

**Міністерство освіти і науки України**

**Луцький національний технічний університет**

(повне найменування вищого навчального закладу)

**Факультет транспорту та механічної інженерії**

(повне найменування факультету)

**Кафедра прикладної механіки та мехатроніки**

(повна найменування кафедри)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**МОДЕЛЮВАННЯ ВИКОНАВЧОГО МЕХАНІЗМУ В VR СЕРЕДОВИЩІ З  
МЕТОЮ ПЕРЕВІРКИ ЙОГО ПРАЦЕЗДАТНОСТІ**

спеціальність 131 Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі  
системи»  
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи ІМ-42  
Дудай Віктор Олександрович

(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Сичук Віктор Анатолійович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
Гарант освітньої програми:  
к.т.н., доцент  
Придальний Борис Іванович

(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Транспорту та механічної інженерії

Кафедра Прикладної механіки та мехатроніки

Ступінь вищої освіти: бакалавр

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Р. Редько

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Дудаю Віктору Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1.** Тема кваліфікаційної роботи: Моделювання виконавчого механізму в VR середовищі з метою перевірки його працездатності

Керівник роботи: Сичук Віктор Анатолійович, к.т.н., доцент,

затверджені наказом закладу вищої освіти від «31» грудня 2024 р., № 910/01-07

**2.** Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «01» червня 2025 р.

**3.** Вихідні дані до роботи: Технічні характеристики фрезерного верстата з ЧПК

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

Вступ. 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ. 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ. 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. 4 ОХОРОНА ПРАЦІ. Висновки. Список використаних джерел.

**5.** Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Розвиток VR та XR – 1 ф. А1; 2. Деталі виконавчого механізму – 1 ф. А1; 3. Виконавчий механізм взборі – 1 ф. А1; 4. Послідовність створення деталі фрезеруванням – 1 ф. А1; 5.

Електрична схема та виготовлений виріб – 1 ф. А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

7. Дата видачі завдання

1.03.2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	<i>ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>15.03.25</i>	
2.	<i>КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>11.04.25</i>	
3.	<i>ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ</i>	<i>16.04.25</i>	
4.	<i>ОХОРОНА ПРАЦІ</i>	<i>20.04.25</i>	
5.	<i>Оформлення графічної частини</i>	<i>11.05.25</i>	
6.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>24.05.25</i>	
7.	<i>Представлення роботи до захисту</i>	<i>30.05.25</i>	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Дудай В.О.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Сичук В.А.  
(прізвище та ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Дудай В.О. Моделювання виконавчого механізму в VR середовищі з метою перевірки його працездатності. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

Робота включає в себе наступні питання які були розглянуті: етимологія віртуальної реальності; апаратне та програмне забезпечення необхідне для реалізації віртуальної реальності; моделювання в 3D деталей виконавчого механізму; моделювання збірної одиниці; перевірка функціонування в віртуальній реальності роботи виконавчого механізму; налагодження обробки деталей фрезеруванням; виготовлення деталей на фрезерному верстаті; збирання виробу; електричну схему роботи виконавчого механізму; посібник з охорони здоров'я та безпеки використання віртуальної реальності.

Ключові слова: віртуальна реальність, 3D моделювання, виконавчий механізм.

## Зміст

Вступ.....	.....
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	.....
1.1 Етимологія віртуальної реальності .....	.....
1.2 Форми та методи .....	.....
1.3 Апаратне забезпечення.....	.....
1.4 Візуальне занурення.....	.....
1.5 Застосування.....	.....
1.6 Висновки щодо розділу .....	.....
2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	.....
2.1 Моделювання в 3D траєкторного основного диску .....	.....
2.2 Результат 3D моделювання інших необхідних деталей.....	.....
2.3 Моделювання збірки деталей в один суцільний вузол.....	.....
2.4 Моделювання руху виконавчого механізму та перегляд роботи в VR.....	.....
2.5 Висновок щодо розділу .....	.....
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	.....
3.1 Налагодження процесу фрезерного оброблення деталі виконавчого механізму.....	.....
3.2 Розробка електричної схеми роботи виконавчого механізму .....	.....
3.3 Виготовлення елементів виконавчого механізму.....	.....
3.4 Висновки щодо розділу.....	.....
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	.....
4.1 Посібник з охорони здоров'я та безпеки використання віртуальної реальності.....	.....
4.2 6 важливих порад щодо безпеки у віртуальній реальності, про які вам слід знати.....	.....
4.3 Висновки щодо розділу.....	.....
Висновок.....	.....
Список використаних джерел.....	.....
Додатки.....	.....

## ВСТУП

### **Важливість та використання VR-технологій в інженерно-технічній діяльності**

Сучасні технології віртуальної реальності (VR, від англ. Virtual Reality) стрімко змінюють підходи до виконання складних інженерно-технічних завдань. VR-технології дозволяють створювати комп'ютерно змодельовані тривимірні середовища, у яких користувач може взаємодіяти з об'єктами у режимі реального часу. Це відкриває широкі можливості для підвищення ефективності проектування, навчання, тестування та обслуговування технічних систем.

Однією з ключових переваг VR є можливість безпечного і економічно вигідного моделювання складних процесів і об'єктів ще на етапі проектування. Наприклад, за допомогою VR можна створити віртуальний прототип машини, будівлі або механізму, що дає змогу перевірити його роботу, ергономіку, конструктивні особливості без необхідності виготовлення фізичного зразка. Це значно знижує витрати на розробку та зменшує ризик помилок.

У промисловості VR активно використовується для візуалізації складних проектів, зокрема у машинобудуванні, будівництві, авіації та суднобудуванні. Інженери можуть "зануритися" у віртуальне середовище, детально оглянути конструкцію об'єкта, виявити недоліки або неузгодженості на ранніх етапах. Завдяки цьому скорочується час на розробку, а якість кінцевого продукту суттєво підвищується.

Важливою сферою застосування VR є підготовка фахівців. За допомогою віртуальних тренажерів майбутні інженери можуть практикувати роботу з дорогим чи небезпечним обладнанням без ризику для здоров'я чи матеріальних збитків. Такі тренажери широко використовуються для навчання операторів промислових верстатів, технічного персоналу нафтогазової галузі, енергетики та авіації. VR-тренінги дозволяють відтворювати аварійні ситуації та відпрацьовувати алгоритми дій у стресових умовах.

Крім того, VR-технології набувають популярності у сфері технічного обслуговування та ремонту. За допомогою доповненої або змішаної реальності (яка є складовою VR-технологій) фахівці можуть отримувати наочні підказки або інструкції безпосередньо під час виконання робіт. Це значно полегшує обслуговування складних технічних систем, знижує ймовірність помилок та підвищує безпеку праці.

Також VR активно застосовується у проектуванні об'єктів інфраструктури, таких як заводи, транспортні вузли чи енергетичні установки. Віртуальні тури по майбутніх об'єктах дозволяють краще зрозуміти їх функціональність, оптимізувати планування робочого простору та уникнути конструктивних прорахунків.

У підсумку, технології віртуальної реальності є потужним інструментом для підвищення ефективності, точності та безпеки інженерно-технічної діяльності. Їхнє подальше впровадження сприятиме скороченню витрат, зменшенню кількості помилок, покращенню підготовки кадрів та відкриє нові горизонти для технічного прогресу.

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Етимологія віртуальної реальності

Проаналізуємо матеріали викладені в джерелі [3].

Віртуальна реальність (VR) — це симульований досвід, який використовує 3D-дисплеї поблизу ока та відстеження пози, щоб дати користувачеві відчуття занурення у віртуальний світ. Застосування віртуальної реальності включає розваги (зокрема відеоігри), освіту (наприклад, медицину, безпеку чи військову підготовку) та бізнес (наприклад, віртуальні зустрічі). VR є однією з ключових технологій у континуумі реальності-віртуальності. Як така, вона відрізняється від інших рішень цифрової візуалізації, таких як доповнена віртуальність та доповнена реальність.



Рисунок 1.1 – Дослідники Європейського космічного агентства в Дармштадті, Німеччина, оснащені гарнітурою віртуальної реальності та контролерами руху, демонструють, як астронавти можуть використовувати віртуальну реальність у майбутньому для навчання гасінню пожежі всередині місячного середовища існування.

Наразі стандартні системи віртуальної реальності використовують або гарнітури віртуальної реальності, або багатопроєкційні середовища для створення реалістичних зображень, звуків та інших відчуттів, що імітують фізичну

присутність користувача у віртуальному середовищі. Людина, яка використовує обладнання віртуальної реальності, може оглядати штучний світ, переміщатися в ньому та взаємодіяти з віртуальними функціями чи предметами. Ефект зазвичай створюється за допомогою гарнітур віртуальної реальності, що складаються з дисплея, встановленого на голові, з невеликим екраном перед очима, але його також можна створити за допомогою спеціально розроблених кімнат з кількома великими екранами. Віртуальна реальність зазвичай включає слуховий та відеозворотний зв'язок, але також може дозволяти інші типи сенсорного та силового зворотного зв'язку за допомогою тактильної технології.

«Віртуальний» має значення «бути чимось за своєю суттю чи ефектом, хоча й не фактично чи фактично» з середини 15 століття. Термін «віртуальний» використовується в комп'ютерному значенні «фізично не існуючий, а створений для появи за допомогою програмного забезпечення» з 1959 року.

У 1938 році французький авангардний драматург Антонен Арто описав ілюзорну природу персонажів та об'єктів у театрі як «віртуальну реальність» у збірці есе «Театр і його подвійний». Англійський переклад цієї книги, опублікований у 1958 році під назвою «Театр і його двійник», є найдавнішим опублікованим використанням терміна «віртуальна реальність». Термін «штучна реальність», введений Майроном Крюгером, використовується з 1970-х років. Термін «віртуальна реальність» вперше був використаний у науково-фантастичному контексті в романі Демієна Бродеріка «Мандала Юди» 1982 року.

Широке вживання терміну «віртуальна реальність» у популярних ЗМІ пов'язане з Джароном Ланьєром, який наприкінці 1980-х років розробив одне з перших апаратних засобів віртуальної реальності бізнес-класу під керівництвом своєї фірми VPL Research, а також з фільмом 1992 року «Газонокосач», у якому використовуються системи віртуальної реальності.

## **1.2 Форми та методи**

Один із методів реалізації віртуальної реальності – це віртуальна реальність на основі симуляції. Наприклад, симулятори водіння створюють у водія враження

справжнього керування транспортним засобом, прогнозуючи рух транспортного засобу на основі введених ним даних та надаючи відповідні візуальні, рухові та звукові підказки.

Завдяки віртуальній реальності на основі зображень аватарів люди можуть долучитися до віртуального середовища у формі реального відео, а також аватара. Можна брати участь у розподіленому 3D-віртуальному середовищі у формі звичайного аватара або реального відео. Користувачі можуть вибрати власний тип участі залежно від можливостей системи.

У віртуальній реальності на основі проектора моделювання реального середовища відіграє життєво важливу роль у різних застосуваннях віртуальної реальності, включаючи навігацію роботів, моделювання будівництва та симуляцію літаків. Системи віртуальної реальності на основі зображень набувають популярності в спільнотах комп'ютерної графіки та комп'ютерного зору. При створенні реалістичних моделей важливо точно реєструвати отримані 3D-дані; зазвичай камера використовується для моделювання невеликих об'єктів на невеликій відстані.



Рисунок 1.2 – Оператор, який керує робочою станцією віртуального інтерфейсу (VIEW) у NASA Ames приблизно у 1990 році

Віртуальна реальність на базі робочого столу передбачає відображення 3D-віртуального світу на звичайному дисплеї робочого столу без використання спеціалізованого обладнання для відстеження позиції VR. Як приклад можна

навести багато сучасних відеоігор від першої особи, які використовують різні тригери, реагуючих персонажів та інші подібні інтерактивні пристрої, щоб користувач відчув себе у віртуальному світі. Поширеною критикою цієї форми занурення є відсутність відчуття периферійного зору, що обмежує здатність користувача знати, що відбувається навколо нього.

Шоломний дисплей (HMD) повніше занурює користувача у віртуальний світ. Гарнітура віртуальної реальності зазвичай включає два невеликі OLED- або LCD-монітори високої роздільної здатності, які забезпечують окремі зображення для кожного ока для стереоскопічної графіки, що візуалізує 3D-віртуальний світ, бінауральну аудіосистему, позиційне та обертальне відстеження голови в реальному часі для шести ступенів руху. Опції включають керування рухом з тактильним зворотним зв'язком для фізичної взаємодії у віртуальному світі інтуїтивно зрозумілим способом з мінімальною абстракцією або без неї, а також всенаправлену бігову доріжку для більшої свободи фізичного руху, що дозволяє користувачеві виконувати рух локомотива в будь-якому напрямку.

Доповнена реальність (AR) – це тип технології віртуальної реальності, яка поєднує те, що користувач бачить у своєму реальному оточенні, з цифровим контентом, згенерованим комп'ютерним програмним забезпеченням. Додаткові зображення, згенеровані програмним забезпеченням, з віртуальною сценою зазвичай певним чином покращують вигляд реального оточення. Системи AR нашаровують віртуальну інформацію на пряму трансляцію з камери, що передається в гарнітуру, смарт-окуляри або через мобільний пристрій, надаючи користувачеві можливість переглядати тривимірні зображення.

Змішана реальність (ЗР) – це об'єднання реального та віртуального світів для створення нових середовищ та візуалізацій, де фізичні та цифрові об'єкти співіснують та взаємодіють у режимі реального часу.



Рисунок 1.3 – Бігова доріжка Omni використовується на VR-конференції



Рисунок 1.4 – Боець Національної гвардії Міссурі дивиться на навчальний головний дисплей віртуальної реальності у Форт-Леонард-Вуд у 2015 році.

Кіберпростір іноді визначають як мережеву віртуальну реальність. Імітована реальність – це гіпотетична віртуальна реальність, яка настільки ж захоплива, як і фактична реальність, що дозволяє отримати розширений реалістичний досвід або навіть віртуальну вічність.

### **1.3 Апаратне забезпечення**

Сучасні дисплеї гарнітур віртуальної реальності базуються на технологіях, розроблених для смартфонів, включаючи: гіроскопи та датчики руху для відстеження положення голови, тіла та рук; невеликі HD-екрани для стереоскопічних дисплеїв; та невеликі, легкі та швидкі комп'ютерні процесори. Ці

компоненти призвели до відносної доступності для незалежних розробників VR та призвели до того, що у 2012 році на Kickstarter Oculus Rift була запропонована перша незалежно розроблена VR-гарнітура.

Незалежне виробництво VR-зображень та відео зросло разом з розвитком доступних всеспрямованих камер, також відомих як 360-градусні камери або VR-камери, які мають можливість записувати інтерактивну 360-градусну фотографію, хоча й з відносно низькою роздільною здатністю або у високостиснутих форматах для онлайн-трансляції 360-градусного відео. На противагу цьому, фотограмметрія все частіше використовується для поєднання кількох фотографій високої роздільної здатності для створення детальних 3D-об'єктів та середовищ у VR-додатках. Щоб створити відчуття занурення, потрібні спеціальні пристрої виведення для відображення віртуальних світів. До відомих форматів належать дисплеї, що кріпляться на голові, або CAVE. Щоб передати просторове враження, генеруються два зображення та відображаються з різних точок зору (стереопроекція). Існують різні технології для відображення відповідного зображення на правому оці. Розрізняють активні (наприклад, окуляри із затвором) та пасивні технології (наприклад, поляризаційні фільтри або Infitec).

Для покращення відчуття занурення, носимі багатострунні кабелі пропонують тактильні відчуття для складних геометрій у віртуальній реальності. Ці струни забезпечують точне керування кожним суглобом пальця, щоб імітувати тактильні відчуття, пов'язані з дотиком до цих віртуальних геометрій. Для взаємодії з віртуальним світом потрібні спеціальні пристрої введення. Деякі з найпоширеніших пристроїв введення - це контролери руху та оптичні датчики відстеження. У деяких випадках використовуються дровові рукавички. Контролери зазвичай використовують оптичні системи відстеження (в основному інфрачервоні камери) для визначення місцезнаходження та навігації, щоб користувач міг вільно рухатися без проводів. Деякі пристрої введення забезпечують користувачеві зворотний зв'язок по зусиллю на руки або інші частини тіла, щоб користувач міг орієнтуватися у тривимірному світі за допомогою тактильних відчуттів та сенсорних технологій як додаткового

сенсорного відчуття та виконувати реалістичні симуляції. Це дозволяє глядачеві мати відчуття напрямку у штучному ландшафті. Додатковий тактильний зворотний зв'язок можна отримати за допомогою всеспрямованих бігових доріжок (за допомогою яких ходьба у віртуальному просторі контролюється реальними рухами ходьби), а також вібраційних рукавичок і костюмів.

Камери віртуальної реальності можна використовувати для створення VR-фотографії за допомогою панорамних відео на 360 градусів. VR-камери доступні в різних форматах з різною кількістю об'єктивів, встановлених у камері.

### **Програмне забезпечення**

Програмне забезпечення Мова моделювання віртуальної реальності (VRML), вперше представлена в 1994 році, була призначена для розробки «віртуальних світів» без залежності від гарнітур. Згодом, у 1997 році, було засновано консорціум Web3D для розробки галузевих стандартів для веб-3D-графіки. Згодом консорціум розробив X3D на основі фреймворку VRML як архівний стандарт з відкритим вихідним кодом для веб-розповсюдження VR-контенту. WebVR — це експериментальний інтерфейс прикладного програмування (API) на JavaScript, який забезпечує підтримку різних пристроїв віртуальної реальності, таких як HTC Vive, Oculus Rift, Google Cardboard або OSVR, у веббраузері.

## **1.4 Візуальне занурення**

### **Роздільна здатність дисплея**

Мінімальний кут роздільної здатності (MAR) стосується мінімальної відстані між двома пікселями дисплея. На певній відстані глядач може чітко розрізнити незалежні пікселі. MAR між двома пікселями, який часто вимірюється в дугових секундах, пов'язаний з відстанню перегляду. Для широкого загалу роздільна здатність становить приблизно 30–65 дугових секунд, що називається просторовою роздільною здатністю в поєднанні з відстанню. Враховуючи відстань перегляду 1 м та 2 м відповідно, звичайні глядачі не зможуть сприймати

два пікселі як окремі, якщо вони знаходяться на відстані менше 0,29 мм один від одного на відстані 1 м та менше 0,58 мм один від одного на відстані 2 м.

