвинт можна виготовляти як з пластику, так і зі сплаву алюмінію. Ці матеріали підходять для зазначеної глибини занурення.

3.3.3 Дослідження дії тиску на кермо підводного скутера

Виконаємо дослідження керма, яке виготовлене з пластику PF та сплаву алюмінію 7075-о (SS).

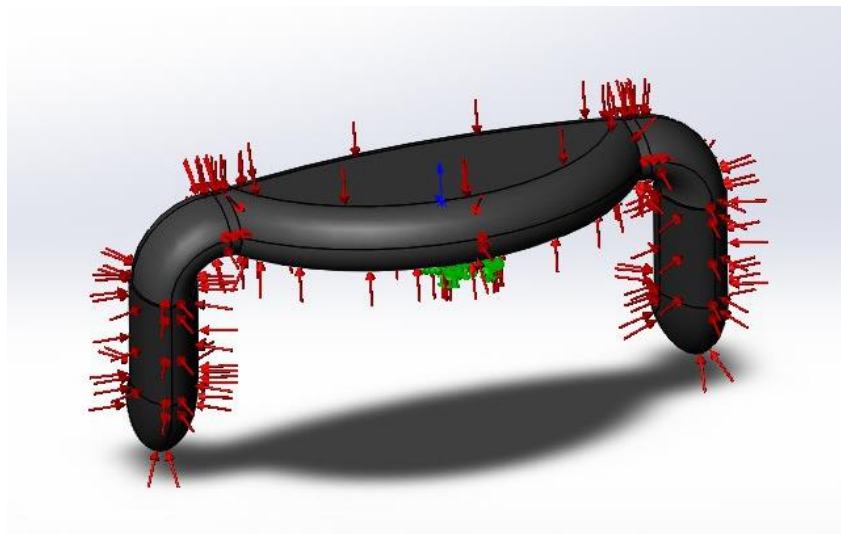


Рис. 3.28 – Кріплення та дія тиску на кермо підводного скутера

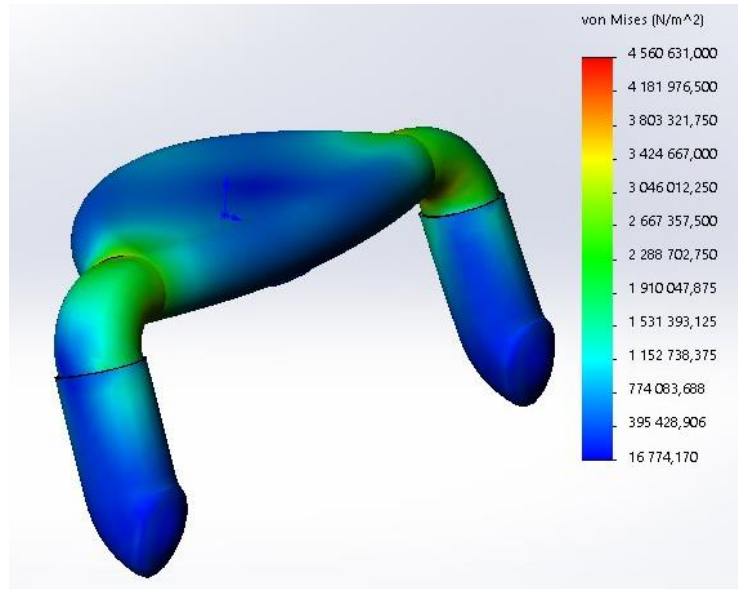


Рис. 3.29 – Візуалізація напружень, що виникають на кермо підводного скутера з пластику PF

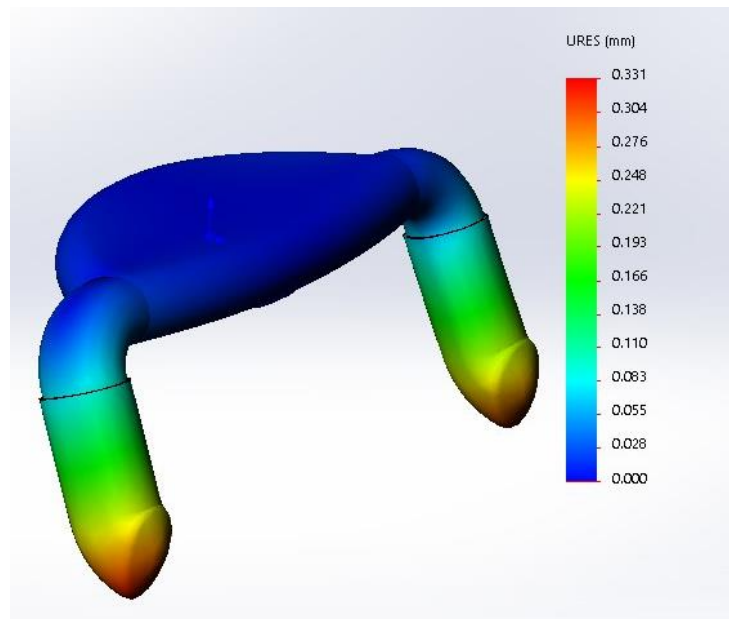


Рис. 3.30 – Візуалізація переміщень керма підводного скутера з пластику PF

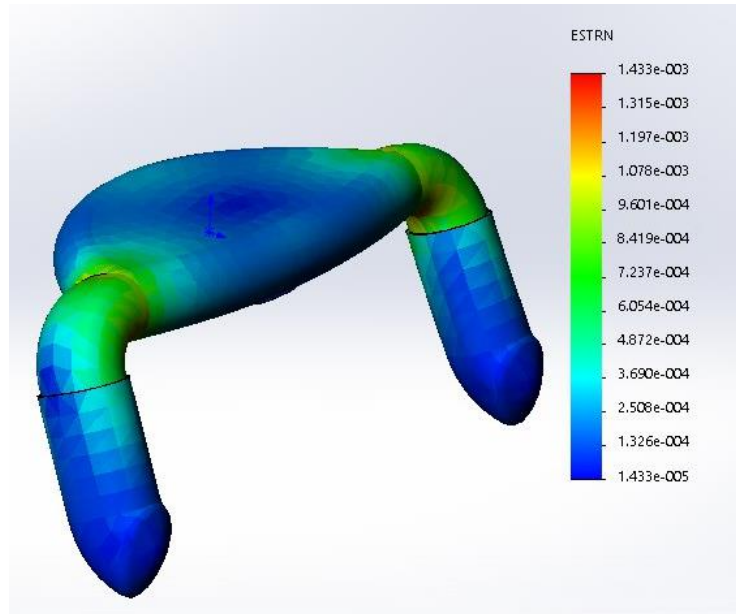


Рис. 3.31 – Візуалізація деформацій керма підводного скутера з пластику РF

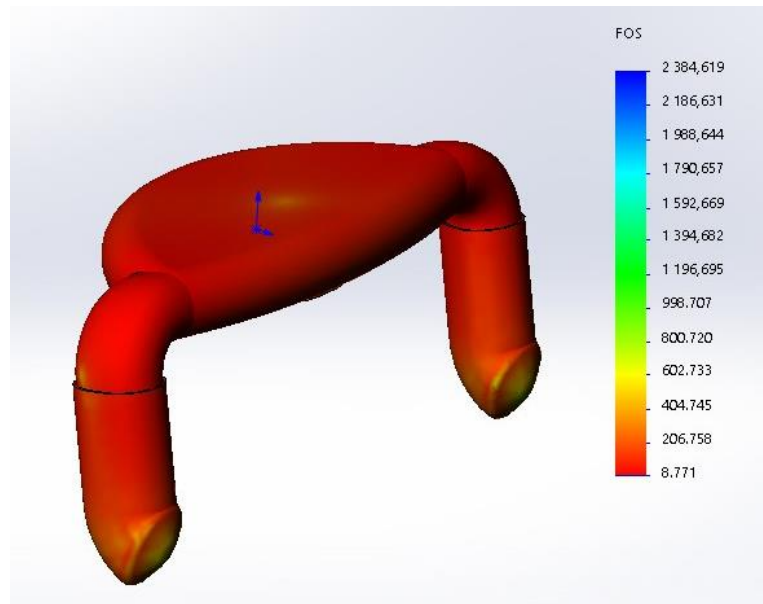


Рис. 3.32 – Оцінка міцності керма підводного скутера з пластику РF

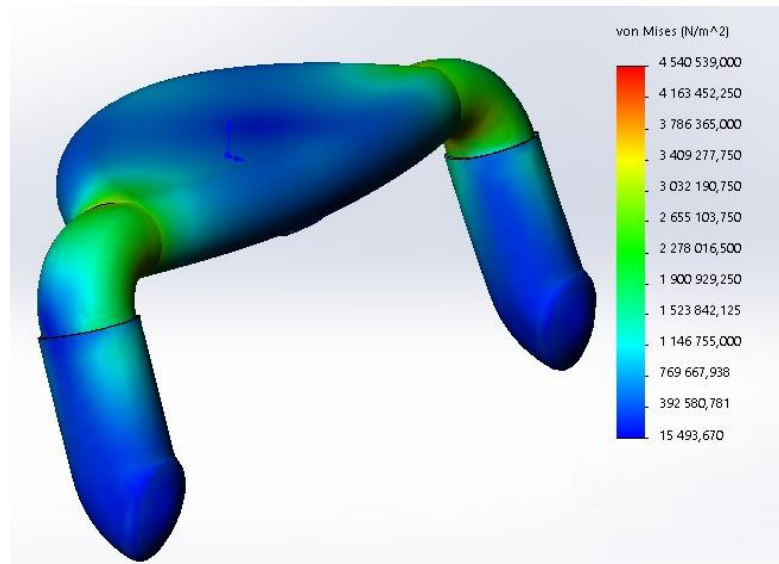


Рис. 3.33 – Візуалізація напружень, що виникають на кермо підводного скутера з сплаву алюмінію