### **Затримка зображення та частота оновлення дисплея**

Більшість дисплеїв малого розміру мають частоту оновлення 60 Гц, що додає приблизно 15 мс додаткової затримки. Число зменшується до менш ніж 7 мс, якщо частоту оновлення збільшувати до 120 Гц або навіть 240 Гц і більше. Учасники загалом вважають, що завдяки вищій частоті оновлення враження є більш захопливим. Однак вища частота оновлення вимагає потужнішого графічного процесора.

### **Зв'язок між дисплеєм та полем зору**

Оцінюючи досягнутий рівень занурення за допомогою VR-пристрою, нам потрібно враховувати наше поле зору (FOV) на додаток до якості зображення. Наші очі мають горизонтальне FOV від приблизно 107 або 110 градусів у скроневу сторону до приблизно 60 або 70 градусів у напрямку носа та вертикальне FOV від приблизно 95 градусів вниз до 85 градусів вгору, а рухи очей оцінюються приблизно як 30 градусів в кожную сторону по горизонталі та 20 градусів по вертикалі. Бінокулярний зір обмежений 120 або 140 градусами, де праве та ліве поля зору перекриваються. При рухах очей ми маємо FOV приблизно 300 градусів x 175 градусів для двох очей, тобто приблизно одну третину повної 360-градусної сфери.

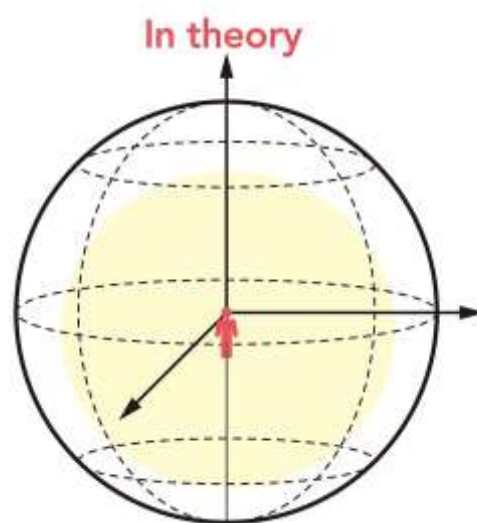


Рисунок 1.5 – Теоретично, VR представляє поле зору учасника.

## 1.5 Застосування

Віртуальна реальність найчастіше використовується в розважальних програмах, таких як відеоігри, 3D-кінотеатр, атракціони в парках розваг, включаючи темні атракціони, та соціальні віртуальні світи. Споживчі гарнітури віртуальної реальності вперше були випущені компаніями-виробниками відеоігор на початку-середині 1990-х років. Починаючи з 2010-х років, Oculus (Rift), HTC (Vive) та Sony (PlayStation VR) випустили комерційні гарнітури наступного покоління, що започаткувало нову хвилю розробки додатків. 3D-кінотеатр використовувався для спортивних подій, порнографії, образотворчого мистецтва, музичних відеокліпів та короткометражних фільмів. З 2015 року американські гірки та тематичні парки включають віртуальну реальність, щоб поєднати візуальні ефекти з тактильним зворотним зв'язком. VR не тільки відповідає тенденціям цифрової індустрії, але й покращує візуальний ефект фільму. Фільм надає глядачам більше способів взаємодії за допомогою технології VR.

У соціальних науках та психології віртуальна реальність пропонує економічно ефективний інструмент для вивчення та відтворення взаємодій у контрольованому середовищі. Її можна використовувати як форму терапевтичного втручання. Наприклад, є випадок терапії експозиції віртуальної реальності (VRET), форми експозиційної терапії для лікування тривожних розладів, таких як посттравматичний стресовий розлад (ПТСР) та фобій. VR-терапія була розроблена, щоб допомогти людям з психозом та агорафобією керувати уникненням зовнішнього середовища. Під час терапії користувач одягає гарнітуру, а віртуальний персонаж надає психологічні поради та скеровує його під час дослідження симульованих середовищ (таких як кафе чи жвава вулиця). NICE оцінює терапію, щоб з'ясувати, чи слід її рекомендувати в Національній службі охорони здоров'я (NHS). Під час пандемії COVID-19 соціальна VR також використовувалася як інструмент психічного здоров'я у формі самостійної нетрадиційної когнітивно-поведінкової терапії. Програми віртуальної реальності використовуються в процесах реабілітації людей похилого віку, яким діагностували хворобу Альцгеймера. Це дає цим пацієнтам похилого віку

можливість імітувати реальний досвід, який вони інакше не змогли б пережити через свій поточний стан. 17 нещодавніх досліджень з рандомізованими контрольованими випробуваннями показали, що застосування віртуальної реальності ефективно в лікуванні когнітивних дефіцитів з неврологічними діагнозами. Втрата мобільності у літніх пацієнтів може призвести до відчуття самотності та депресії. Віртуальна реальність здатна допомогти зробити старіння на місці рятівним колом до зовнішнього світу, в якому їм важко орієнтуватися. Віртуальна реальність дозволяє проводити експозиційну терапію в безпечному середовищі. У медицині симульовані хірургічні середовища VR вперше були розроблені в 1990-х роках. Під наглядом експертів VR може забезпечити ефективно та повторюване навчання за низькою ціною, дозволяючи стажерам розпізнавати та виправляти помилки в міру їх виникнення. Віртуальна реальність використовується у фізичній реабілітації з 2000-х років. Незважаючи на численні проведені дослідження, бракує якісних доказів її ефективності порівняно з іншими методами реабілітації без складного та дорогого обладнання для лікування хвороби Паркінсона. Огляд 2018 року щодо ефективності дзеркальної терапії за допомогою віртуальної реальності та робототехніки для будь-якого типу патології дійшов аналогічних висновків. Було проведено ще одне дослідження, яке показало потенціал VR для сприяння мімікрії та виявило різницю між неаутичними та аутичними людьми в їхній реакції на двовимірний аватар.

Технологія віртуальної реальності з імерсивним керуванням міоелектричними сигналами та відстеженням руху може бути можливим варіантом терапії для лікування фантомного болю в кінцівках, стійкого до лікування. Були враховані вимірювання шкали болю, і було розроблено інтерактивне 3D-середовище кухні на основі принципів дзеркальної терапії, щоб дозволити керування віртуальними руками під час носіння VR-гарнітури з відстеженням руху. Було проведено систематичний пошук у Pubmed та Embase для визначення результатів, які були об'єднані у двох метааналізах. Метааналіз показав значний результат на користь VRT для балансу.

У швидкоплинному та глобалізованому бізнес-світі зустрічі у VR використовуються для створення середовища, в якому взаємодія з іншими людьми (наприклад, колегами, клієнтами, партнерами) може бути більш природною, ніж телефонний дзвінок або відеочат. У налаштовуваних кімнатах для переговорів усі сторони можуть приєднатися за допомогою VR-гарнітури та взаємодіяти так, ніби вони знаходяться в одній фізичній кімнаті. Можна завантажувати та взаємодіяти з презентаціями, відео або 3D-моделями (наприклад, продуктів або прототипів). Порівняно з традиційною текстовою СМС, взаємодія на основі аватарів у віртуальному 3D-середовищі призводить до вищого рівня консенсусу, задоволення та згуртованості між членами групи.

VR може імітувати реальні робочі простори для цілей безпеки та гігієни праці на робочому місці, освітніх цілей та навчальних цілей. Вона може бути використана для надання учням віртуального середовища, де вони можуть розвивати свої навички без реальних наслідків невдачі. Вона використовувалася та вивчалася в початковій освіті, викладанні анатомії, військовій справі, підготовці космонавтів, авіасимуляторах, навчанні гірничодобувним та металургійним операціям, медичній освіті, географічній освіті, архітектурному проектуванні, підготовці водіїв та інспекції мостів. Імерсивні інженерні системи VR дозволяють інженерам бачити віртуальні прототипи до появи будь-яких фізичних прототипів. Стверджується, що доповнення навчання віртуальними навчальними середовищами пропонує шляхи реалізму у військовій та медичній підготовці, мінімізуючи витрати. Також стверджується, що це зменшує витрати на військову підготовку, мінімізуючи кількість боєприпасів, що витрачаються під час навчальних періодів. VR може бути використана для навчання та освіти медичних працівників у сфері охорони здоров'я. Крім того, було розроблено кілька застосувань для різних видів навчання з безпеки. Останні результати показують, що навчання з безпеки віртуальної реальності є ефективнішим за традиційне навчання з точки зору отримання та збереження знань.

У галузі інженерії віртуальна реальність (VR) виявилася дуже корисною як для викладачів інженерних спеціальностей, так і для студентів. Раніше дорога

вартість послуг у освітньому відділі, яка тепер стала набагато доступнішою завдяки зниженню загальних витрат, виявилася дуже корисним інструментом у навчанні майбутніх інженерів. Найважливішим елементом є можливість для студентів взаємодіяти з 3D-моделями, які точно реагують на реальні можливості. Цей додатковий інструмент навчання забезпечує багато можливостей занурення, необхідних для розуміння складних тем та їх застосування. Як зазначалося, майбутні архітектори та інженери отримують велику користь, маючи можливість формувати розуміння просторових відносин та пропонувати рішення на основі реальних майбутніх застосувань.

Перший віртуальний світ образотворчого мистецтва був створений у 1970-х роках. З розвитком технологій протягом 1990-х років створювалося більше художніх програм, включаючи художні фільми. Коли комерційно доступні технології стали більш поширеними, VR-фестивалі почали з'являтися в середині 2010-х років. Перше використання VR у музейних умовах почалося в 1990-х роках, а в середині 2010-х років спостерігалось значне зростання. Крім того, музеї почали робити частину свого контенту доступною для віртуальної реальності.

Зростаючий ринок віртуальної реальності представляє можливості та альтернативний канал для цифрового маркетингу. Він також розглядається як нова платформа для електронної комерції, зокрема, у спробі кинути виклик традиційним роздрібним торговцям. Однак дослідження 2018 року показало, що більшість товарів все ще купується у фізичних магазинах.

У випадку освіти, використання віртуальної реальності продемонструвало свою здатність сприяти мисленню вищого порядку, стимулювати інтерес та відданість студентів, здобувати знання, розвивати розумові звички та розуміння, які загалом корисні в академічному контексті.



Рисунок 1.6 – Санітар госпіталю ВМС США демонструє симулятор парашута у віртуальній реальності в Інституті виживання Військово-морської підготовки у 2006 році

Також було висунуто аргументи на користь включення технології віртуальної реальності в контекст публічних бібліотек. Це надало б користувачам бібліотек доступ до передових технологій та унікального освітнього досвіду. Це може включати надання користувачам доступу до віртуальних, інтерактивних копій рідкісних текстів та артефактів, а також до екскурсій відомими пам'ятками та археологічними розкопками (як у випадку з Віртуальним проектом Ганджалі Хана).

Починаючи з початку 2020-х років, віртуальна реальність також обговорювалася як технологічне середовище, яке може підтримувати процес жалоби людей, заснований на цифрових відтвореннях померлих. У 2021 році ця практика отримала значну увагу ЗМІ після південнокорейського телевізійного документального фільму, в якому скорботну матір запросили взаємодіяти з віртуальною копією своєї померлої доньки. Згодом вчені підсумували кілька потенційних наслідків таких зусиль, включаючи їх потенціал для сприяння адаптивному жалобі, а також багато етичних проблем.

Зростаючий інтерес до метавсесвіту призвів до організаційних зусиль щодо включення багатьох різноманітних застосувань віртуальної реальності в

екосистеми, такі як VIVERSE, що, як повідомляється, пропонує зв'язок між платформами для широкого спектру використання.

### **1.6 Висновки щодо розділу**

В даному розділі проаналізовано етимологію віртуальної реальності, її форми та методи. Оцінено апаратне та програмне забезпечення необхідне для коректної роботи системи віртуальної реальності. Проаналізовано сфери застосування даної сучасної технології.

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

### 2.1 Моделювання в 3D траєкторного основного диску

Для перевірки працездатності роботи виконавчого механізму було вирішено розробити складний кінематичний механізм в якому реалізовані складні та на перший погляд непередбачувані рухи. Отже в програмному забезпеченні SolidWorks наведемо приклад побудови траєкторного основного диску.

Отже для початку в режимі ескізу будемо коло з необхідним діаметром (рис. 2.1).

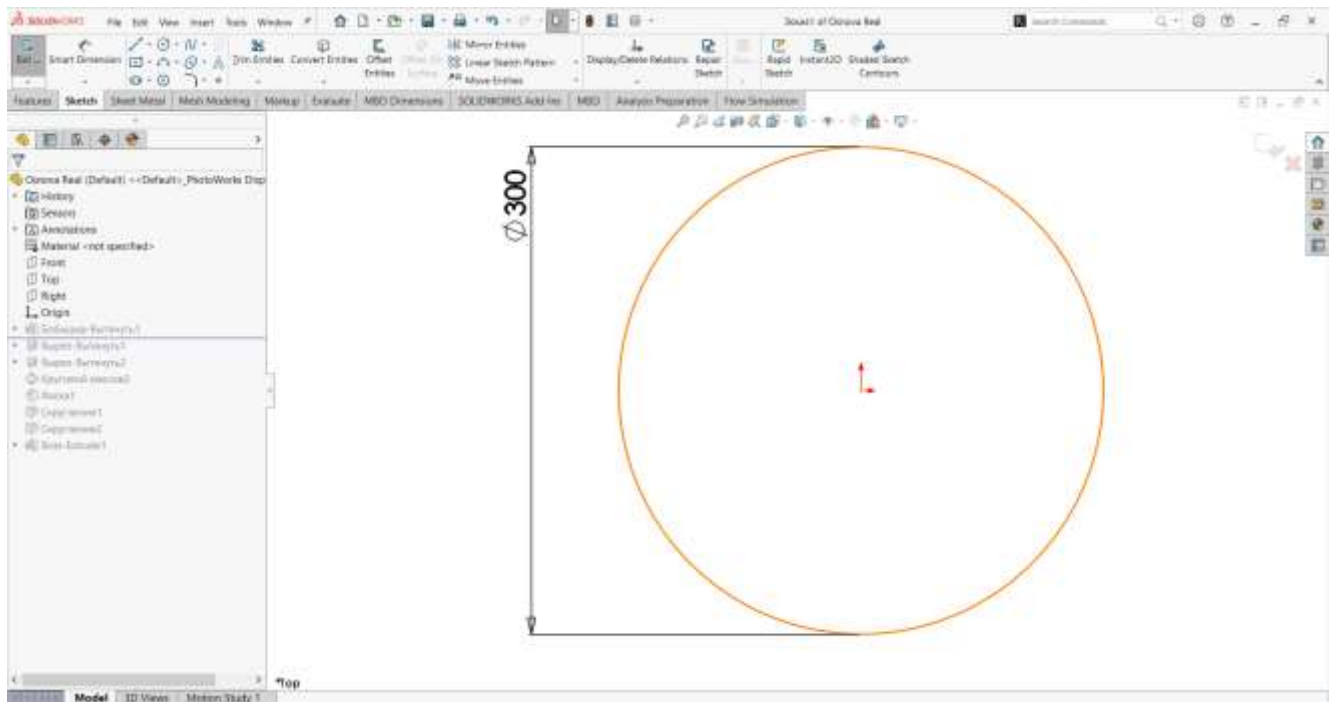


Рисунок 2.1 – Побудова основи в режимі ескізу.

Далі дане коло за допомогою функції Extruded Boss витягуємо на визначену товщину 40мм.

Далі аналогічним способом, але уже з застосуванням функції Extruded Cut робимо деяку кайомку в попередньо змодельованому диску. Результат роботи представимо на рисунку 2.2.

Далі виберемо площину «Перед» та в режимі ескізу побудуємо коло визначеного діаметру та виріжемо його з суцільного диску, тобто виріз йде з центру диска назовні. Результат приведено на рисунку 2.3.

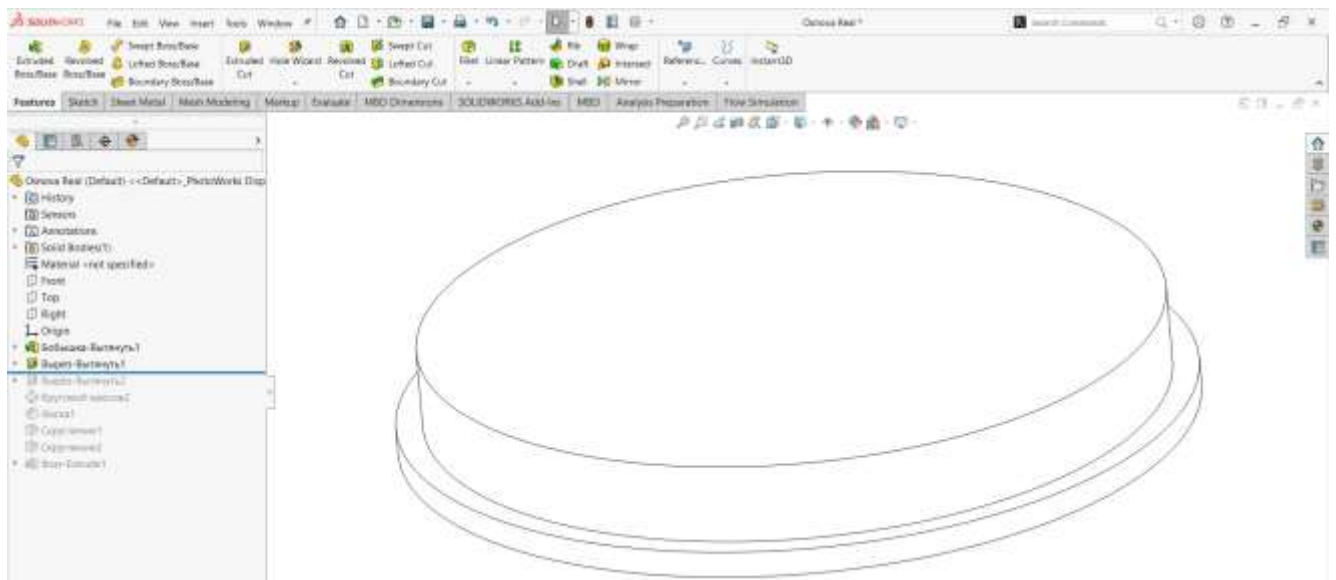


Рисунок 2.2 – Побудова кайомки дискової деталі.