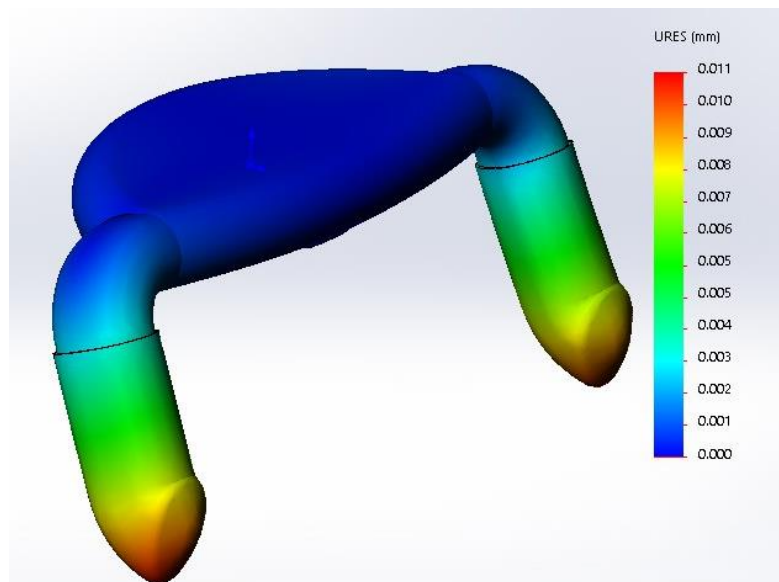


Рис. 3.34 – Візуалізація переміщень керма підводного скутера з сплаву алюмінію

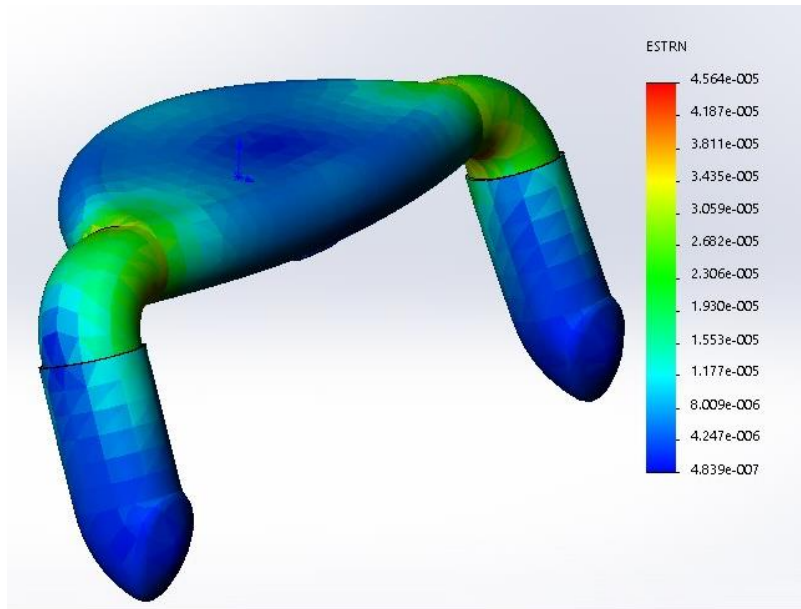


Рис. 3.35 – Візуалізація деформацій керма підводного скутера з сплаву алюмінію

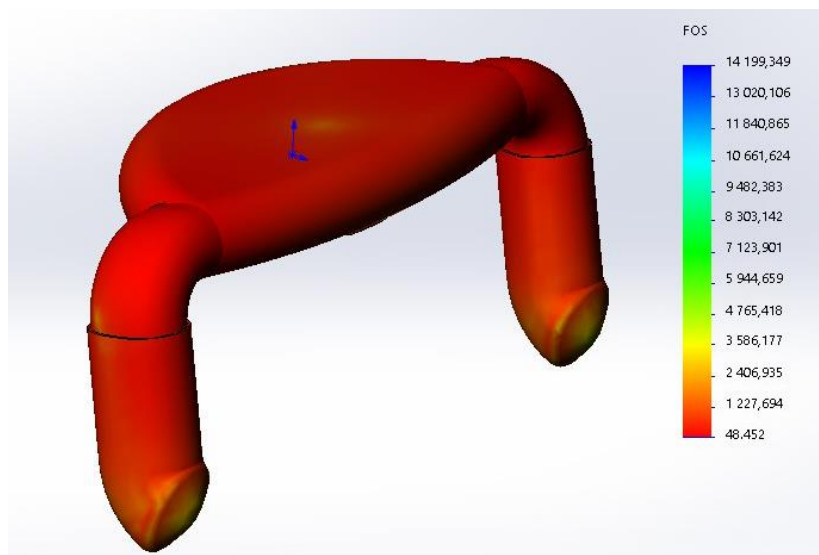


Рис. 3.36 – Оцінка міцності керма підводного скутера з сплаву алюмінію

Аналізуючи дослідження, робимо висновок, що кермо виготовлене як з пластику, так і з сплаву алюмінію витримує діючий на нього тиск.

3.3.4 Дослідження дії сили на кермо підводного скутера

Виконаємо дослідження, в якому зможемо дізнатися, яку прикладену силу здатне витримати кермо. Для цього зафіксуємо кермо та будемо діяти силою на нього з передньої частини ручок, оскільки головне навантаження відбувається саме на цю частину.

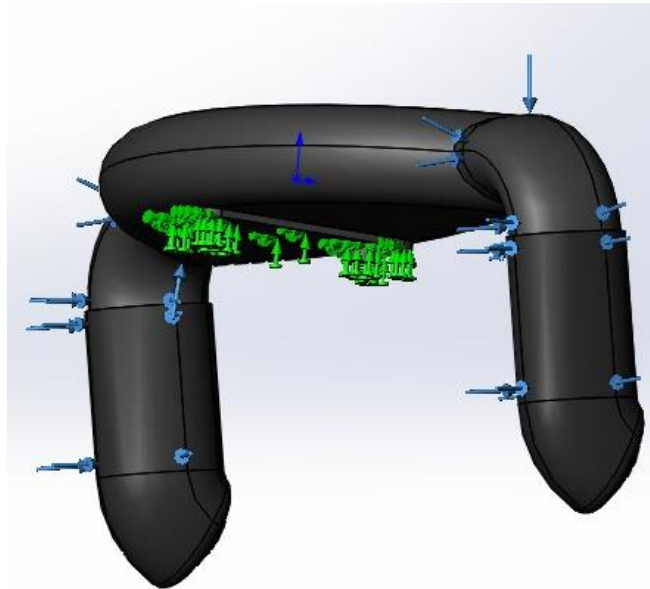


Рис. 3.37 – Кріплення та дія сили на кермо підводного скутера

Спочатку виконаємо дослідження з кермом, яке виготовлене з пластику PF, та будемо діяти на нього силою 700 N (що приблизно дорівнює вазі 71 кг).

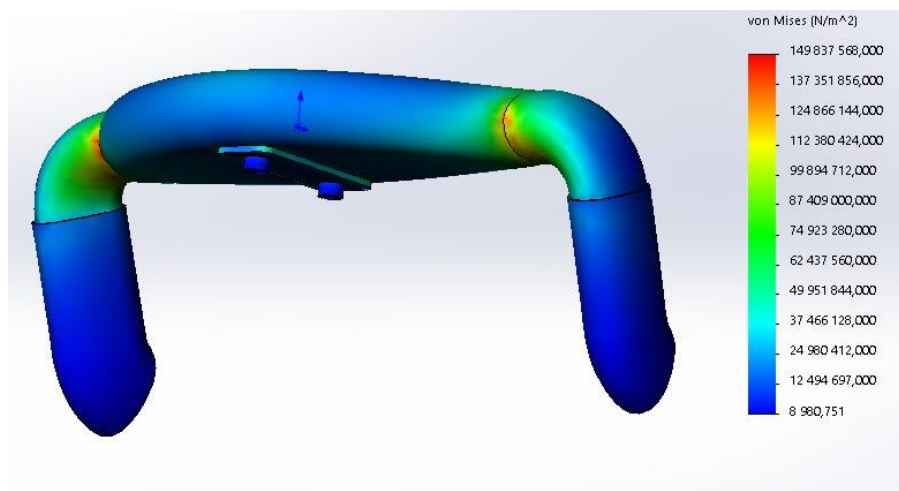


Рис. 3.38 – Візуалізація напружень, що виникають на кермо підводного скутера з пластику PF при силі 700 N

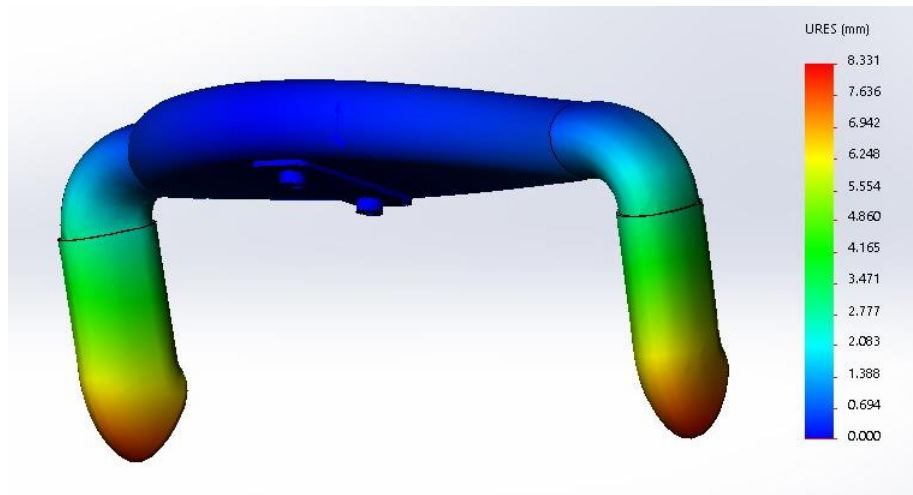


Рис. 3.39 – Візуалізація переміщень керма підводного скутера з пластика PF при силі 700 N

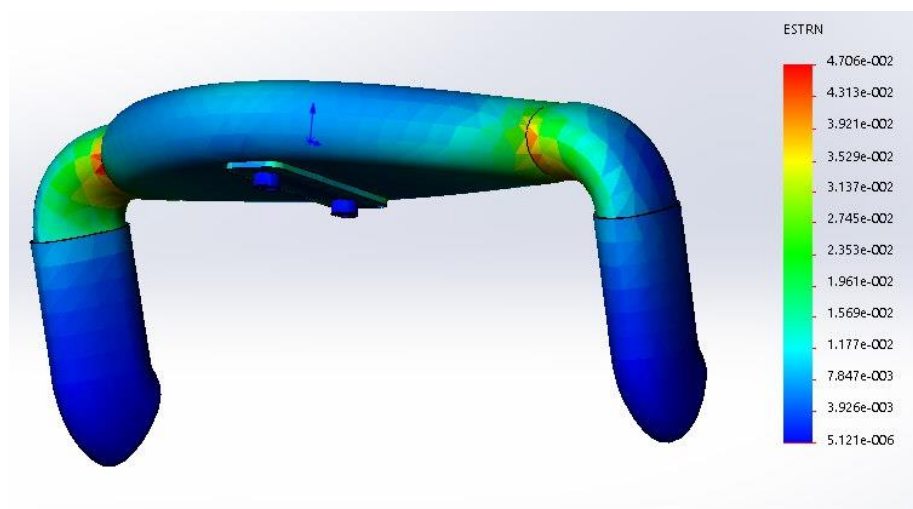


Рис. 3.40 – Візуалізація деформацій керма підводного скутера з пластика PF при силі 700 N

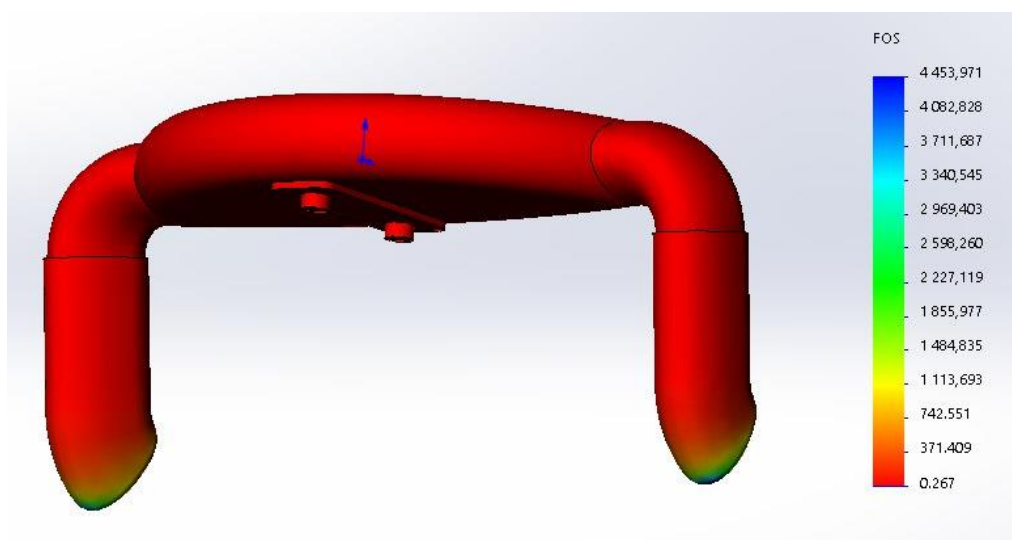


Рис. 3.41 – Оцінка міцності керма підводного скутера з пластика PF при силі 700 N

Зробивши аналіз, можемо побачити, що запас міцності менше одиниці (запас міцності 0,267) вказує на те, що фактичне навантаження перевищує граничні можливості деталі і необхідні заходи для збільшення міцності або зменшення навантаження.

Щоб збільшити надійність керма змінимо матеріал, з якого воно виготовлене, на більш міцний, а саме на сплав алюмінію. Проведемо це ж дослідження повторно.

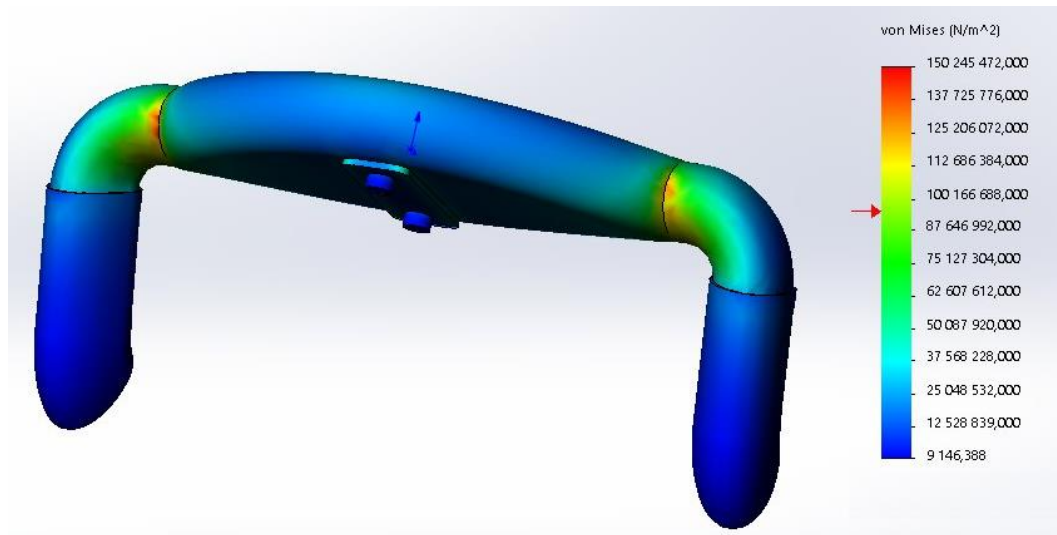


Рис. 3.42 – Візуалізація напружень, що виникають на кермо підводного скутера з сплава алюмінію при силі 700 N

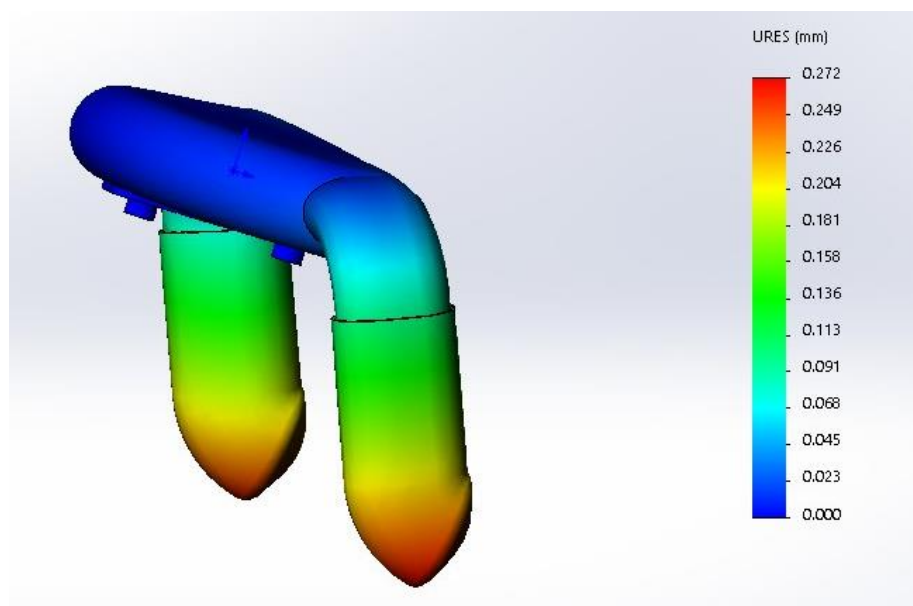


Рис. 3.43 – Візуалізація переміщень керма підводного скутера з сплава алюмінію при силі 700 N

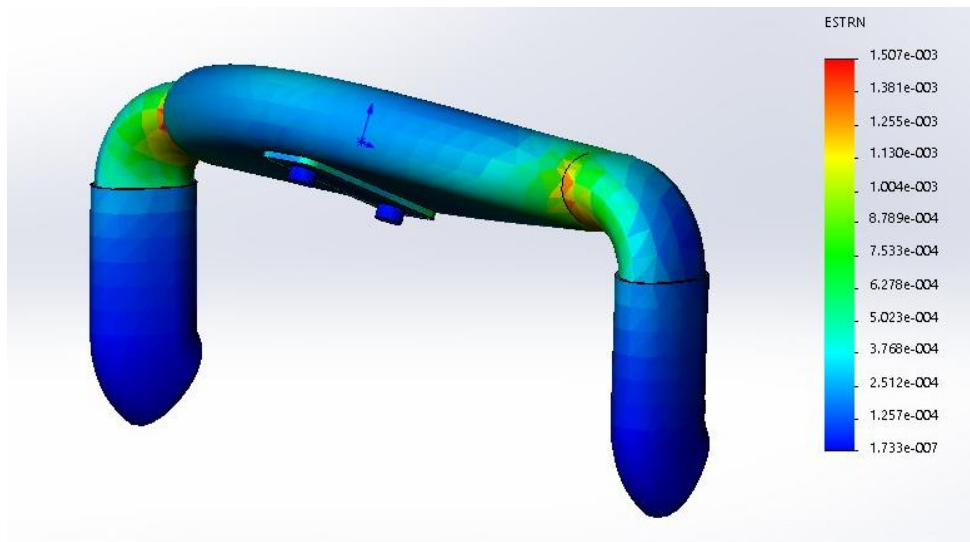


Рис. 3.44 – Візуалізація деформацій керма підводного скутера з сплава алюмінію при силі 700 N

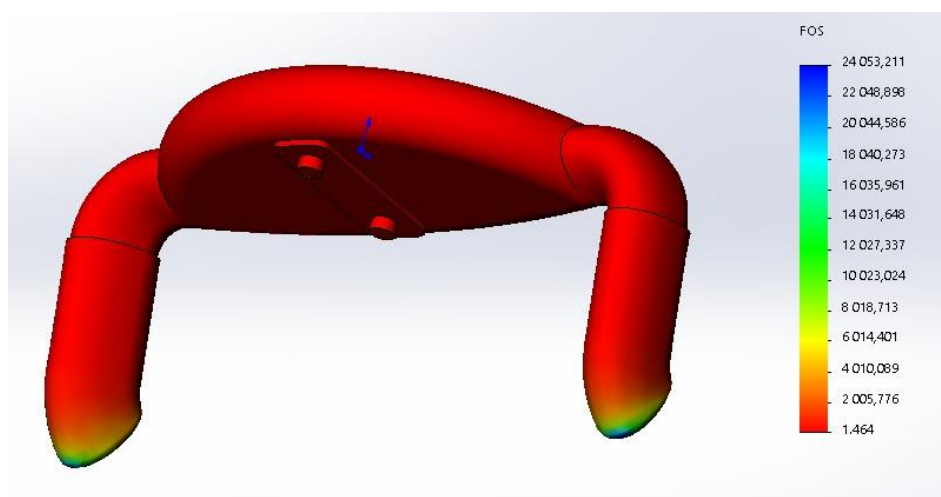


Рис. 3.45 – Оцінка міцності керма підводного скутера з сплава алюмінію при силі 700 N

Аналізуючи дослідження, ми можемо побачити, що тепер запас міцності становить 1.464. Це свідчить про те, що кермо стало міцніше і здатне витримувати більші навантаження.

Щоб впевнитись в міцності керма, проведемо додаткове дослідження. Збільшимо силу, яка діє на ручки керма до 830 N (= 85 кг).