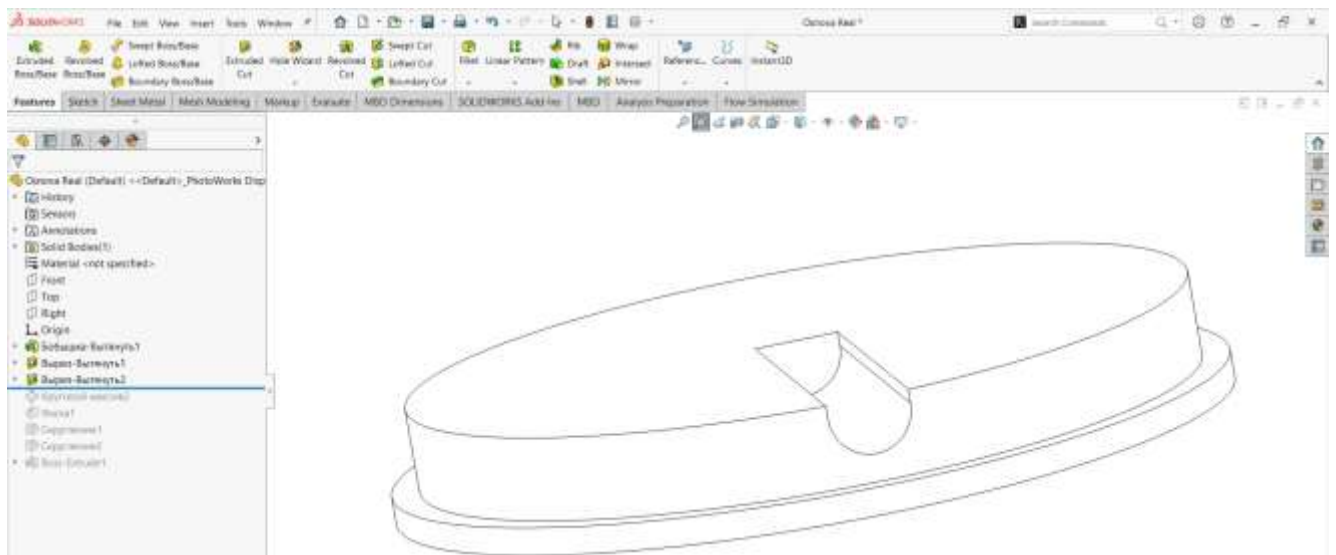


Рисунок 2.3 – Побудова циліндричного вирізу в диску.

Далі за допомогою функції кругового масиву даний виріз масивимо по колу на кількість 16 вирізів (рис 2.4).

В якості результату отримуємо 3D модель диску з рельєфними вирізами (рис. 2.5).

Надалі для забезпечення плавності руху виконавчого механізму на гострих кромках необхідно зробити фаски. Відповідно результат роботи наведено на рисунку 2.6.

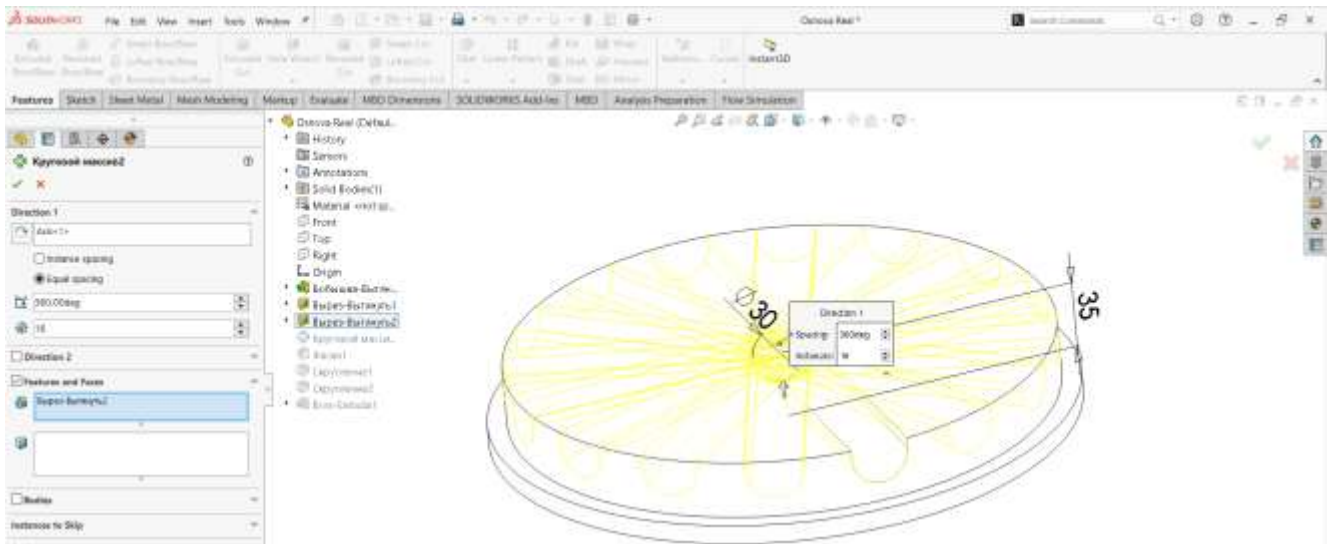


Рисунок 2.4 – Налаштування кругового масиву вирізу циліндричних отворів.

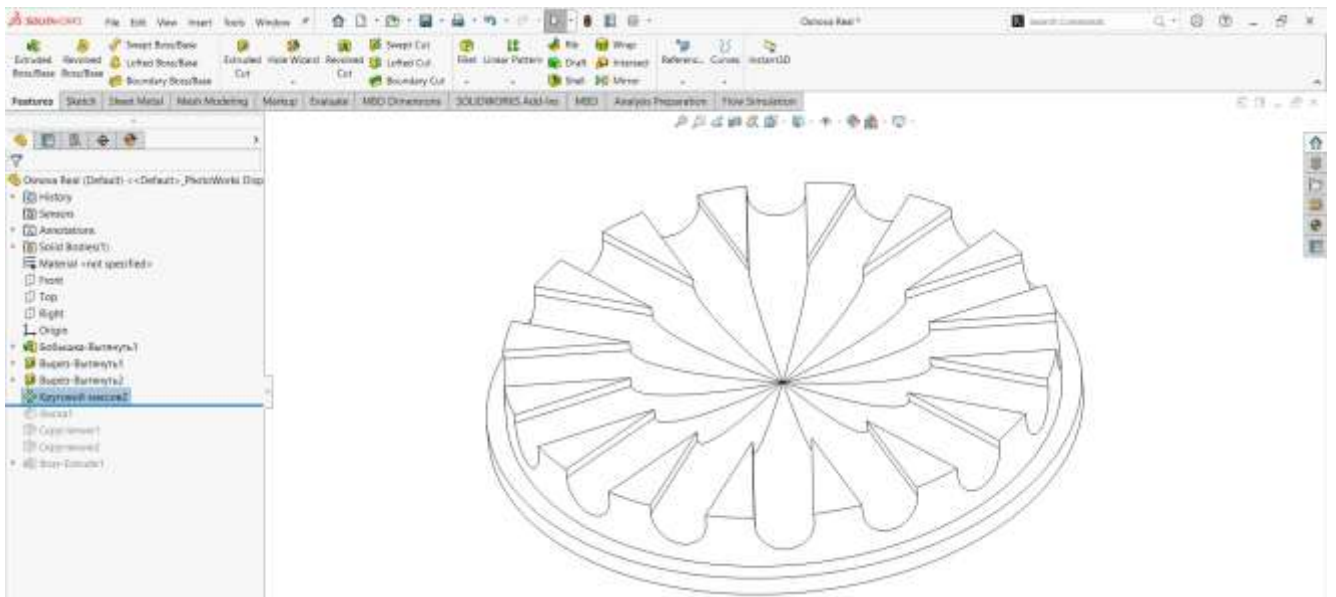


Рисунок 2.5 – Результат роботи щодо масиву циліндричних отворів.

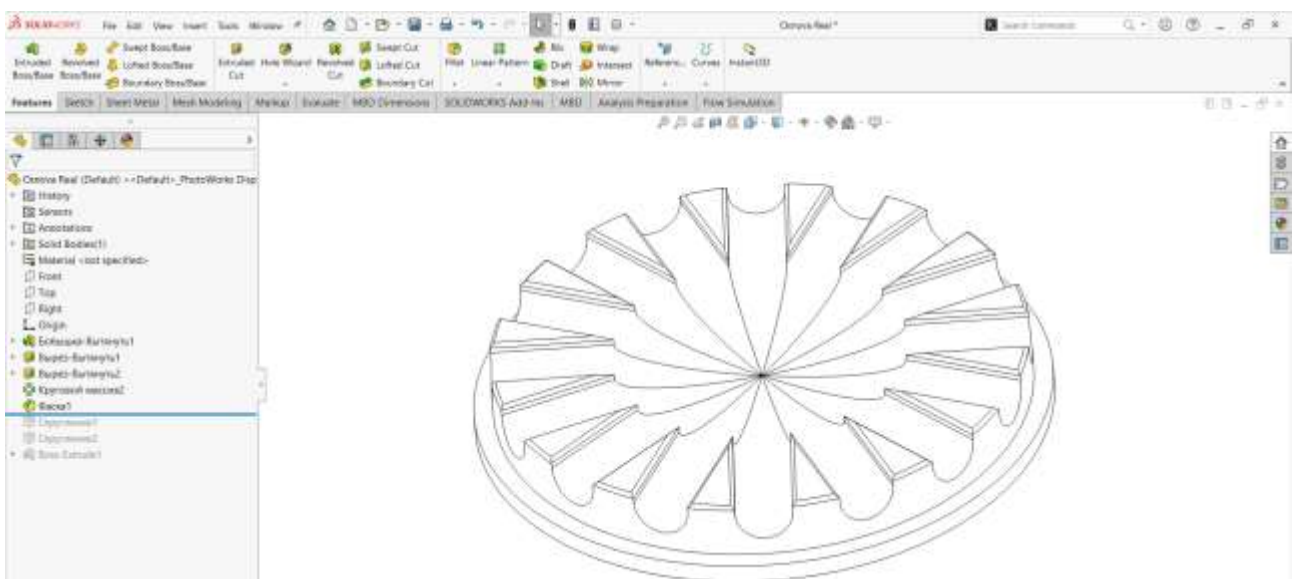


Рисунок 2.6 – Затушення гострих кромek.

Надалі внутрішнім гострим ребрам деталі варто додати заокруглення для забезпечення плавності ходу механізму (рис. 2.7.).

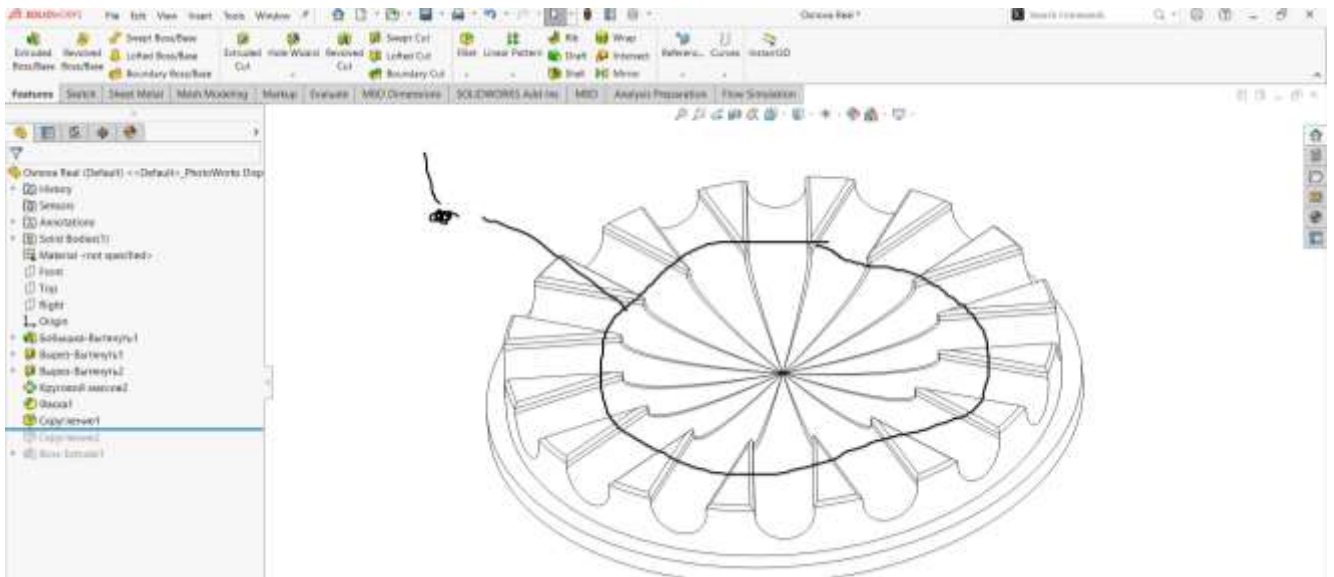


Рисунок 2.7 – Скруглення гострих кромek.

Також важливим є заокруглення гострих кромek частини диску на виході (рис. 2.8), тобто щоб рухомий елемент не отримував опору від контакту з даною деталлю.

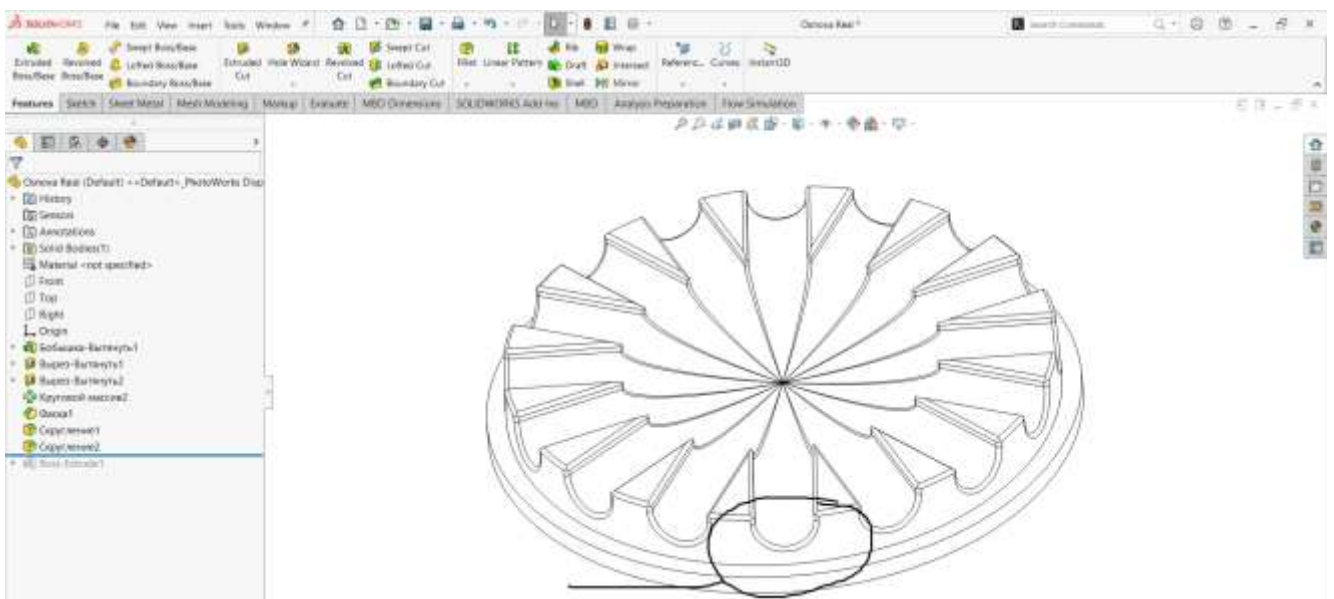


Рисунок 2.8 – Скруглення гострих кромek на виході з диску.

Для забезпечення зручності подальшої збірки 3D моделі в одну збірну одиницю варто змоделювати допоміжний хрестоподібний елемент на нижній частині деталі траєкторний диск (рис. 2.9).

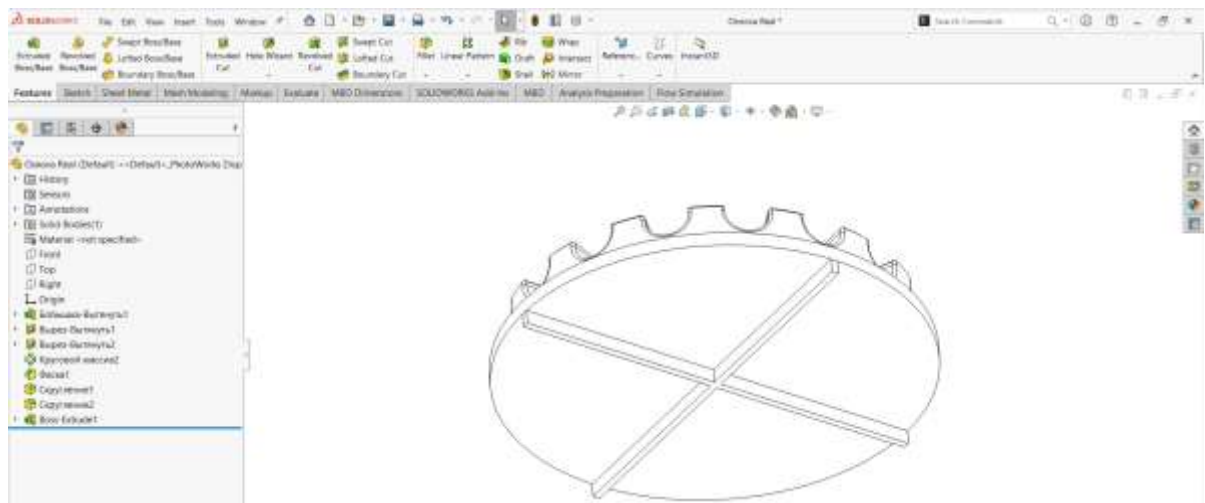


Рисунок 2.9 – Допоміжний елемент – хрестоподібне витягування.

Здійснивши моделювання даної деталі аналогічним подібним чином будуються і інші деталі з використанням розширених функцій SolidWorks.

## 2.2 Результат 3D моделювання інших необхідних деталей

Подібним способом будуються й усі інші важливі складові виконавчого механізму. Подальші рисунки відображають результат 3D моделювання.