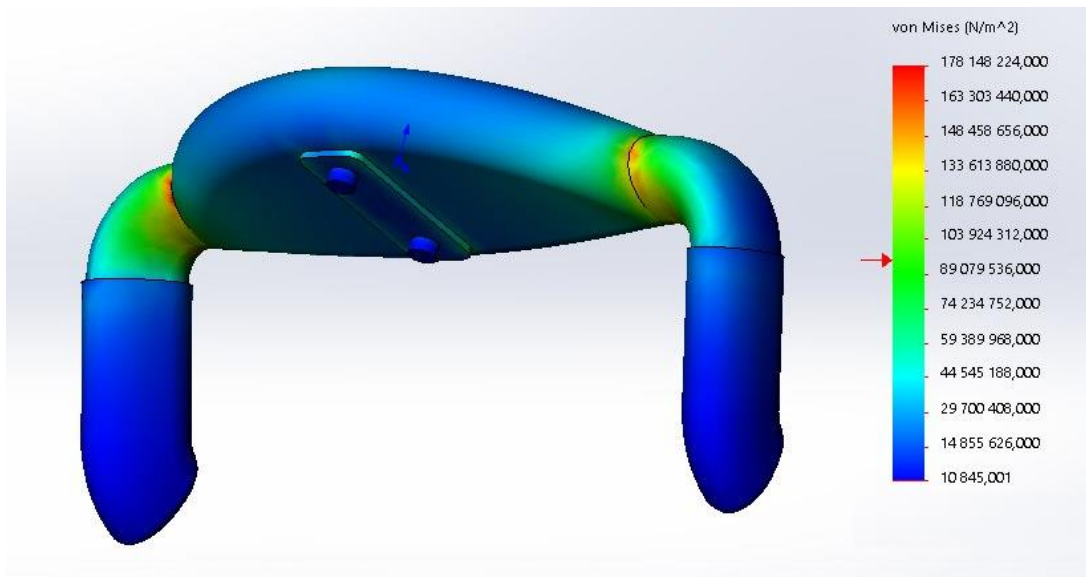


Рис. 3.46 – Візуалізація напружень, що виникають на кермо підводного скутера з сплава алюмінію при силі 830 N

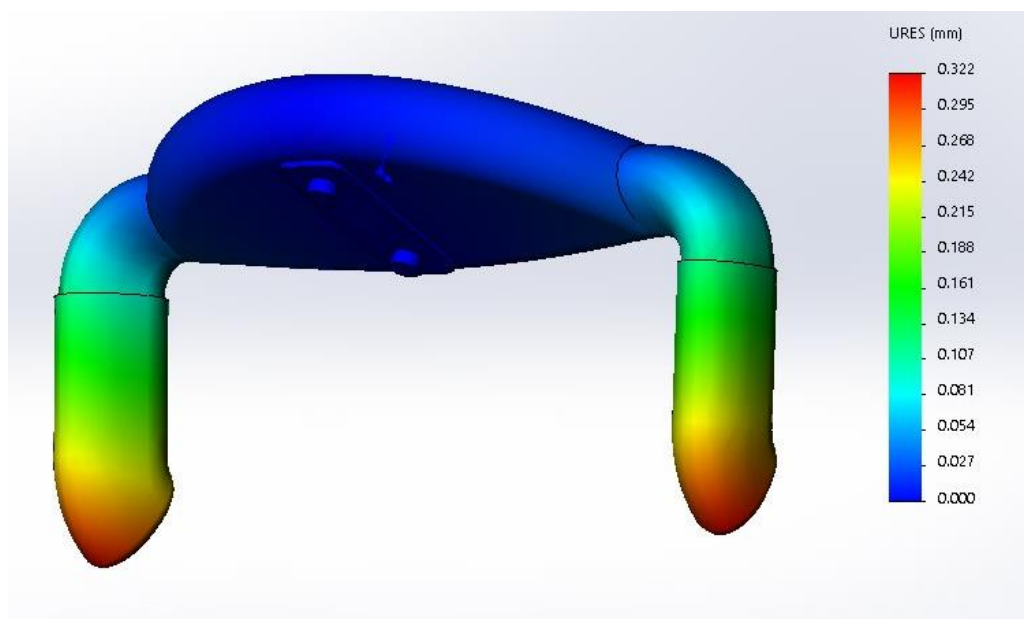


Рис. 3.47 – Візуалізація переміщень керма підводного скутера з сплава алюмінію при силі 830 N

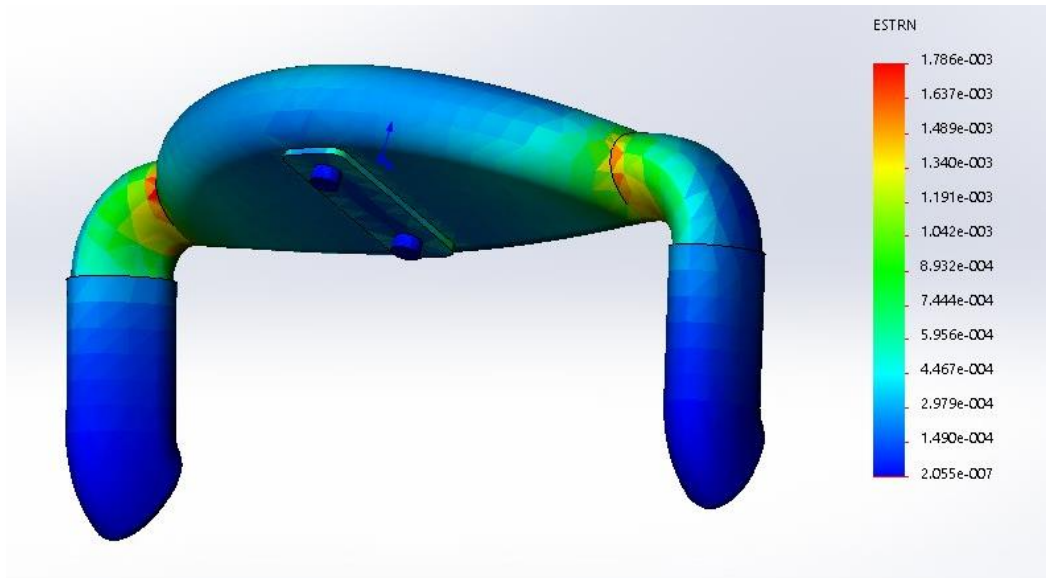


Рис. 3.48 – Візуалізація деформацій керма підводного скутера з сплава алюмінію при силі 830 N

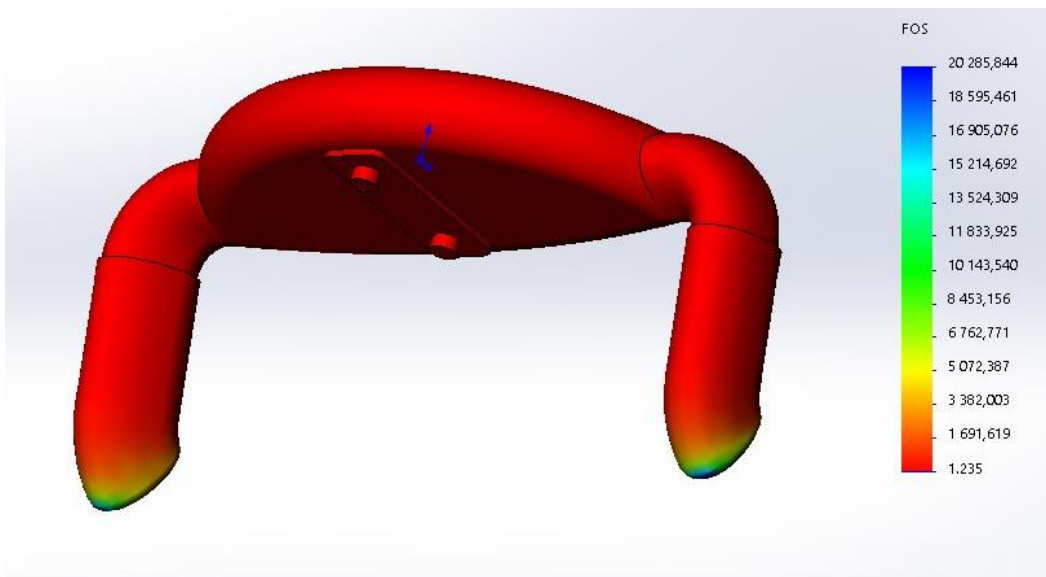


Рис. 3.49 – Оцінка міцності керма підводного скутера з сплава алюмінію при силі 830 N

З дослідження ми бачимо, що кермо може витримати більше навантаження (запас міцності більше 1 і становить 1.235).

Після аналізу всіх дослідження можна дійти висновку, що корпус та гвинт можна виготовляти зі зазначених матеріалів. Кермо краще виготовляти саме з сплаву алюмінію, для того щоб воно змогло витримувати середньостатистичну вагу дайвера і бути надійним та безпечним у використанні.

3.4 Імітація руху гвинта

В дипломній роботі було проведено дослідження, яке відображає роботу скутера в режимі реально часу. Щоб імітувати рух потрібно обрати елемент «Двигун, що обертається» і зазначити тип двигуна, його напрямок, тип руху та швидкість. Після чого запускаємо дослідження і спостерігаємо анімацію руху. За допомогою шкали часу можна побачити місцезрештування деталі в певний момент часу.