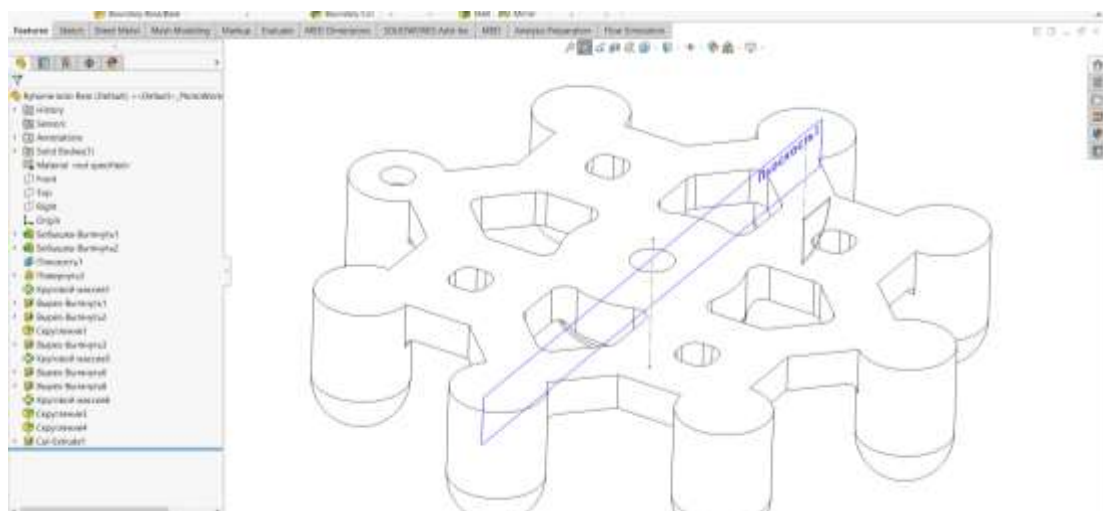


Рисунок 2.10 – Траєкторне колесо.

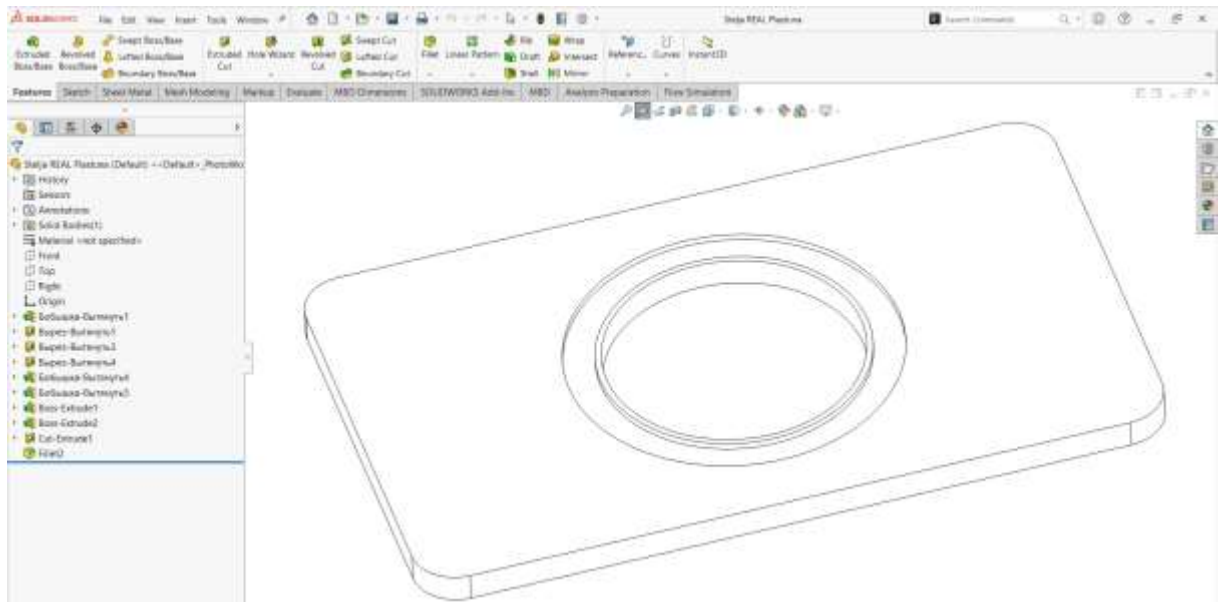


Рисунок 2.10 – Кришка.

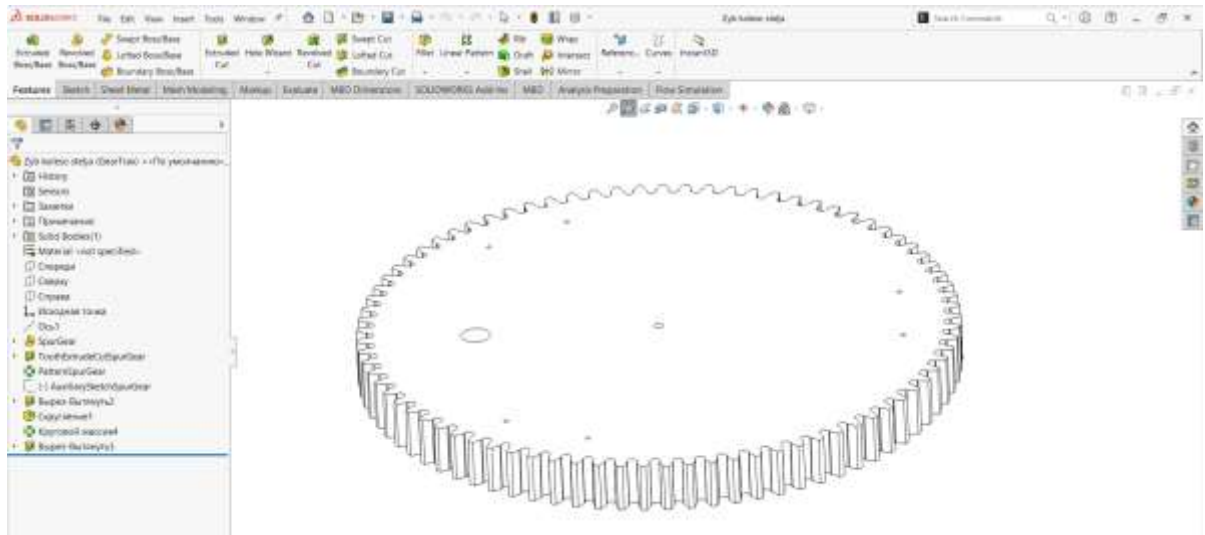


Рисунок 2.11 – Ведене колесо.

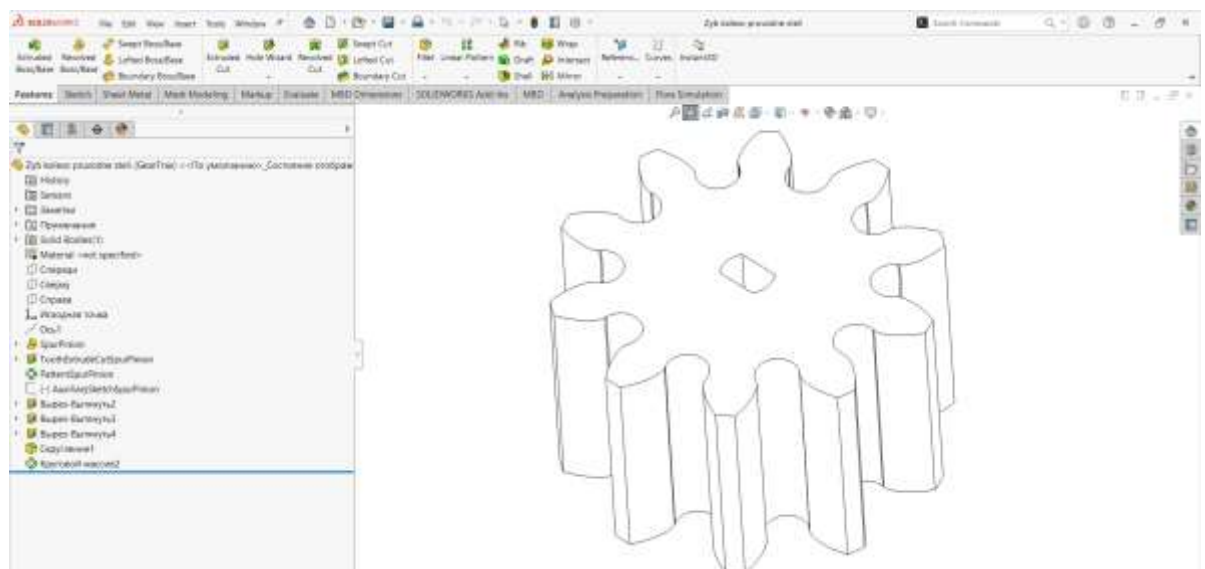


Рисунок 2.12 – Приводне колесо.

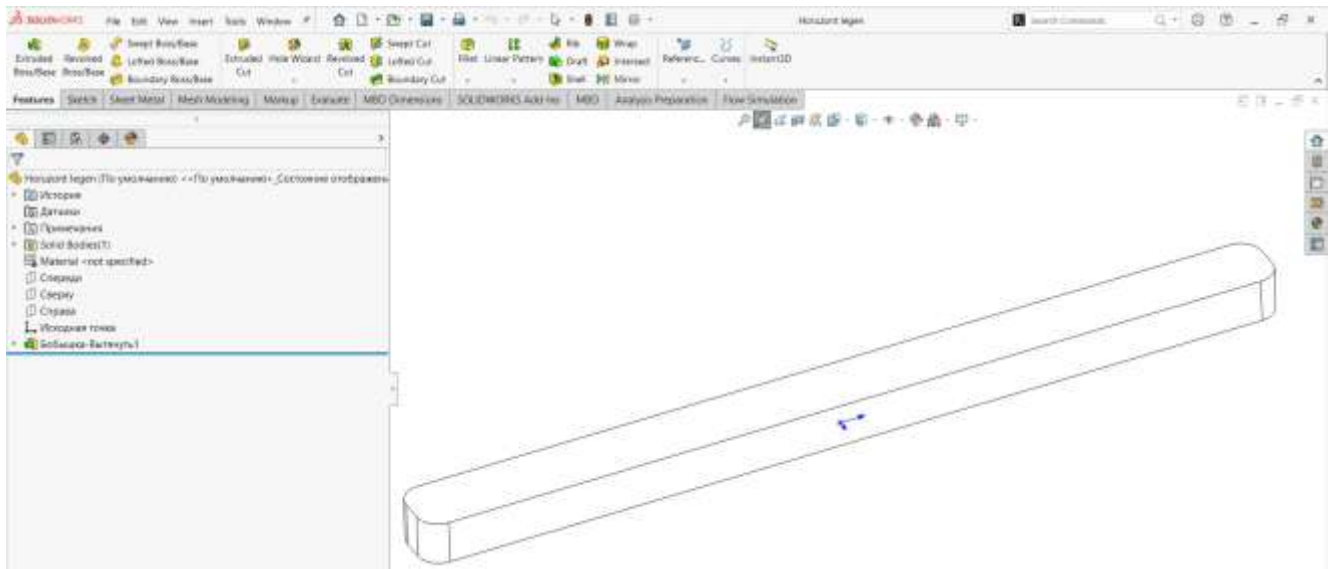


Рисунок 2.13 – Горизонтальна опора.

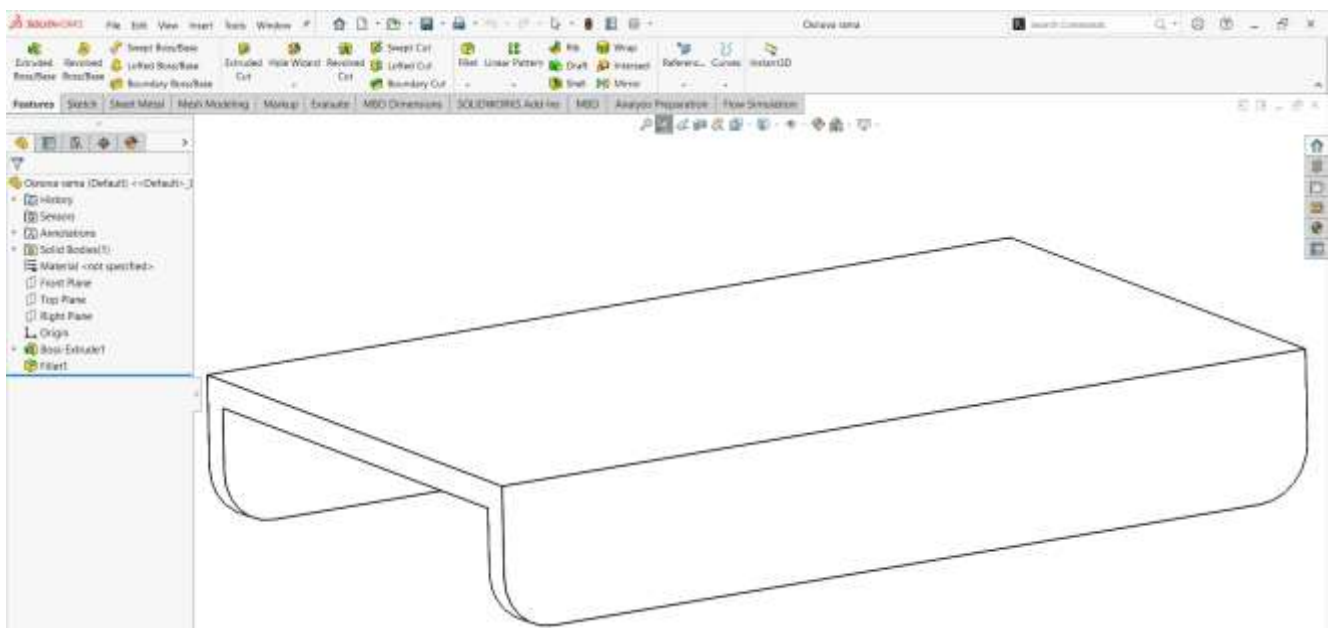


Рисунок 2.14 – Основа.

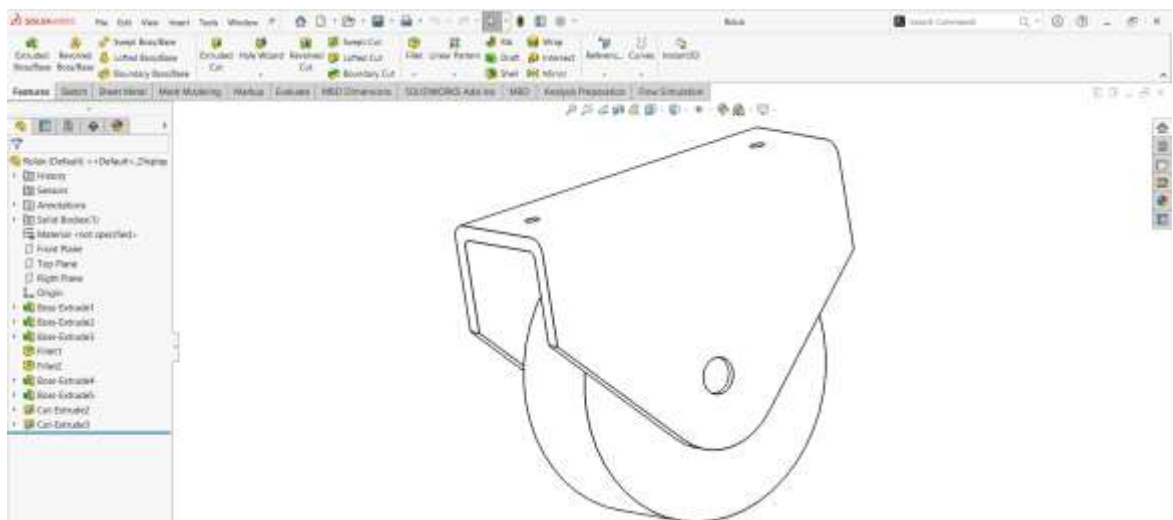


Рисунок 2.15 – Ролик взборі.

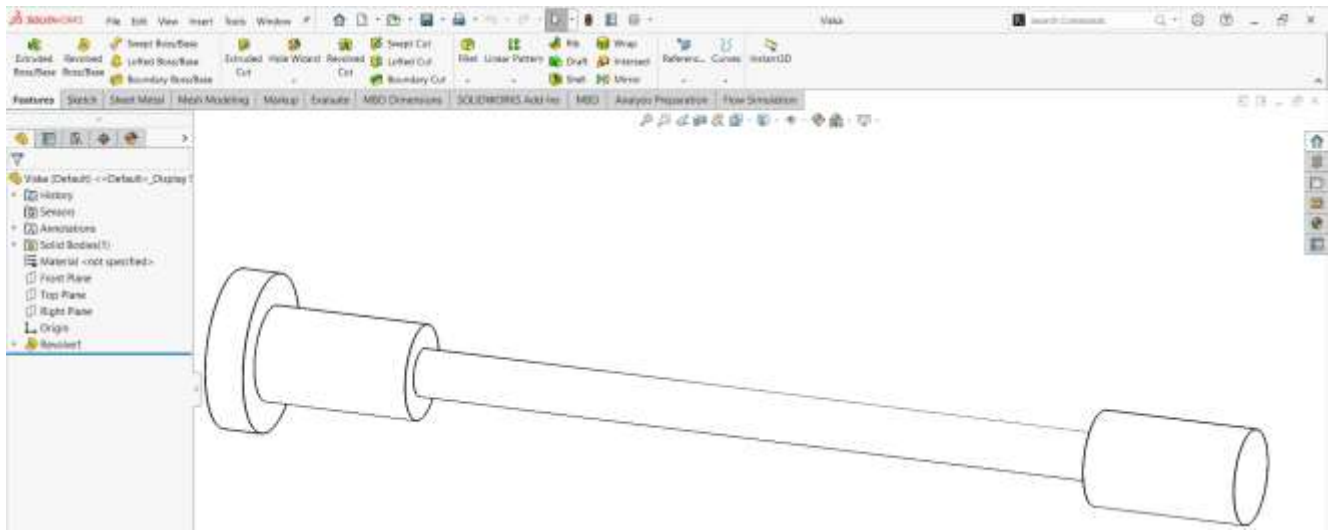


Рисунок 2.16 – Вісь.

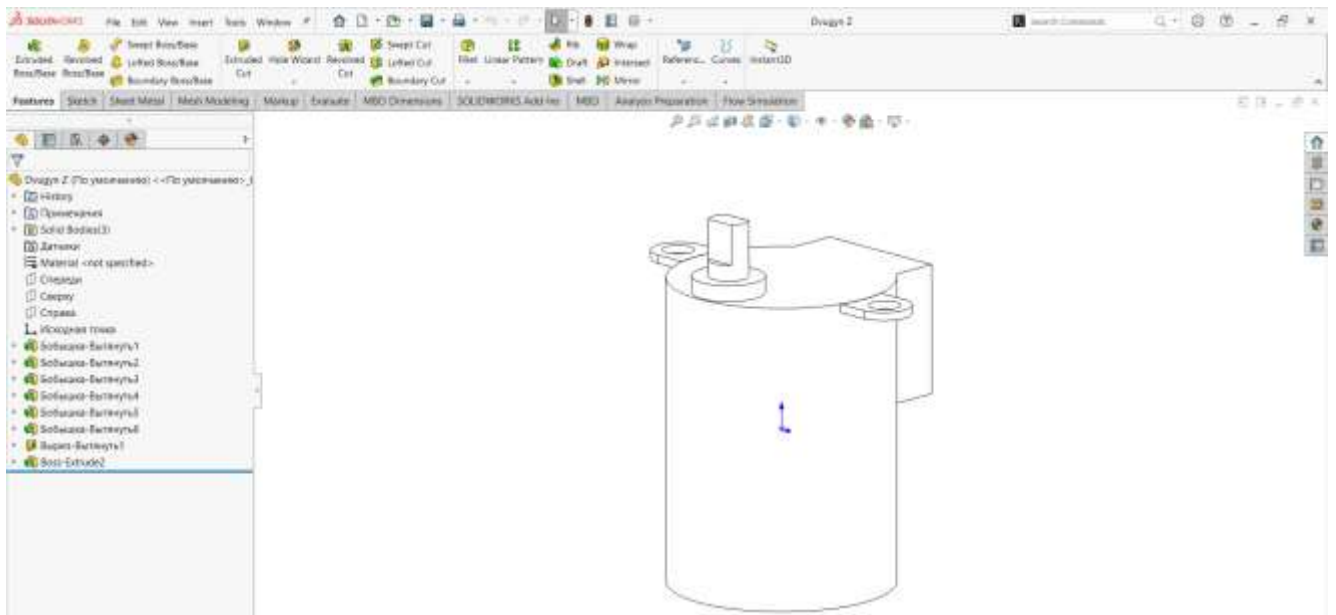


Рисунок 2.17 – Кроковий мотор.

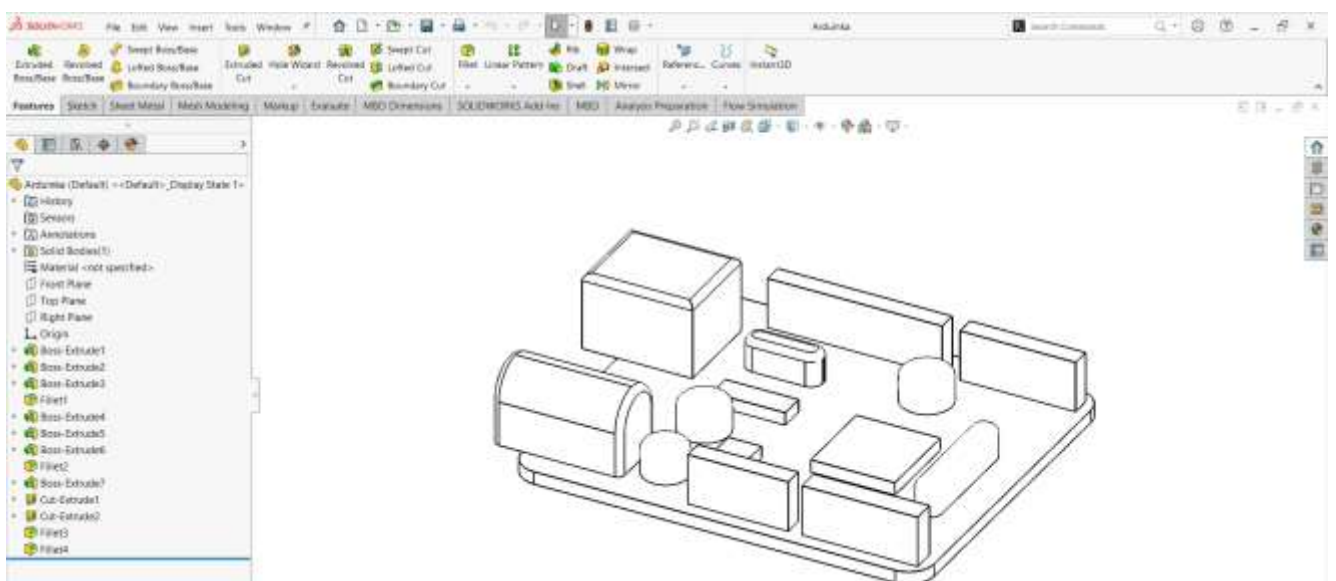


Рисунок 2.18 – Arduino UNO.

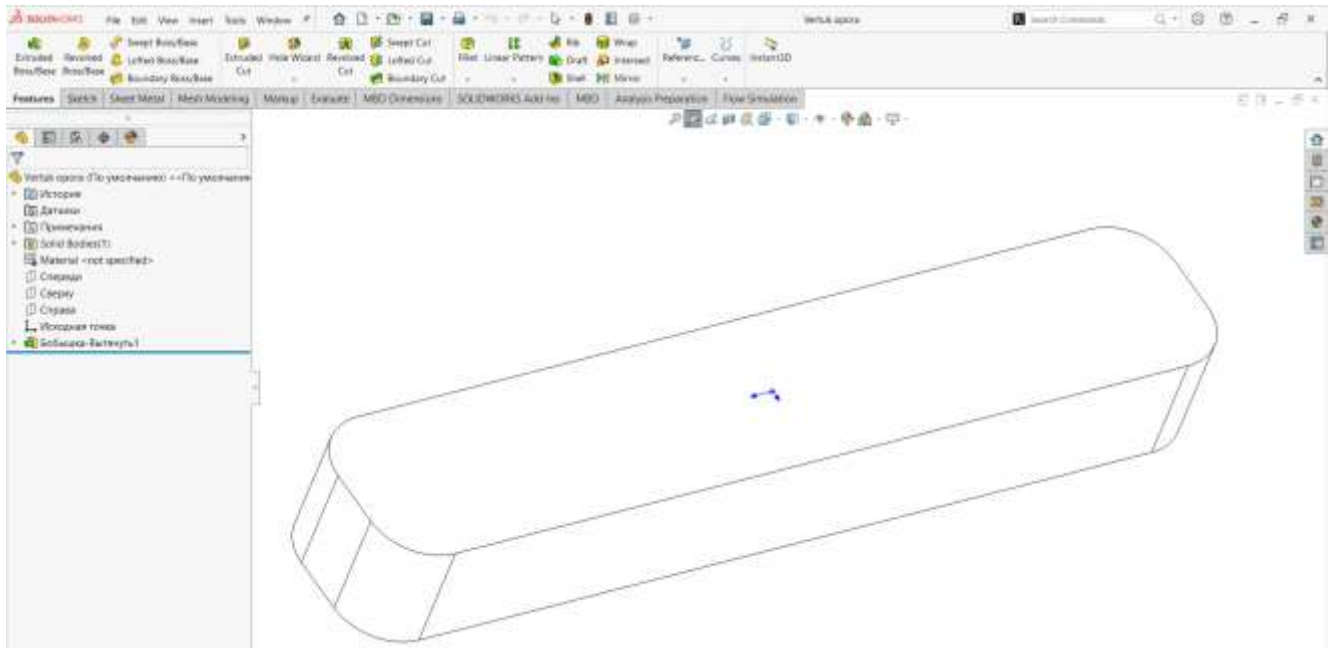


Рисунок 2.19 – Вертикальна опора.

Змоделювавши усі основні елементи виконавчого механізму можна розпочати здійснювання його складання в одну суцільну збірну одиницю.

### **2.3 Моделювання збірки деталей в один суцільний вузол**

Сутність моделювання полягає в необхідному взаємному розміщенню одних поверхонь «першої» деталі по відношенню до інших поверхонь «другої» деталі. Взаєморозміщення можуть до прикладу бути наступними – перпендикулярність, концентричність, дотичність, накладання, розташування на певній віддалі, розташування під певним кутом, паралельність та інші.

Для прикладу продемонструємо складання двох деталей в пару – випадок ролик в зборі кріпиться до веденого колеса.

Отже спершу в простір програми SolidWorks завантажуюємо дані дві деталі (рис. 2.20).

Оберемо пари отворів (рис. 2.21) і присвоїмо їм взаєморозміщення концентричність.

В результаті одні отвори розташуються навпроти одного (рис. 2.22), що в реальності може слугувати їх прикручуванню болтами.

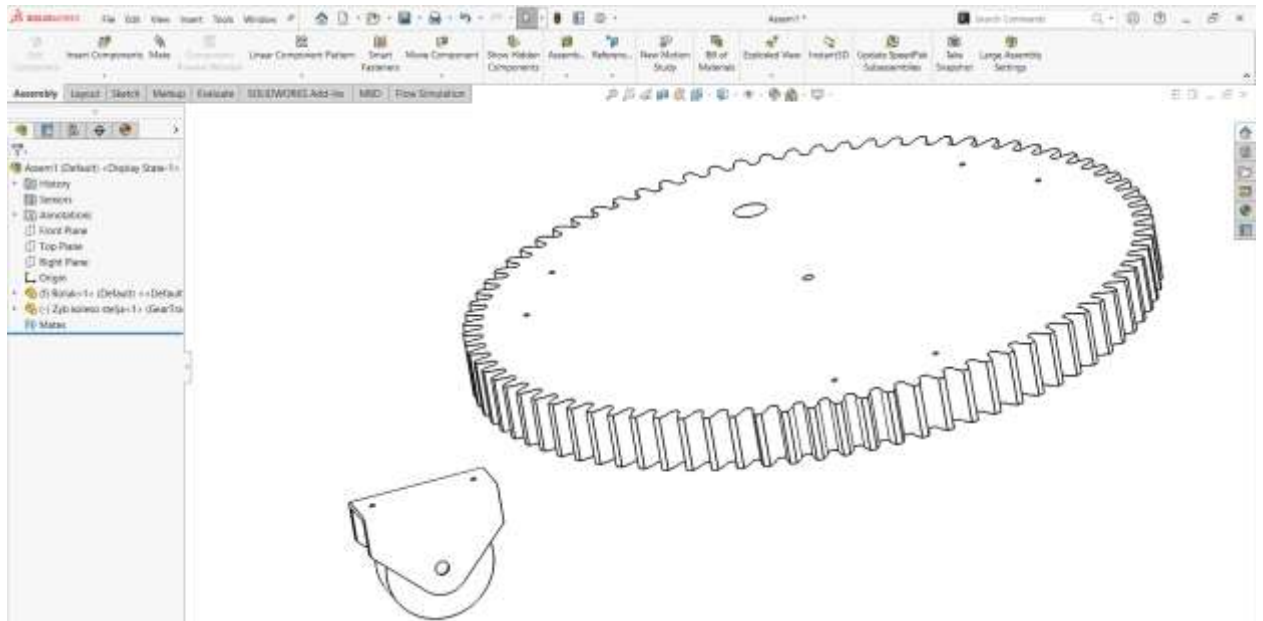


Рисунок 2.20 – Пара деталей для суміщення.

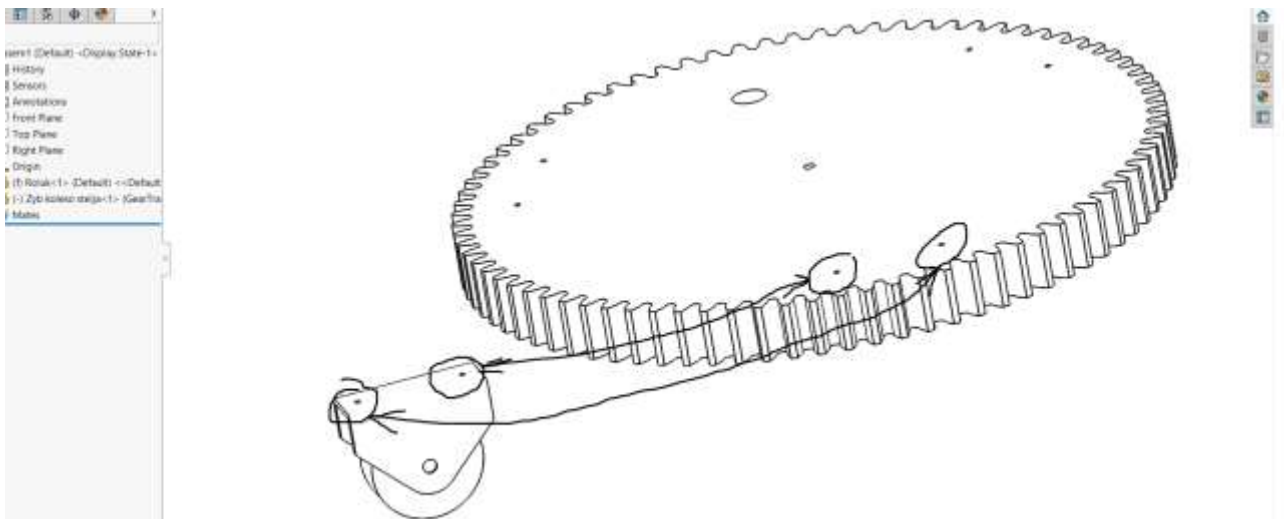


Рисунок 2.21 – Налагодження концентричності отворів.

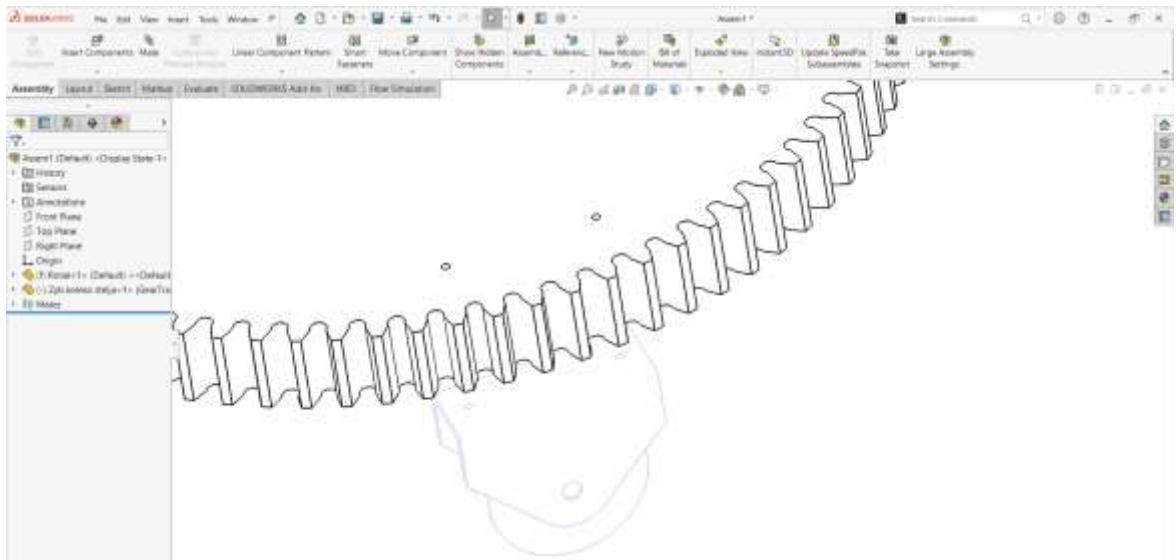


Рисунок 2.22 – Концентричність отворів.

Далі необхідно сумістити поверхні корпусу збірного ролика з торцевою поверхнею веденого колеса. В результаті отримаємо суміщення двох деталей аналогічно прикручуванню одна до одної (рис. 2.23).

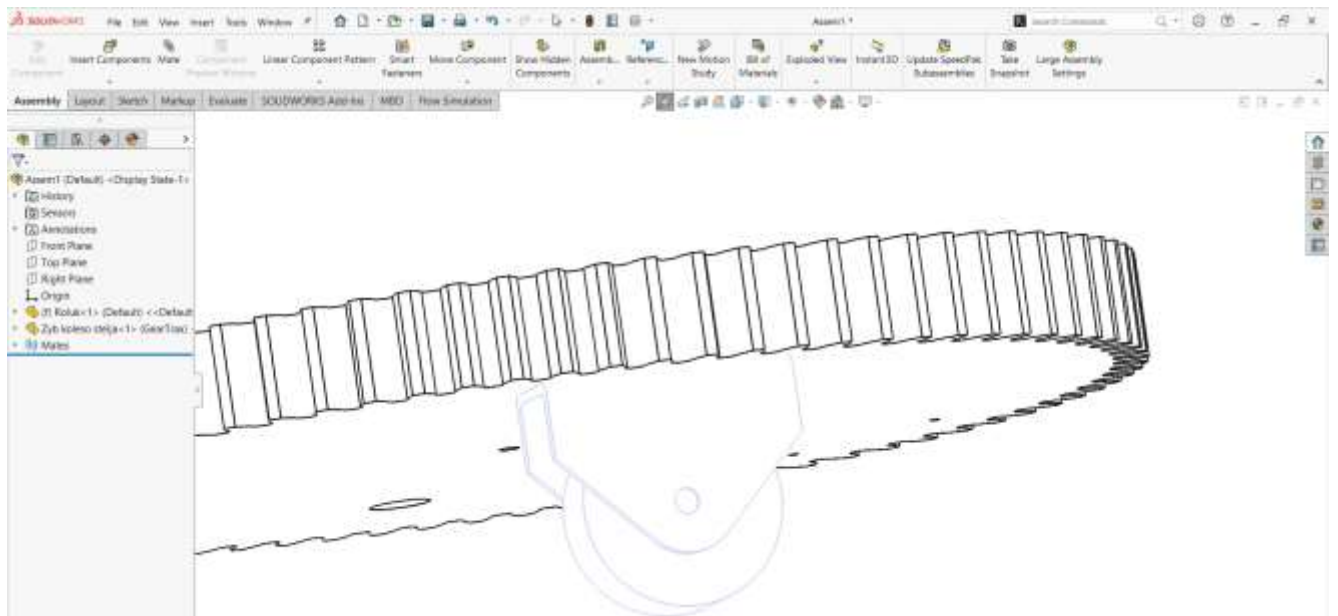


Рисунок 2.23 – «Прикручування» ролика до веденого колеса.