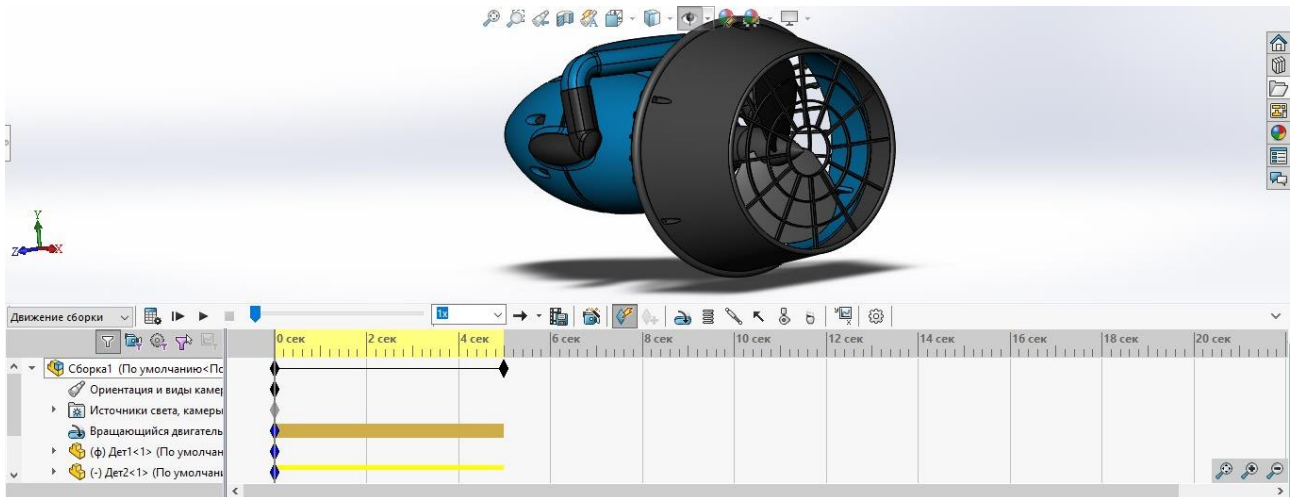


Рис. 3.50 – Розташування гвинта на початку руху

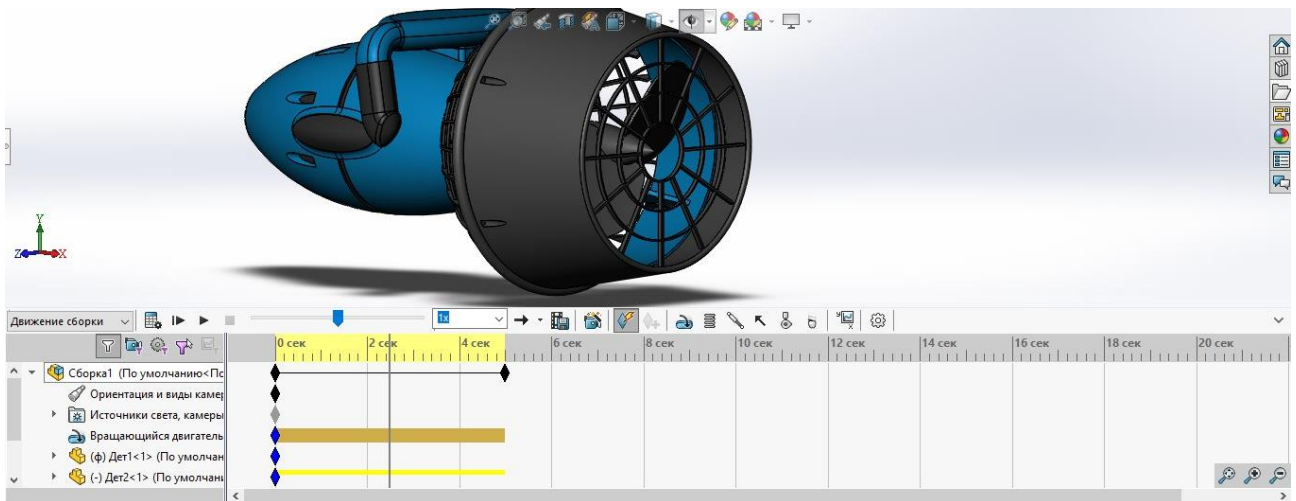


Рис. 3.51 – Розташування гвинта на 2.5 секунді руху

3.5 Макрос для створення гвинта

Побудуємо основу гвинта, на якій будуть в подальшому будуватися лопаті. Для початку оголосимо потрібні змінні: swApp, Part, boolstatus, longstatus, longwarnings.

`Dim swApp As Object` `Перша змінна визначає об'єкт програми Solid Works

`Dim Part As Object` `Друга змінна визначає об'єкт деталі

`Dim boolstatus As Boolean` `Третя змінна показує статус у форматі Істина/Не істина

`Dim longstatus As Long, longwarnings As Long` `Четверта та п'ята змінні показують помилки і статус в цифровому форматі

Далі поетапно розглянемо основний код, в якому буде створюватися новий документ та будуватися основа деталі:

`Sub main()`

`Set swApp = Application.SldWorks` `присвоюється, що змінна є додатком SolidWorks

`' New Document`

`Dim swSheetWidth As Double` `оголошення змінної для ширини
`swSheetWidth = 0`

`Dim swSheetHeight As Double` `оголошення змінної для висоти
`swSheetHeight = 0`

`Set Part = swApp.NewDocument("C:\ProgramData\SolidWorks\SOLIDWORKS 2017\templates\Part.prtdot", 0, swSheetWidth, swSheetHeight)` `створення нового документа

`Dim swPart As PartDoc`

`Set swPart = Part`

`swApp.ActivateDoc2 "Деталь20", False, longstatus` `активує створену деталь

`Set Part = swApp.ActiveDoc` `надає статус активного документа деталі

`Dim myModelView As Object`

`Set myModelView = Part.ActiveView`

```

myModelView.FrameState      =      swWindowState_e.swWindowMaximized
      `максимальне розгортання вікна
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Front Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)      `створення ескізу на передній панелі
Part.SketchManager.InsertSketch True
Part.ClearSelection2 True      `очистка від вибору
Dim skSegment As Object
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0#, 0#, 0#, 0#, 0.005, 0#)
      `створення потрібних ліній
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0#, 0.005, 0#, -0.0015, 0.005, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(-0.0015, 0.005, 0#, -0.0015, 0.01,
0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(-0.0015, 0.01, 0#, 0.015, 0.01, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0#, 0#, 0#, 0.055, 0#, 0#)
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateTangentArc(0.015, 0.01, 0#, 0.055, 0#,
0#, 1)      `створення дуги
Part.ShowNamedView2 "*Триметрия", 8
Part.ViewZoomtofit2
boolstatus      =      Part.Extension.SelectByID2("Line5", "SKETCHSEGMENT",
1.29943820449694E-02, 4.12328324401763E-03, 6.40471002115306E-03, True, 0,
Nothing, 0)
Part.ClearSelection2 True
boolstatus      =      Part.Extension.SelectByID2("Line5", "SKETCHSEGMENT",
1.29943820449694E-02, 4.12328324401763E-03, 6.40471002115306E-03, False,
16, Nothing, 0)
Dim myFeature As Object

```

```
Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureRevolve2(True, True, False, False,  
False, False, 0, 0, 6.2831853071796, 0, False, False, 0.01, 0.01, 0, 0, 0, True, True,  
True)      `використання інструменту «повернута бобишка  
Part.SelectionManager.EnableContourSelection = False
```

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі було поставлено завдання спроектувати та дослідити роботу ПС, використовуючи інструменти SW. За допомогою модулів Simulation та Motion здійснити моделювання і порівняльний аналіз конструкції виготовленої з різних матеріалів та під впливом різних навантажень.

У результаті виконаної роботи було досягнуто наступні результати:

1. Розглянуто поняття «підводний скутер», його класифікацію, моделі, принцип роботи та характеристики.
2. Розроблено 3D-модель ПС з врахуванням всіх необхідних елементів і параметрів.
3. Проведено аналіз міцності скутера за допомогою SWS, що дозволило виявити критичні зони напружень та забезпечити оптимальну конструкцію.
4. Виконано моделювання руху скутера з використанням SWM.
5. Написано макрос для автоматичного створення деталі.
6. Створено конструкторську документацію.

Під час виконання дипломної роботи отримано досвід роботи в середовищі SW та розвинено навички роботи з Simulation та Motion.

Аналізуючи проведені дослідження можна дійти висновку, що ПС здатний витримувати зазначені навантаження тиску. Але слід звернути увагу на кермо скутера, тому що воно не витримує прикладену на нього силу. Тому, щоб забезпечити надійність роботи скутера потрібно зміцнити кермо або змінити матеріал, з якого воно виготовлене.

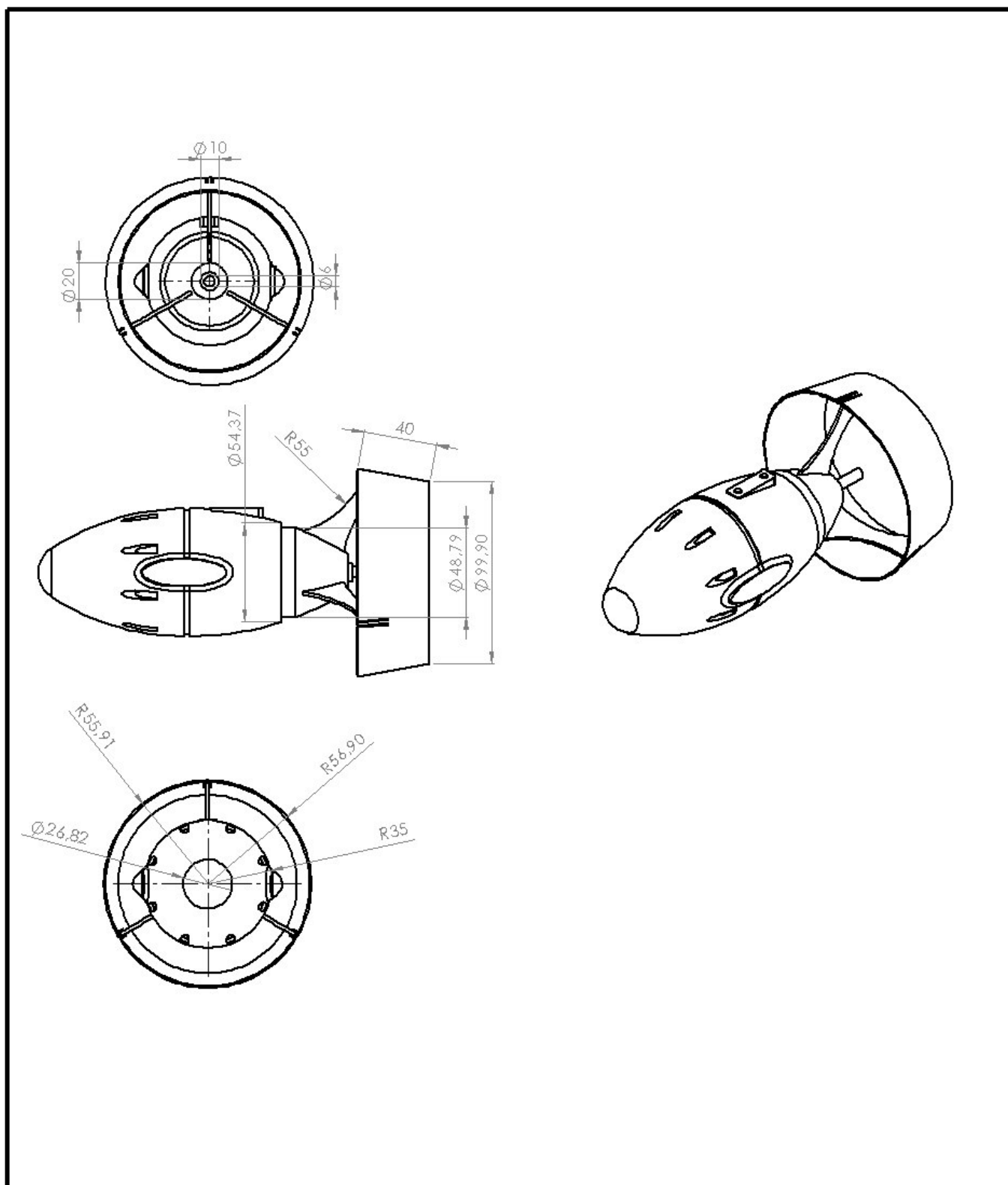
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Underwater Scooter: What Is It?. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://scooters101.com/underwater-scooter-what-is-it> (дата звернення: 05.06.2023).
2. Underwater Scooter [Buying Guide]. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.scuba.com/blog/underwater-scooter-buying-guide/> (дата звернення: 05.06.2023).
3. How Does a Sea Scooter Work?. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.motorbiscuit.com/how-does-a-sea-scooter-work/> (дата звернення: 05.06.2023).
4. What Is Underwater Scooter? (Here Are Facts!). – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.scootertip.com/what-is-underwater-scooter/> (дата звернення: 05.06.2023).
5. SolidWorks. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.solidworks.com/> (дата звернення: 05.06.2023).
6. SOLIDWORKS SOFTICO. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://solidworks.softico.ua/> (дата звернення: 05.06.2023).
7. SOLIDWORKS Web Help. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://help.solidworks.com/HelpProducts.aspx> (дата звернення: 05.06.2023).
8. SOLIDWORKS Simulation Finite Element Analysis (FEA) Software. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.goengineer.com/solidworks/simulation/solidworks-simulation> (дата звернення: 05.06.2023).
9. SOLIDWORKS Simulation. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.javelin-tech.com/3d/technology/solidworks-simulation/> (дата звернення: 05.06.2023).
10. ДСТУ 3321:2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. – Чинний від 08.12.2003. – К.: Держспоживстандарт, 2005. – С. 50
11. ДСТУ 2226-93 Автоматизовані системи. Терміни та визначення. – Чинний від 01.07.1994. – К.: Держстандарт України, 1994. – С. 91