Подібним способом з застосуванням широкого функціоналу програмного забезпечення SolidWorks проводимо збирання усіх елементів виконавчого механізму та в результаті отримуємо збірку показану на (рис. 2.24).

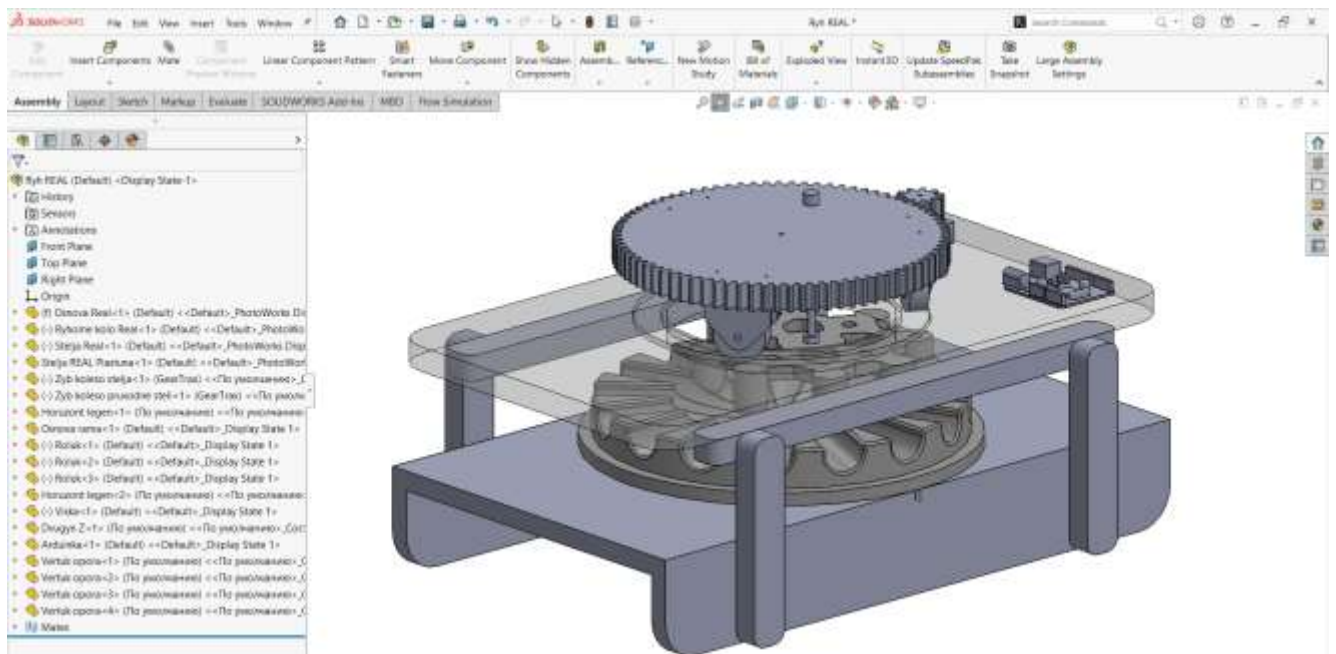


Рисунок 2.24 – Збірка виконавчого механізму.

Наступний етап перевірка кінематичного руху виконавчого механізму.

## 2.4 Моделювання руху виконавчого механізму та перегляд роботи в VR

В програмному забезпеченні SolidWorks є модуль перевірки кінематичного руху рухомих механізмів. Даний модуль має назву Motion Study, тому налагодивши обертання приводного зубчастого колеса – воно приведе в рух і ведене а далі і траєкторне колесо. Результат симуляції наведено на рисунку 2.25.

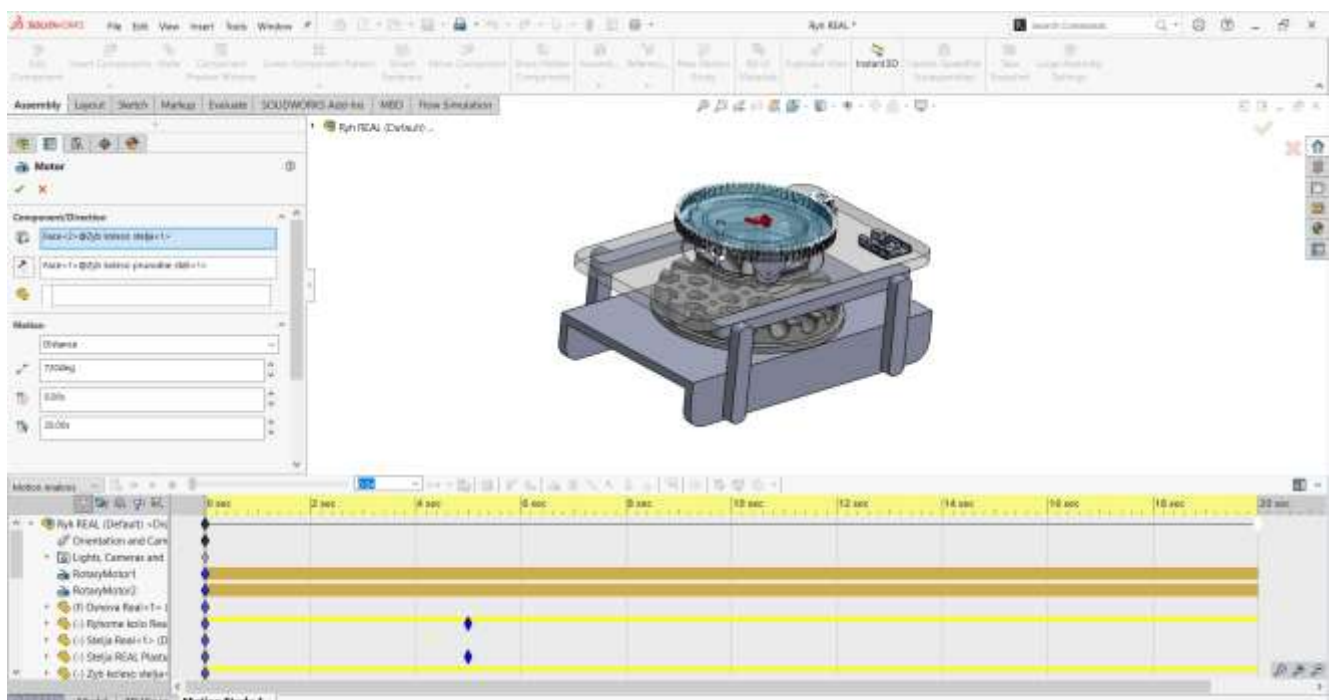


Рисунок 2.25 – Симуляція кінематичного руху виконавчого механізму.

Переконавшись в коректній роботі механізму можна перейти і в режим VR де можна прослідкувати основні нюанси роботи механізму (рис. 2.26).

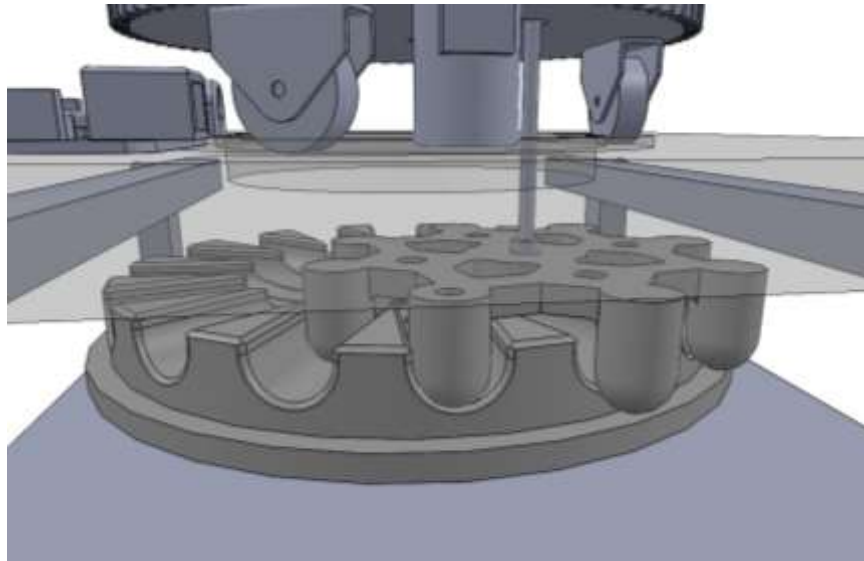


Рисунок 2.26 – Перегляд роботи в режимі VR.

Даний режим дуже полегшує користувачу натуральне сприйняття та відчуття роботи механізму який проектується.

## **2.5 Висновок щодо розділу**

В даному розділі здійснено моделювання основних деталей виконавчого механізму. Після успішної реалізації проведеної роботи розроблено збірний вузол виконавчого механізму. Отриманий механізм був перевірений на коректність щодо кінематичного рух. Далі для зручності перегляду усі результати моделювання було відображено у VR.

## 3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

### 3.1 Налагодження процесу фрезерного оброблення деталі виконавчого механізму

Усі необхідні основні деталі виконавчого механізму варто виготовляти фрезеруванням на фрезерному верстаті з ЧПК.

Продемонструємо налагодження технологічного процесу на обробку деталі Траекторний диск. Застосуємо програмне забезпечення FeatureCAM для цього.

Отже в даному програмному забезпеченні відкриваємо попередньо змодельований файл з 3D моделлю Траекторного диску. Але попередньо обираємо в якості методу обробки «Фрезерування» (рис. 3.1).

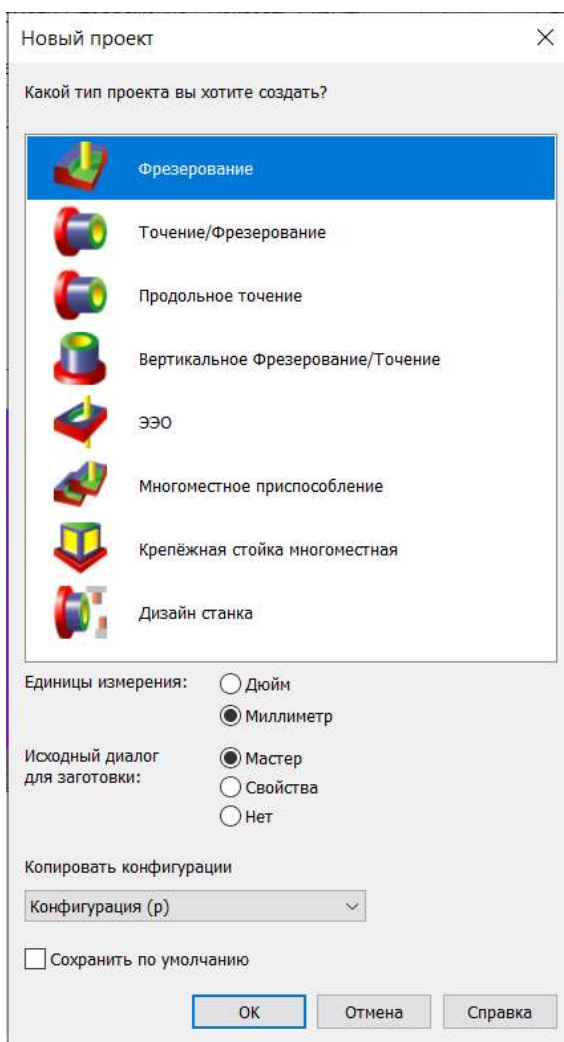


Рисунок 3.1 – Вибір методу виготовлення деталі.

Далі на рис. 3.2 показуємо завантажену 3D модель та початок процесу налагодження обробки деталі.

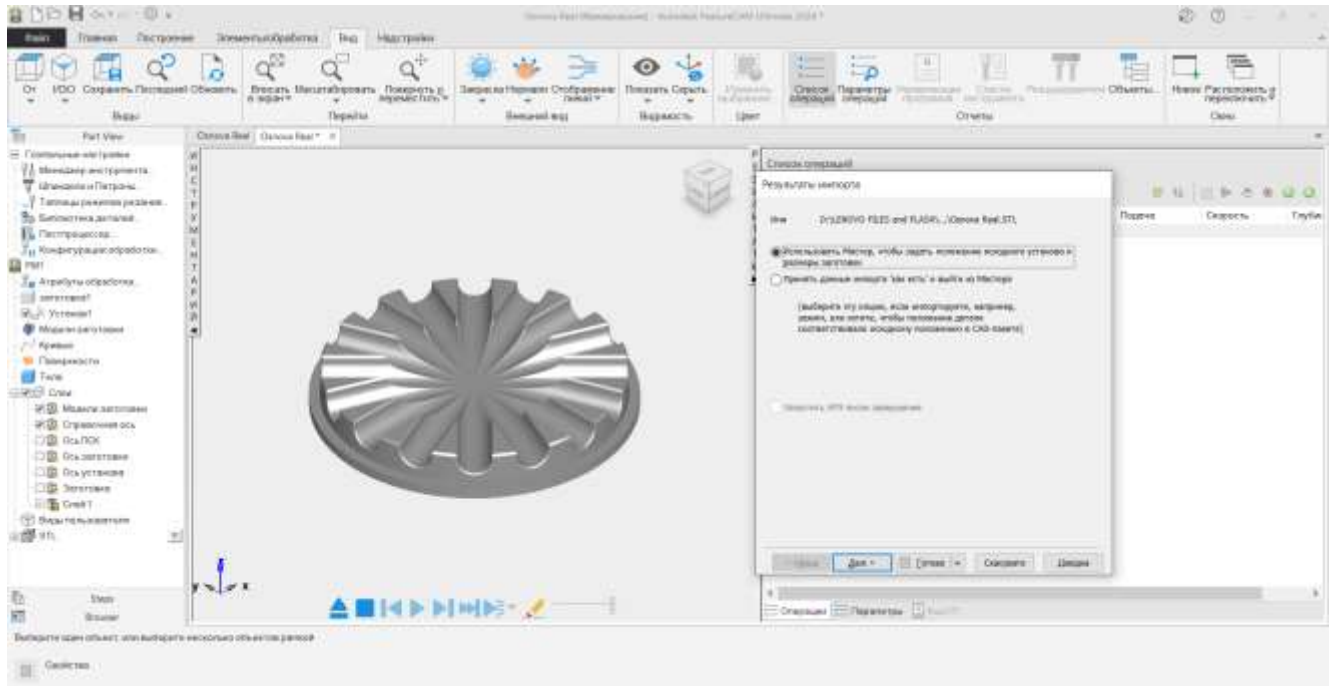


Рисунок 3.2 – Завантажена 3D модель деталі для налагодження обробки.

Потім необхідно розташувати деталь так як вона буде оброблятися на фрезерному верстаті з ЧПУ (тобто розташування щодо осей X Y Z) (рис. 3.3).

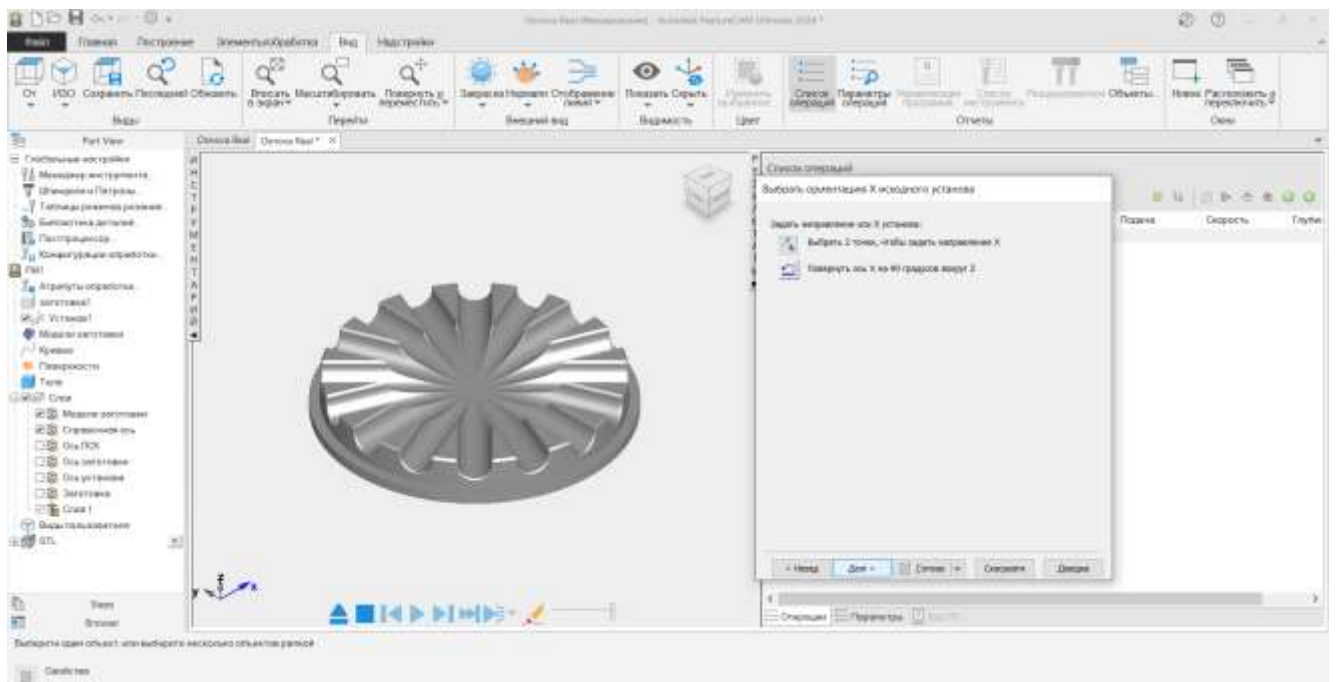


Рисунок 3.3 – Налаштування розташування деталі по осям.

Далі необхідно обрати форму та розміри заготовки з якої буде виготовлятися деталь (рис. 3.4). В нашому випадку заготовка має дископодібну форму з розмірами представленими на рисунку.