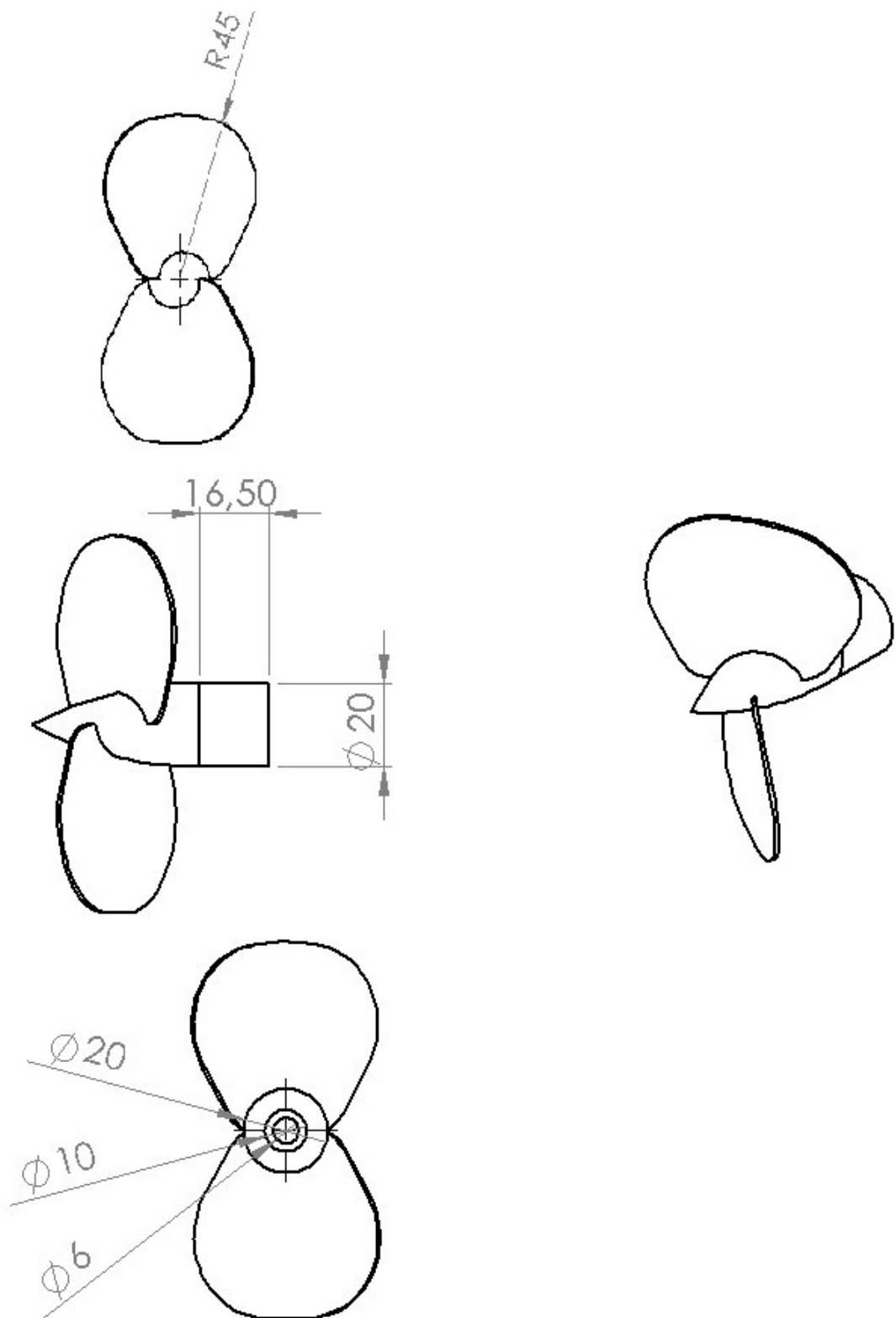
12. Groover, M. P. Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems. – John Wiley & Sons, 2020. – 816 p.
13. Planchard, D. Engineering Design with SOLIDWORKS 2021 and Video Instruction. – SDC Publications, 2021. – 1056 p.
14. Tickoo, S. SOLIDWORKS 2020 for Designers. – CADCIM Technologies, 2019. – 824 p.
15. Kurowski, P. Engineering Analysis with SOLIDWORKS Simulation 2022. – SDC Publications, 2022. – 512 p.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А. СКЛАДАЛЬНІ КРЕСЛЕННЯ

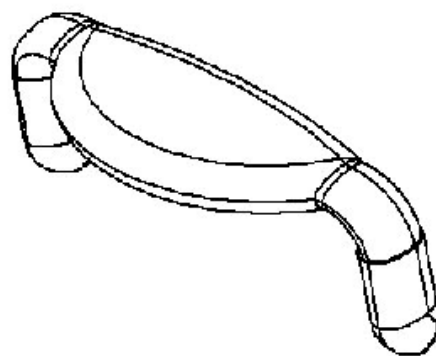
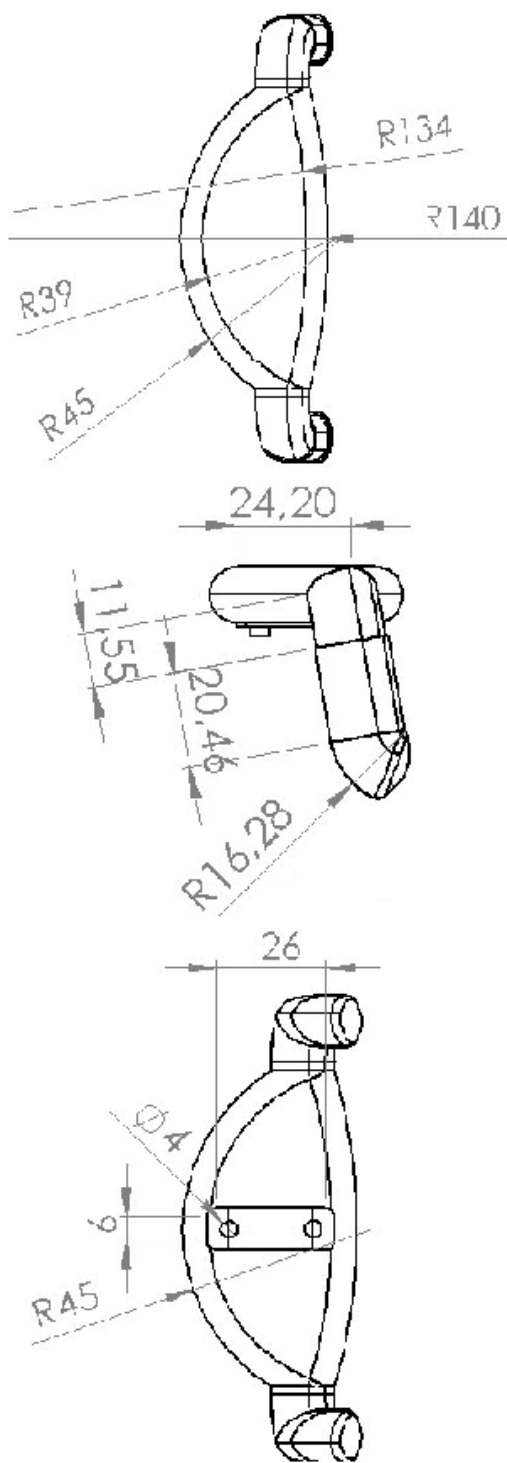


					<i>Корпус</i>		
Изм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Разраб		Дубенюк А.С.			Літера	Лист	Листів
Пров		Борецька І.Б.			у	1	4
Маштаб		2:1					
Н. Контр.					<i>ст згідно ІСТ-41</i>		

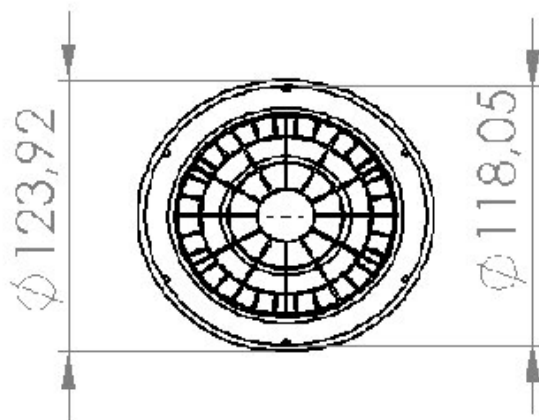
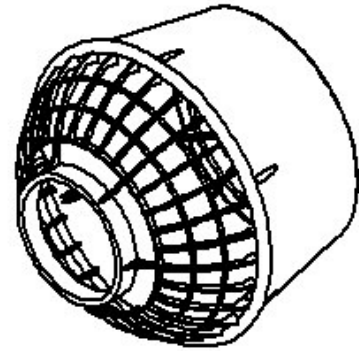
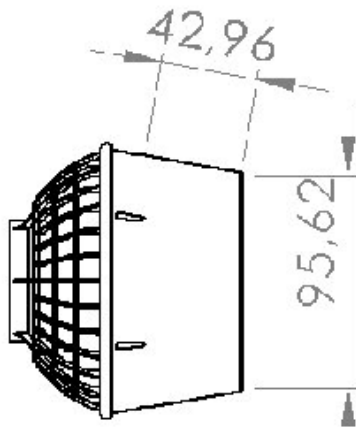
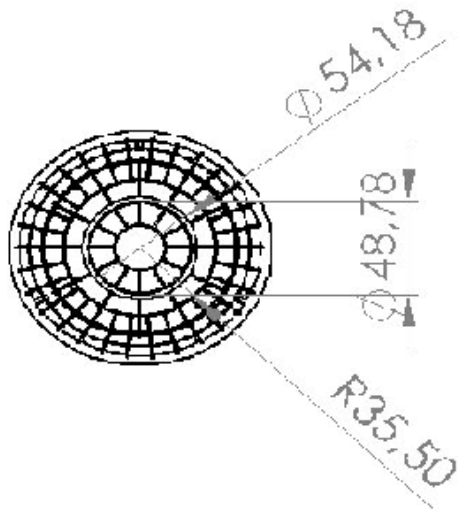


Гвинт

Изм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Разраб		Дубенюк А.С.			Літера	Лист	Листів
Пров		Борецька І.Б.			у	2	4
Маштаб		2:1			ст.групи ІСТ-41		
Н. Контр.							



					<i>Кермо</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб</i>	<i>Дубенюк А.С.</i>				<i>Літера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Пров</i>	<i>Борецька І.Б.</i>				<i>у</i>	<i>з</i>	<i>4</i>
<i>Маштаб</i>	<i>2:1</i>				<i>ст.групи ICT-41</i>		
<i>Н. Контр.</i>							



Захисна сітка

Изм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата			
Разраб		Дубенюк А.С.			Литера	Лист	Листов
Пров		Борецька І.Б.			у	4	4
Маштаб		2:1			ст.групи ICT-41		
Н. Контр.							

ДОДАТОК Б. ПРОГРАМНИЙ КОД МАКРОСУ

' C:\Users\ Andriy\AppData\Local\Temp\swx8504\Macro1.swb - macro recorded on
06/09/23 by Andriy

Dim swApp As Object

Dim Part As Object

Dim boolstatus As Boolean

Dim longstatus As Long, longwarnings As Long

Sub main()

Set swApp = Application.SldWorks

' New Document

Dim swSheetWidth As Double

swSheetWidth = 0

Dim swSheetHeight As Double

swSheetHeight = 0

Set Part = swApp.NewDocument("C:\ProgramData\SolidWorks\SOLIDWORKS
2017\templates\Part.prtdot", 0, swSheetWidth, swSheetHeight)

Dim swPart As PartDoc

Set swPart = Part

swApp.ActivateDoc2 "Деталь20", False, longstatus

Set Part = swApp.ActiveDoc

Dim myModelView As Object

Set myModelView = Part.ActiveView

myModelView.FrameState = swWindowState_e.swWindowMaximized

```

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Front Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)
Part.SketchManager.InsertSketch True
Part.ClearSelection2 True
Dim skSegment As Object
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0#, 0#, 0#, 0#, 0.005, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0#, 0.005, 0#, -0.0015, 0.005, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(-0.0015, 0.005, 0#, -0.0015, 0.01,
0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(-0.0015, 0.01, 0#, 0.015, 0.01, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0#, 0#, 0#, 0.055, 0#, 0#)
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateTangentArc(0.015, 0.01, 0#, 0.055, 0#,
0#, 1)
Part.ShowNamedView2 "*Триметрия", 8
Part.ViewZoomtofit2
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line5", "SKETCHSEGMENT",
1.29943820449694E-02, 4.12328324401763E-03, 6.40471002115306E-03, True, 0,
Nothing, 0)
Part.ClearSelection2 True
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line5", "SKETCHSEGMENT",
1.29943820449694E-02, 4.12328324401763E-03, 6.40471002115306E-03, False,
16, Nothing, 0)
Dim myFeature As Object
Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureRevolve2(True, True, False, False,
False, False, 0, 0, 6.2831853071796, 0, False, False, 0.01, 0.01, 0, 0, 0, True, True,
True)
Part.SelectionManager.EnableContourSelection = False

```

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Top Plane", "PLANE", 0, 0, 0, True, 0, Nothing, 0)

Dim myRefPlane As Object

Set myRefPlane = Part.FeatureManager.InsertRefPlane(8, 0.045, 0, 0, 0, 0)

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Top Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

Part.SketchManager.InsertSketch True

' Named View

Part.ShowNamedView2 "*CБepxy", 5

Part.ViewZoomtofit2

Part.ClearSelection2 True

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(-0.011944, 0#, 0#, 0.065019, 0#, 0#)

Part.SetPickMode

Part.ClearSelection2 True

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0#, 0#, 0#, 0#, -0.010513, 0#)

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0#, -0.010513, 0#, 0.034254, -0.010513, 0#)

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.034254, -0.010513, 0#, 0.034254, 0#, 0#)

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.034254, 0#, 0#, 0.034254, 0.011851, 0#)

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.034254, 0.011851, 0#, 0.025007, 0.011851, 0#)

Part.SetPickMode

Part.ClearSelection2 True

```

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.034254, -0.010513, 0#,
0.045007, -0.010513, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.025007, 0.011851, 0#, 0.045007,
-0.010513, 0#)
Part.ClearSelection2 True
Part.SetPickMode
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.034254, 0#, 0#, 0.044256, -
0.011184, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.044256, -0.011184, 0#,
0.045007, -0.010513, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.034254, 0#, 0#, 0.024257,
0.01118, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.024257, 0.01118, 0#, 0.025007,
0.011851, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
Part.SketchManager.InsertSketch True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Плоскость1", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)
Part.SketchManager.InsertSketch True
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0#, 0#, 0#, 0.034545, 0#, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.034545, 0#, 0#, 0.034545,
0.03548, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.034545, 0.03548, 0#,
0.014986, 0.03548, 0#)

```

```

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.014986, 0.03548, 0#,
0.014986, 0.034998, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.014986, 0.034998, 0#,
0.014111, 0.034998, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.034545, 0#, 0#, 0.054986,
0#, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.054986, 0#, 0#, 0.054986,
-0.034998, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.054986, -0.034998, 0#,
0.054986, -0.035481, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.054986, -0.035481, 0#,
0.054111, -0.035481, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line9", "SKETCHSEGMENT",
5.44385397249882E-02, 0.0175, 3.54971656395443E-02, False, 0, Nothing, 0)
Part.EditDelete
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCenterLine(0.054986, -0.035481, 0#,
0.054106, -0.035481, 0#)
Part.SetPickMode
Part.ClearSelection2 True
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.054986, -0.034998, 0#,
0.014986, 0.03548, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.014986, 0.03548, 0#, 0.014111,
0.034998, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.014111, 0.034998, 0#, 0.054106,
-0.035481, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.054106, -0.035481, 0#,
0.054986, -0.034998, 0#)

```

Part.SetPickMode

Part.ClearSelection2 True

Part.SketchManager.InsertSketch True

Set Part = swApp.ActiveDoc

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз2", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditSketch

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line1", "SKETCHSEGMENT", 2.24379502816419E-02, 9.6725478845201E-03, -1.64382825175835E-04, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line5", "SKETCHSEGMENT", 3.30574710641827E-02, 6.30131911594844E-03, -5.02528581538542E-03, False, 0, Nothing, 0)

Part.SelectMidpoint

Part.EditDelete

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line4", "SKETCHSEGMENT", 3.32183926538363E-02, 7.16157284000474E-03, 3.62031159588128E-03, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line5", "SKETCHSEGMENT", 3.31055087019649E-02, 7.19421726779501E-03, -3.61038605937125E-03, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Point7", "SKETCHPOINT", 0.034254, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line9", "SKETCHSEGMENT", 3.49259545743763E-02, 7.04095360299561E-03, 2.94346453527083E-03, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line11", "SKETCHSEGMENT", 2.78979477696879E-02, 7.93058444634198E-03, -4.28826582287201E-03, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.024257, 0.01118, 0#, 0.044256, -0.011184, 0#)

Part.ClearSelection2 True

Part.SketchManager.InsertSketch True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз3", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз3", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditSketch

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line2", "SKETCHSEGMENT", 3.76901337650774E-02, 2.62119217583779E-02, -1.01312728212649E-02, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line1", "SKETCHSEGMENT", 3.47698385034079E-02, 6.71015681524523E-03, -3.71300711573497E-03, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line6", "SKETCHSEGMENT", 0.050095015547643, 2.76190435599579E-02, -1.29236639791058E-03, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditDelete

Part.SketchManager.InsertSketch True

Set Part = swApp.ActiveDoc

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз2", "SKETCH", 0.024257, 0.01118, 0, True, 0, Nothing, 0)

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз3", "SKETCH", 0.014111, 0.034998, 0, True, 0, Nothing, 0)

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз2", "SKETCH", 0.024257, 0.01118, 0, False, 1, Nothing, 0)

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз3", "SKETCH", 0.014111, 0.034998, 0, True, 1, Nothing, 0)

Part.FeatureManager.InsertProtrusionBlend False, True, False, 1, 0, 0, 1, 1, True, True, False, 0, 0, 0, True, True, True

boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(5.03906032230361E-03, -7.23851620347205E-03, -6.8995567371104E-03, 0.68169847531623, 0.710054747389674, 0.176378696165137, 3.54255327199778E-04, 2, True, 0, 0)

boolstatus = Part.InsertAxis2(True)

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("По сечениям1", "BODYFEATURE", 0, 0, 0, True, 4, Nothing, 0)

Part.ActivateSelectedFeature

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Ось1", "AXIS", 0, 0, 0, True, 1, Nothing, 0)

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("По сечениям1", "BODYFEATURE", 0, 0, 0, False, 4, Nothing, 0)