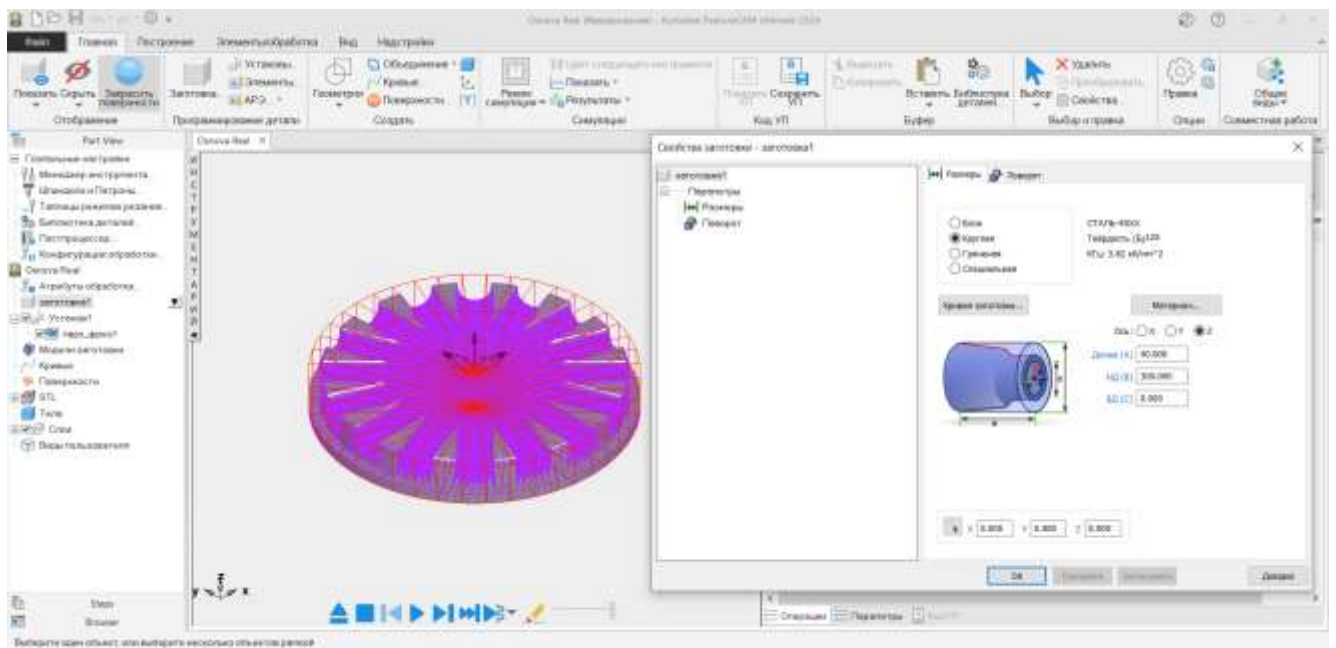


Рисунок 3.4 – Налаштування форми та розміру заготовки.

Потім треба визначити нульове положення фрези з якого буде починатися процес обробки (рис. 3.5). В нашому випадку по центру дископодібної заготовки та на її поверхні.

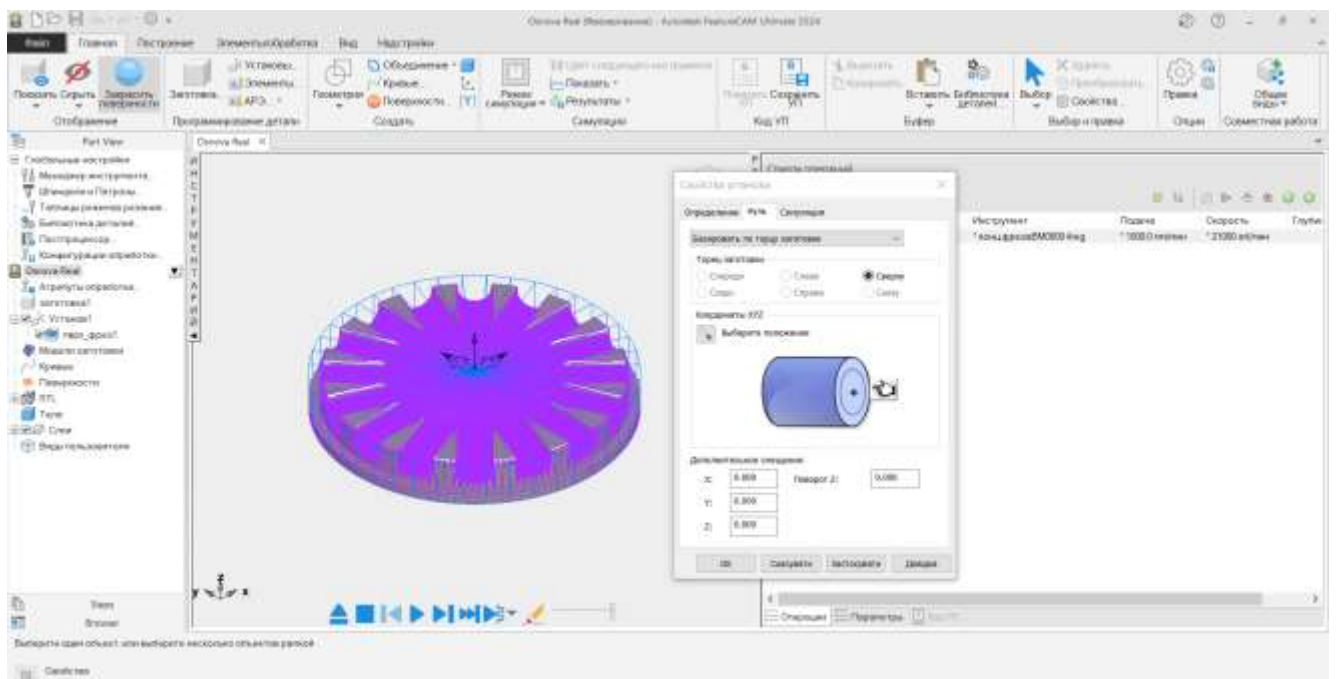


Рисунок 3.5 – Початкове положення нуля фрези.

Далі обираємо стратегію обробки деталі, а саме обробка «поверхні» (рис. 3.6).

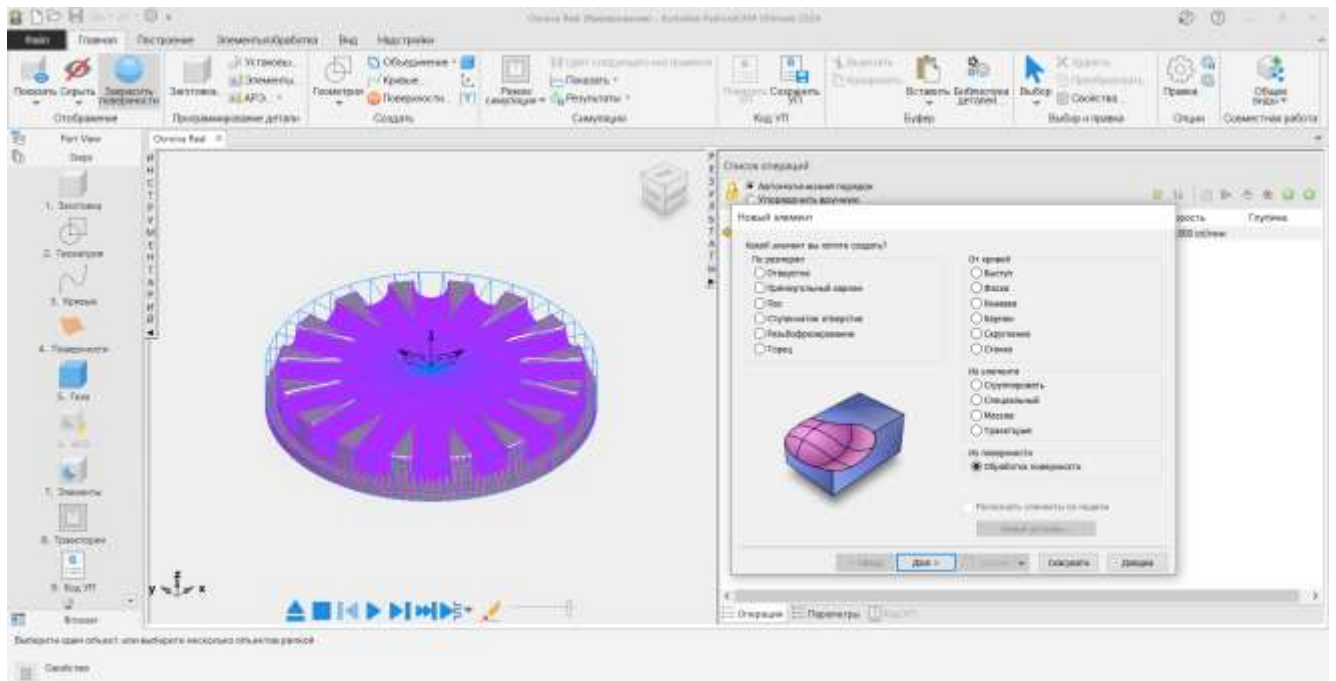


Рисунок 3.6 – Стратегія обробки деталі.

Далі програма FeatureCAM запропонує інструмент та ефективні режими різання (рис. 3.7).

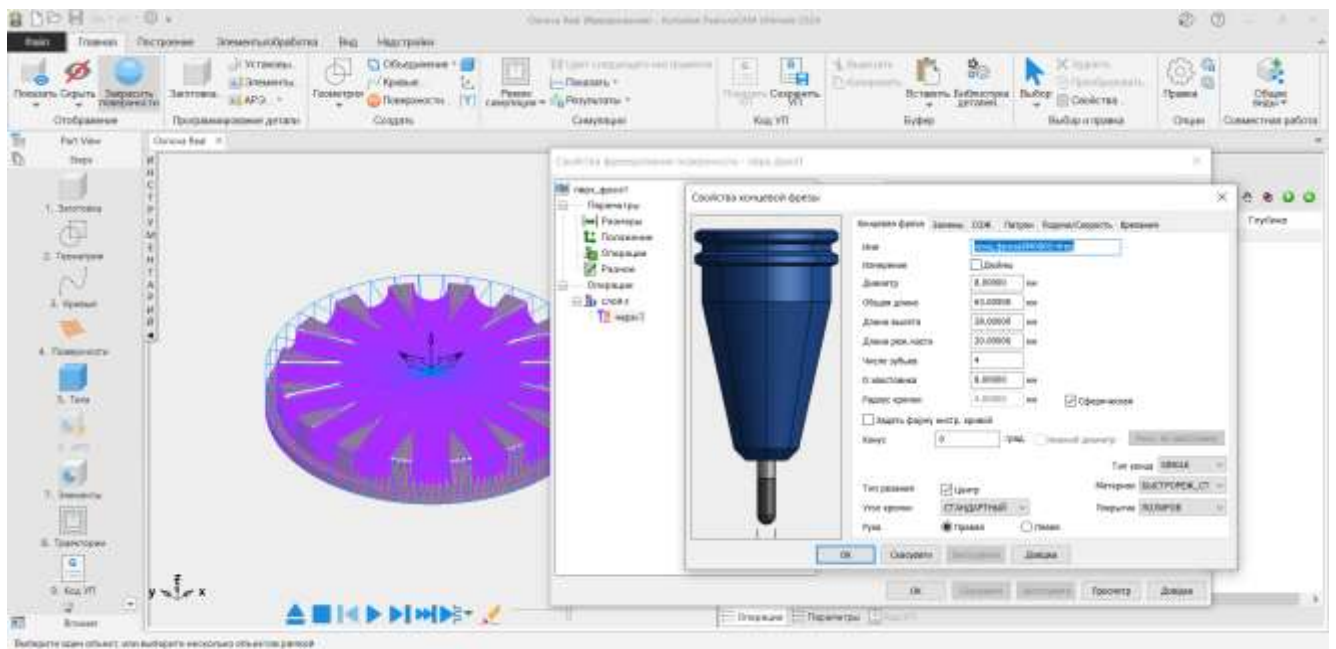


Рисунок 3.7 – Пропозиція інструменту з відповідними режимами обробки.

Обравши усі необхідні базові налаштування необхідно переглянути симуляцію оброблення (рис. 3.8) і в разі некоректної симуляції зробити необхідні правки.

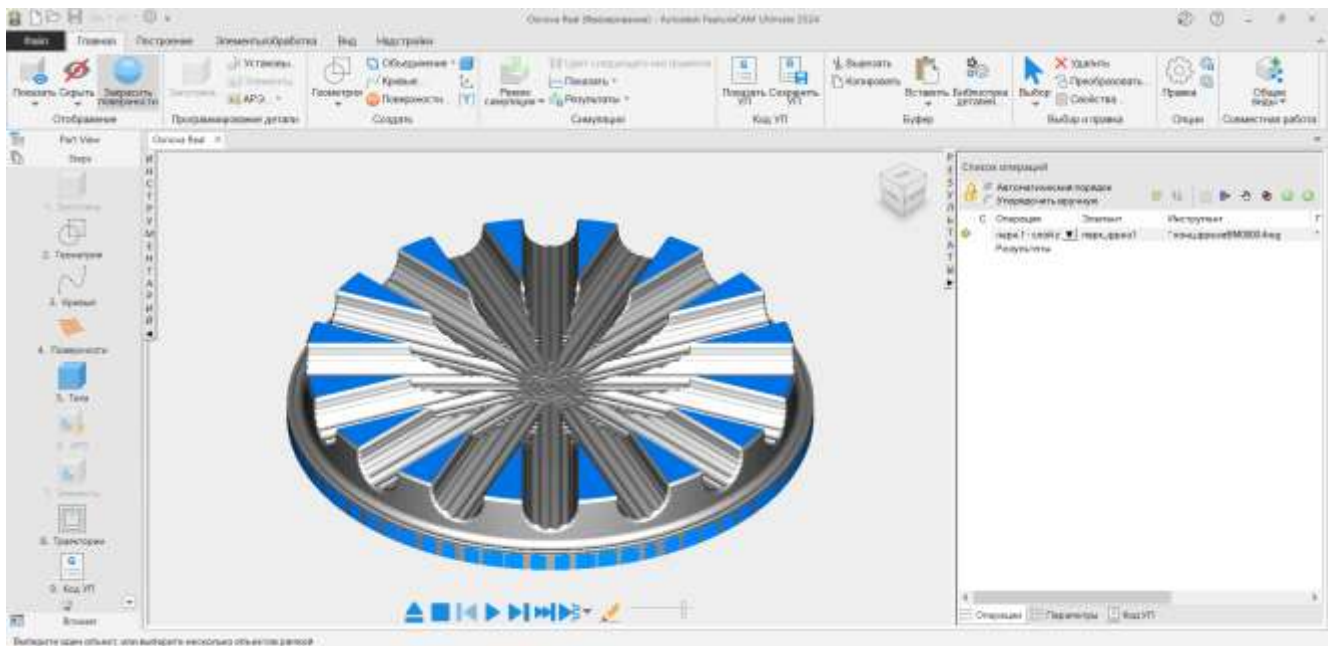


Рисунок 3.8 – Симуляція оброблення.

Відповідно переконавшись в тому що процес обробки налагоджено правильно і симуляція пройшла успішно можна згенерувати G-код на обробку. Фрагмент даного коду наведено в додатку А.

### **3.2 Розробка електричної схеми роботи виконавчого механізму**

Сутність роботи полягає в тому що кроковий двигун на якому посаджене ведуче зубчасте колесо обертає ведене зубчасте колесо яке в свою чергу призводить до специфічного руху траєкторного колеса, тим самим здійснюючи роботу всього механізму. В нашому випадку застосовані наступні електронні компоненти:

- Кроковий двигун
- Драйвер крокового двигуна;
- Електронна плата Arduino UNO\$4
- Блок живлення від USB порта.

Розроблена електрична схема представлена на рисунку 3.9.

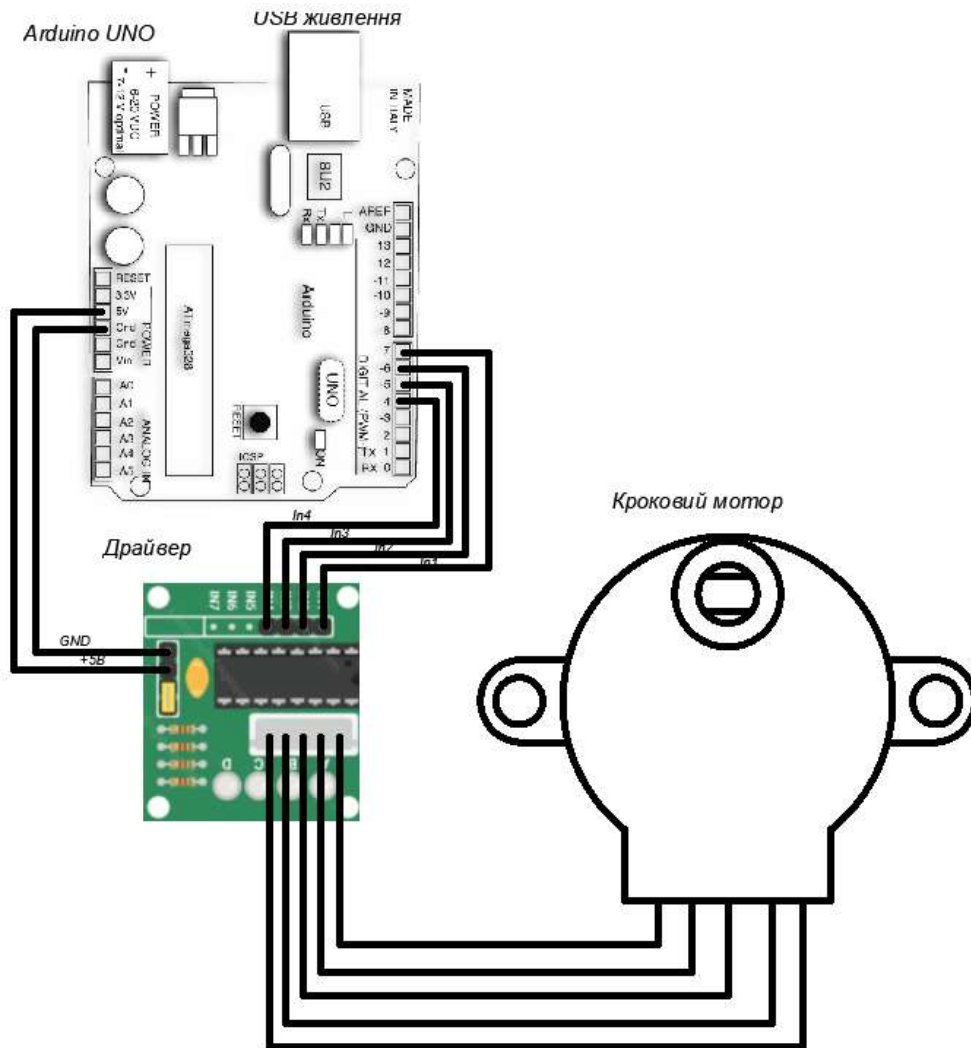


Рисунок 3.9 – Електрична схема роботи виконавчого механізму.