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Ось1", "AXIS", 0, 0, 0, True, 1, Nothing, 0)

```
Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureCircularPattern5(2, 6.2831853071796,
False, "NULL", False, True, False, False, False, False, 1, 0.26179938779915,
"NULL", False)
```

```
Part.ClearSelection2 True
```

```
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Right Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)
```

```
Part.SketchManager.InsertSketch True
```

```
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Right Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)
```

```
Part.ClearSelection2 True
```

```
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCircle(-0#, 0#, 0#, 0.040194, 0.020226,
0#)
```

```
Part.ClearSelection2 True
```

```
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateCircle(-0#, 0#, 0#, 0.06966, 0.006847,
0#)
```

```
Part.ClearSelection2 True
```

```
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Arc2", "SKETCHSEGMENT", 0, 0, 0,
False, 0, Nothing, 0)
```

```
Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureCut4(True, False, True, 0, 0, 0.06,
0.01, False, False, False, False, 1.74532925199433E-02, 1.74532925199433E-02,
False, False, False, False, False, True, True, True, True, False, 0, 0, False, False)
```

```
Part.SelectionManager.EnableContourSelection = False
```

```
boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Front Plane", "PLANE", 0, 0, 0, False, 0,
Nothing, 0)
```

```
Part.SketchManager.InsertSketch True
```

```
Part.ClearSelection2 True
```

```
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(-0.0015, 0#, 0#, -0.0015, 0.003003,
0#)
```

```

Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(-0.0015, 0.003003, 0#, 0.018501,
0.003003, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.018501, 0.003003, 0#, 0.018501,
0#, 0#)
Set skSegment = Part.SketchManager.CreateLine(0.018501, 0#, 0#, -0.0015, 0#, 0#)
Part.ClearSelection2 True
Part.SketchManager.InsertSketch True
Part.ClearSelection2 True
Part.SelectionManager.EnableContourSelection = False
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(2.45625747001412E-02,
7.12060109719914E-05, 1.14436689058834E-02, 6.04198893708532E-02, -
7.95260435997595E-02, -0.995000022792856, 2.39424504218094E-04, 1, True, 1,
0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(4.47250690016965E-02,
1.95862334564367E-05, 1.07619217715751E-02, 6.04198893708532E-02, -
7.95260435997595E-02, -0.995000022792856, 2.81675887315405E-05, 1, True, 1,
0)
Part.ClearSelection2 True
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(4.46883187768492E-02,
1.74938347640818E-04, 0.010779101317496, 0.107818215201388, -
5.30927917289123E-02, -0.992751926685221, 1.8379032430871E-04, 1, True, 1, 0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(2.47009895642236E-02, -
7.86020022758294E-06, 1.15779124774349E-02, 0.107818215201388, -
5.30927917289123E-02, -0.992751926685221, 1.8379032430871E-04, 1, True, 1, 0)
Part.ClearSelection2 True
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(4.46883187768492E-02,
1.74938347640818E-04, 0.010779101317496, 0.107818215201388, -
5.30927917289123E-02, -0.992751926685221, 1.8379032430871E-04, 1, False, 1, 0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(2.47009895642236E-02, -
7.86020022758294E-06, 1.15779124774349E-02, 0.107818215201388, -
5.30927917289123E-02, -0.992751926685221, 1.8379032430871E-04, 1, True, 1, 0)

```

```

Dim radiiArray0 As Variant
Dim radiis0 As Double
Dim dist2Array0 As Variant
Dim dists20 As Double
Dim conicRhosArray0 As Variant
Dim conirhos0 As Double
Dim setBackArray0 As Variant
Dim setBacks0 As Double
Dim pointArray0 As Variant
Dim points0 As Double
Dim pointDist2Array0 As Variant
Dim pointsDist20 As Double
Dim pointRhoArray0 As Variant
Dim pointsRhos0 As Double
radiiArray0 = radiis0
dist2Array0 = dists20
conicRhosArray0 = conirhos0
setBackArray0 = setBacks0
pointArray0 = points0
pointDist2Array0 = pointsDist20
pointRhoArray0 = pointsRhos0
Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureFillet3(195, 0.008, 0.01, 0, 0, 0, 0,
(radiiArray0), (dist2Array0), (conicRhosArray0), (setBackArray0), (pointArray0),
(pointDist2Array0), (pointRhoArray0))
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(2.47624990425351E-02,
4.62872761986391E-05, -1.16322531433184E-02, 0, 0, 1, 1.52545969176229E-04,
1, True, 1, 0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(4.45486085739225E-02,
9.11537377210544E-05, -1.09225614472734E-02, 0, 0, 1, 1.52545969176229E-04,
1, True, 1, 0)
Part.ClearSelection2 True

```

boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(2.47624990425351E-02,
4.62872761986391E-05, -1.16322531433184E-02, 0, 0, 1, 1.52545969176229E-04,
1, False, 1, 0)

boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(4.45486085739225E-02,
9.11537377210544E-05, -1.09225614472734E-02, 0, 0, 1, 1.52545969176229E-04,
1, True, 1, 0)

Dim radiiArray1 As Variant

Dim radiis1 As Double

Dim dist2Array1 As Variant

Dim dists21 As Double

Dim conicRhosArray1 As Variant

Dim conirhos1 As Double

Dim setBackArray1 As Variant

Dim setBacks1 As Double

Dim pointArray1 As Variant

Dim points1 As Double

Dim pointDist2Array1 As Variant

Dim pointsDist21 As Double

Dim pointRhoArray1 As Variant

Dim pointsRhos1 As Double

radiiArray1 = radiis1

dist2Array1 = dists21

conicRhosArray1 = conirhos1

setBackArray1 = setBacks1

pointArray1 = points1

pointDist2Array1 = pointsDist21

pointRhoArray1 = pointsRhos1

Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureFillet3(195, 0.008, 0.01, 0, 0, 0, 0,
(radiiArray1), (dist2Array1), (conicRhosArray1), (setBackArray1), (pointArray1),
(pointDist2Array1), (pointRhoArray1))

boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(1.70601622934754E-02,
3.40952832423227E-02, -2.91456953605973E-02, -0.147326176716682, -
0.958958440348318, 0.242267842147418, 3.60311701254356E-04, 1, True, 1, 0)

boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(5.19850236742343E-02,
3.40751972753424E-02, 2.95994036536626E-02, -0.147326176716682, -
0.958958440348318, 0.242267842147418, 3.60311701254356E-04, 1, True, 1, 0)

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(1.70601622934754E-02,
3.40952832423227E-02, -2.91456953605973E-02, -0.147326176716682, -
0.958958440348318, 0.242267842147418, 3.60311701254356E-04, 1, False, 1, 0)

boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(5.19850236742343E-02,
3.40751972753424E-02, 2.95994036536626E-02, -0.147326176716682, -
0.958958440348318, 0.242267842147418, 3.60311701254356E-04, 1, True, 1, 0)

Dim radiiArray2 As Variant

Dim radiis2 As Double

Dim dist2Array2 As Variant

Dim dists22 As Double

Dim conicRhosArray2 As Variant

Dim conirhos2 As Double

Dim setBackArray2 As Variant

Dim setBacks2 As Double

Dim pointArray2 As Variant

Dim points2 As Double

Dim pointDist2Array2 As Variant

Dim pointsDist22 As Double

Dim pointRhoArray2 As Variant

Dim pointsRhos2 As Double

radiiArray2 = radiis2

dist2Array2 = dists22

conicRhosArray2 = conirhos2

setBackArray2 = setBacks2

```

pointArray2 = points2
pointDist2Array2 = pointsDist22
pointRhoArray2 = pointsRhos2
Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureFillet3(195, 0.02, 0.01, 0, 0, 0, 0,
(radiiArray2), (dist2Array2), (conicRhosArray2), (setBackArray2), (pointArray2),
(pointDist2Array2), (pointRhoArray2))
boolstatus = Part.DeSelectByID("Скругление3", "BODYFEATURE", 0, 0, 0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(1.68984550072828E-02, -
3.40450781488926E-02, 2.95625155696086E-02, 4.67513841269704E-02,
0.997231661803975, 5.78214560340263E-02, 3.60311701254356E-04, 1, True, 1, 0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(0.052132048586401, -
3.40972653476115E-02, -2.94188913549185E-02, 4.67513841269704E-02,
0.997231661803975, 5.78214560340263E-02, 3.60311701254356E-04, 1, True, 1, 0)
Part.ClearSelection2 True
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(1.68984550072828E-02, -
3.40450781488926E-02, 2.95625155696086E-02, 4.67513841269704E-02,
0.997231661803975, 5.78214560340263E-02, 3.60311701254356E-04, 1, False, 1,
0)
boolstatus = Part.Extension.SelectByRay(0.052132048586401, -
3.40972653476115E-02, -2.94188913549185E-02, 4.67513841269704E-02,
0.997231661803975, 5.78214560340263E-02, 3.60311701254356E-04, 1, True, 1, 0)
Dim radiiArray3 As Variant
Dim radiis3 As Double
Dim dist2Array3 As Variant
Dim dists23 As Double
Dim conicRhosArray3 As Variant
Dim conRhos3 As Double
Dim setBackArray3 As Variant
Dim setBacks3 As Double
Dim pointArray3 As Variant
Dim points3 As Double

```

Dim pointDist2Array3 As Variant

Dim pointsDist23 As Double

Dim pointRhoArray3 As Variant

Dim pointsRhos3 As Double

radiiArray3 = radiis3

dist2Array3 = dists23

conicRhosArray3 = conicRhos3

setBackArray3 = setBacks3

pointArray3 = points3

pointDist2Array3 = pointsDist23

pointRhoArray3 = pointsRhos3

Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureFillet3(195, 0.02, 0.01, 0, 0, 0, 0, (radiiArray3), (dist2Array3), (conicRhosArray3), (setBackArray3), (pointArray3), (pointDist2Array3), (pointRhoArray3))

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз5", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Эскиз5", "SKETCH", 0, 0, 0, False, 0, Nothing, 0)

Part.EditSketch

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line4", "SKETCHSEGMENT", 1.41907716613134E-02, -5.31161658188489E-04, -0.001363110983432, True, 0, Nothing, 0)

Part.ClearSelection2 True

boolstatus = Part.Extension.SelectByID2("Line4", "SKETCHSEGMENT", 1.41907716613134E-02, -5.31161658188489E-04, -0.001363110983432, False, 16, Nothing, 0)

Set myFeature = Part.FeatureManager.FeatureRevolve2(True, True, False, True, False, False, 0, 0, 6.2831853071796, 0, False, False, 0.01, 0.01, 0, 0, 0, True, True, True)

```
Part.SelectionManager.EnableContourSelection = False
```

```
Part.ShowNamedView2 "*Изометрия", 7
```

```
Part.ViewZoomtofit2
```

```
End Sub
```