Електрична схема працює від напруги 5В.

### 3.3 Виготовлення елементів виконавчого механізму.

В попередніх розділах та пунктах було здійснено розробку усіх елементів системи, електричної схеми роботи, підбрано усі необхідні компоненти, тому зараз варто перейти до опису виготовлення деталей. До прикладу оберемо одну деталь.

Отже обробка проходила на 3-осьовому фрезерному верстаті з ЧПК (рис. 3.10).



Рисунок 3.10 – Процес обробки траєкторного колеса на фрезерному верстаті з ЧПК.

Виготовивши усі необхідні деталі – їх було зібрано в єдиний функціональний механізм (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 – Виготовлений виконавчий механізм.

В результаті проведеної роботи механізм працює справно та стабільно.

### **3.4 Висновки щодо розділу.**

В даному розділі здійснено налагодження технологічного процесу на виготовлення кожної деталі виконавчого механізму. Також розроблено електричну схему роботи виробу. Далі проведено реальне виготовлення та збірку в один функціональний вузол виконавчого механізму. Усі поставлені задачі успішно були виконані.

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1 Посібник з охорони здоров'я та безпеки використання віртуальної реальності

Проаналізуємо інформацію викладену в джерелі [1].

Попередження щодо охорони здоров'я та безпеки: щоб зменшити ризик травмування, дискомфорту або пошкодження майна, переконайтеся, що всі користувачі гарнітури уважно прочитали наведені нижче попередження перед використанням.

Важливо залишатися сидячим під час використання гарнітури, якщо перегляд контенту не вимагає стояння.

Перед використанням гарнітури:

- Прочитайте та дотримуйтесь усіх інструкцій з налаштування та експлуатації, що надаються разом із гарнітурою.
- Перегляньте рекомендації щодо апаратного та програмного забезпечення для використання гарнітури. Ризик дискомфорту може зрости, якщо не використовувати рекомендоване апаратне та програмне забезпечення.
- Ваша гарнітура та програмне забезпечення не призначені для використання з будь-яким неавторизованим пристроєм, аксесуаром та/або програмним забезпеченням. Використання неавторизованого пристрою, аксесуара та/або програмного забезпечення може призвести до травмування вас або інших осіб, спричинити проблеми з продуктивністю або пошкодження вашої системи та пов'язаних служб.
- Щоб зменшити ризик дискомфорту, налаштуйте фокус зору для кожного користувача перед використанням гарнітури.
- Для комфортного використання віртуальної реальності потрібне непорушене відчуття руху та рівноваги. Не використовуйте гарнітуру, коли ви: втомилися; потребуєте сну; перебуваєте в емоційному стресі або тривозі; або страждаєте від застуди, грипу, головного болю, мігрені або

болю вух, оскільки це може збільшити вашу схильність до несприятливих симптомів.

- Ми рекомендуємо звернутися до лікаря перед використанням гарнітури, якщо ви вагітні, маєте літній вік, маєте попередні порушення біноккулярного зору або інші серйозні захворювання.
- Щоб зарядити гарнітури, ретельно переконайтеся, що вони розміщені в доданому футлярі, а USB-кабель підключено до кожної гарнітури. Коли футляр підключено до мережі за допомогою доданого кабелю живлення, індикатор на кожній гарнітурі має засвітитися, показуючи, що вона заряджається. Коли гарнітури повністю заряджені, рекомендуємо вимкнути живлення від мережі.

Діти:

Дорослі повинні стежити за тим, щоб діти використовували гарнітуру відповідно до цих попереджень щодо здоров'я та безпеки, зокрема переконайтеся, що гарнітура використовується так, як описано в розділах «Перед використанням гарнітури» та «Безпечне середовище».

Дорослі повинні стежити за дітьми, які використовують або використовували гарнітуру, на наявність будь-яких симптомів, описаних у цих попередженнях щодо здоров'я та безпеки (включаючи ті, що описані в розділах «Дискомфорт» та «Травма від повторюваного стресу»), а також обмежувати час, який діти проводять за використанням гарнітури, та забезпечувати, щоб вони робили перерви під час використання.

Слід уникати тривалого використання, оскільки це може негативно вплинути на координацію рук і очей, рівновагу та здатність виконувати кілька завдань одночасно. Дорослі повинні уважно стежити за дітьми під час та після використання гарнітури на предмет будь-якого зниження цих здібностей. Ми рекомендуємо використовувати ClassVR не більше 15 хвилин на одному уроці. Короткі сеанси віртуальної реальності дуже захоплюючі та є ідеальним способом розпочати тему або підкреслити ключовий момент. Плеєр ClassVR включає

сповіщення для вчителя, коли будь-який учень перебуває у віртуальній реальності довше рекомендованого часу, який також є обмеженням, рекомендованим для дітей окулістами.

#### Судоми:

У деяких людей (приблизно 1 з 4000) може виникати сильне запаморочення, судоми, посмикування очей або м'язів, або втрата свідомості, спричинені спалахами чи візерунками світла, і це може траплятися під час перегляду телевізора, гри у відеоігри або переживання віртуальної реальності, навіть якщо у них ніколи раніше не було судом чи втрат свідомості, або в анамнезі немає судом чи епілепсії. Такі судоми частіше зустрічаються у дітей та молоді віком до 20 років. Будь-хто, хто відчуває будь-який із цих симптомів, повинен припинити використання гарнітури та звернутися до лікаря. Будь-хто, хто раніше мав судоми, втрату свідомості або інші симптоми, пов'язані з епілептичним станом, повинен звернутися до лікаря перед використанням гарнітури.

#### Загальні запобіжні заходи:

Щоб зменшити ризик травмування або дискомфорту, завжди дотримуйтеся цих інструкцій та враховуйте запобіжні заходи під час використання гарнітури:

Використовуйте лише в безпечному середовищі: Гарнітура створює захопливий досвід віртуальної реальності, який відволікає вас від реального оточення та повністю блокує його.

Завжди звертайте увагу на своє оточення перед початком використання та під час використання гарнітури. Будьте обережні, щоб уникнути травм, і залишайтеся сидячими, якщо перегляд контенту не вимагає стояння.

- Використання гарнітури може призвести до втрати рівноваги.
- Пам'ятайте, що об'єкти, які ви бачите у віртуальному середовищі, не існують у реальному середовищі, тому не сідайте, не стійте на них і не використовуйте їх для опори.

- Серйозні травми можуть виникнути внаслідок спотикання, наїзду на стіни, меблі чи інші предмети, тому перед використанням гарнітури звільніть місце для безпечного використання.
- Будьте особливо обережні, щоб переконатися, що ви не знаходитесь поруч з іншими людьми, предметами, сходами, балконами, відкритими дверними отворами, вікнами, меблями, відкритим вогнем, стельовими вентиляторами чи світильниками чи іншими предметами, об які ви можете наштовхнутися або збити під час використання гарнітури або одразу після використання.
- Перед використанням гарнітури видаліть будь-які перешкоди, об які можна спотикнутися.
- Пам'ятайте, що під час використання гарнітури ви можете не помічати, що люди можуть зайти у вашу безпосередню зону.
- Не тримайте гострі або інші небезпечні предмети під час використання гарнітури.
- Ніколи не носіть гарнітуру в ситуаціях, що потребують уваги, таких як ходьба, їзда на велосипеді або керування автомобілем.
- Переконайтеся, що гарнітура рівно та зручно закріплена на вашій голові, і що ви бачите одне чітке зображення.
- Переконайтеся, що кабелі навушників, якщо вони використовуються, не створюють перешкод для спотикання.
- Поступово звикайте до використання гарнітури, щоб ваше тіло могло адаптуватися; спочатку використовуйте її лише кілька хвилин і поступово збільшуйте час використання гарнітури, коли ви звикаєте до віртуальної реальності. Озираючись навколо, коли вперше потрапляєте у віртуальну реальність, ви можете звикнути до будь-яких незначних відмінностей між вашими рухами в реальному світі та отриманим досвідом віртуальної реальності.
- Не використовуйте гарнітуру в рухомому транспортному засобі, такому як автомобіль, автобус чи поїзд, оскільки це може збільшити вашу схильність до побічних симптомів.

- Робіть перерву щонайменше на 10-15 хвилин кожні 30 хвилин, навіть якщо ви вважаєте, що вона вам не потрібна. Кожна людина різна, тому робіть частіші та довші перерви, якщо відчуваєте дискомфорт. Ви повинні вирішити, що найкраще підходить саме вам.
- Якщо ви використовуєте навушники, прослуховування звуку на високій гучності може завдати непоправної шкоди вашому слуху. Фоновий шум, а також тривалий вплив високої гучності можуть зробити звуки тихішими, ніж вони є насправді. Через захопливий характер віртуальної реальності не використовуйте гарнітуру з високою гучністю звуку, щоб усвідомлювати навколишнє середовище та зменшити ризик пошкодження слуху.

### Дискомфорт:

Негайно припиніть використання гарнітури, якщо виникнуть будь-які з наступних симптомів: судоми; втрата свідомості; напруга очей; посмикування очей або м'язів; мимовільні рухи; змінений, розмитий або подвійний зір чи інші зорові порушення; запаморочення; дезорієнтація; порушення рівноваги; порушення координації рук і очей; надмірне потовиділення; підвищене слиновиділення; нудота; запаморочення; дискомфорт або біль у голові або очах; сонливість; втома; або будь-які симптоми, подібні до морської хвороби.

- Не керуйте транспортними засобами, не працюйте з механізмами та не займайтеся іншими видами діяльності, що потребують особливих зусиль для зору або фізичного здоров'я, що можуть мати серйозні наслідки (тобто такими видами діяльності, при яких будь-які симптоми можуть призвести до смерті, травм або пошкодження майна), або іншими видами діяльності, що потребують непорушеної рівноваги та координації рук та очей (наприклад, заняття спортом або їзда на велосипеді тощо), доки ви повністю не одужаєте від будь-яких симптомів.
- Не використовуйте гарнітуру, доки всі симптоми повністю не зникнуть протягом кількох годин. Переконайтеся, що ви правильно налаштували гарнітуру, перш ніж відновити її використання.

- Зверніть увагу на тип контенту, який ви використовували до появи будь-яких симптомів, оскільки ви можете бути більш схильні до симптомів залежно від використовуваного контенту.
- Зверніться до лікаря, якщо у вас є серйозні та/або постійні симптоми.

Травма від повторюваного стресу:

Використання пристрою може спричинити біль у м'язах, суглобах або шкірі. Якщо під час використання гарнітури або її компонентів будь-яка частина вашого тіла втомлюється або болить, або якщо ви відчуваєте такі симптоми, як поколювання, оніміння, печіння або скутість, зупиніться та відпочиньте кілька годин, перш ніж знову використовувати її. Якщо будь-які з перерахованих вище симптомів або інший дискомфорт не зникають під час або після використання, припиніть використання та зверніться до лікаря.

Ураження електричним струмом:

**Щоб зменшити ризик ураження електричним струмом:**

- Не модифікуйте та не відкривайте жодного з наданих компонентів.
- Не використовуйте виріб, якщо будь-який кабель пошкоджений або дроти оголені.

**Пошкоджений або зламаний пристрій:**

- Не використовуйте пристрій, якщо будь-яка його частина зламана або пошкоджена.
- Не намагайтеся самостійно ремонтувати будь-яку частину пристрою.

Ремонт повинні виконувати лише фахівці.

**Заразні стани**

Щоб уникнути передачі заразних захворювань, таких як кон'юнктивіт (інфекція ока), не користуйтеся гарнітурою разом з людьми із заразними захворюваннями, інфекціями чи хворобами, особливо очей, шкіри чи шкіри голови. Гарнітуру слід протирати після кожного використання

антибактеріальними серветками, що не містять алкоголю, та сухою мікрофібровою серветкою для лінз.

Для отримання додаткової інформації дивіться наші рекомендації щодо захисту від заразних вірусів.

### **Подразнення шкіри**

Гарнітура носить щільно прилягаючи до шкіри та шкіри голови. Припиніть використання гарнітури, якщо помітили набряк, свербіж, подразнення шкіри або інші шкірні реакції. Якщо симптоми не зникають, зверніться до лікаря.

## **4.2 6 важливих порад щодо безпеки у віртуальній реальності, про які вам слід знати**

Проаналізуємо інформацію викладену в джерелі [2].

### **1) Обмежте/затримайте час для свого VR-досвіду:**

Віртуальна реальність може бути захопливою, але спробуйте обмежити свій досвід 20 хвилинами або максимум 30 за сеанс. Навіть якщо ви знайдете вражаючу сцену, яка змушує вас забути про зовнішній світ, давайте своїм очам час відновитися кожні 20-30 хвилин. Зробіть перерву – сядьте, випийте води. Тривалий сеанс віртуальної реальності може призвести до дезорієнтації, спричинити проблеми з координацією рук і очей, здатністю виконувати кілька завдань одночасно та різні інші види симуляційної хвороби. Це не означає, що віртуальна реальність шкідлива для вас, вона просто настільки захоплююча, що іноді ми забуваємо її зняти!

### **2) Вживайте фізичних запобіжних заходів:**

- **Фізичні нагадування про перешкоди**

Багато хто з нас любить цей сплеск адреналіну. Якщо ви обрали віртуальну реальність у масштабі кімнати, обов'язково пройдіться по кімнаті фізичним колом. З гарнітурою дозвольте м'язам вашого тіла звикнути до стін. Перш ніж розпочати віртуальну реальність, переконайтеся, що ви встановили межі фізичних обмежень у просторі. Наприклад, якщо відстань між стіною та встановленою

межею віртуальної реальності становить 1 дюйм, ви, швидше за все, потрапите в аварію.

- **Досвід віртуальної реальності з відкритим простором**

Відкритий простір забезпечить безпечний досвід віртуальної реальності. Переконайтеся, що ви не знаходитесь поруч із меблями, рослинами, нерівною місцевістю тощо. Ви ж не хочете розбити свій новий телевізор, зламати цінні речі та навіть травмуватися вдома. Найголовніше — подбайте про своїх домашніх тварин. Ми впевнені, що ви любите свого улюбленця. Перш ніж одягати VR-гарнітуру, обов'язково помістіть його/її в безпечне місце. Останнє, чого ви хочете, це спіткнутися та впасти чи травмувати бідолаху.

- **Поради лікаря щодо перегляду віртуальної реальності**

Рекомендується, щоб ви були здорові, щоб мати можливість безпечно користуватися віртуальною реальністю. Якщо ви вагітні, мали будь-які судоми, маєте захворювання серця, психічні розлади або будь-які захворювання, уникайте інтенсивних VR-досвідів та обирайте ті, які магазини додатків для гарнітур вважають «комфортними».

- **Відповідний вік для перегляду у віртуальній реальності**

Хоча деякі VR-гарнітури розроблені для дітей віком від 12 до 13 років, обов'язково проведіть дослідження, перш ніж залишати їх без нагляду. Навіть досвідчені фахівці галузі радять використовувати цей продукт переважно особам старше 18 років. Вважається, що деякі технології, що використовуються, можуть перешкоджати розвитку мозку дитини, якщо їх використовувати постійно (подібно до екранів комп'ютерів!).

### **3) Дізнайтеся про запобіжні заходи щодо здоров'я:**

- **Налаштуйте фокусні налаштування VR, щоб запобігти напруженню очей**

Ви коли-небудь приміряли окуляри друга та тряслися через напругу між очима? Саме це відчувають ваші очі, коли ви знімаєте VR-гарнітуру. Очам потрібен деякий час, щоб звикнути та перефокусуватися на реальному світі. Це

може спричинити подразнення очей та, зрештою, біль. Правильно налаштуйте фокусні параметри вашої VR-гарнітури та робіть перерви під час користування VR, щоб запобігти цьому.

- **Зробіть перерву під час вашого VR-досвіду**

Багато хто з нас відчуває нудоту або погане самопочуття через надмірну кількість або різкі рухи. Якщо ви схильні до морської хвороби, коли повністю занурюєтеся у віртуальну реальність, у вас може виникнути заколисування на симуляторі. Не соромтеся вийти та зробити коротку перерву, сісти, випити води. У гірших випадках ляжте на підлогу із заплющеними очима на деякий час. Нашому розуму та очам потрібен деякий час, щоб звикнути до реального світу після віртуальної реальності. Це одна з порад щодо безпеки у віртуальній реальності, про яку повинен знати кожен; це чудовий досвід, але, як і з усім, забагато те саме, що й замало.

#### **4) Почніть з менш інтенсивного VR-досвіду:**

Ми хочемо почати все з тріумфу. Oculus Rift або Playstation VR кидають нас у захопливу метушню, але почніть з менш інтенсивного досвіду. Оберіть щось менш напружене як для розуму, так і для тіла. Для перших VR-досвідів сядьте або оберіть набагато менш напружений VR-досвід. Різкі фізичні навантаження можуть призвести до розтягнення м'язів і, отже, бути шкідливими для здоров'я.

#### **5) Прочитайте та прослухайте попередження щодо безпеки VR-гарнітур:**

Деякі VR-гарнітури мають вбудовану функцію сигналізації або попередження про безпеку. Коли ви наближаєтесь до стіни або об'єкта, який потенційно може завдати фізичної шкоди, вони подають сповіщення. Однак, потрібно бути уважним, щоб мати змогу перервати захопливий досвід, якщо сигналізація спрацює під час сеансу VR та перерве його.

**б) Попросіть спостерігача/друга поспостерігати за вами (необов'язково):**

Саме тоді стане в нагоді ваш сусідський друг. Уявіть, як вашому сусідові чи другові сподобається спостерігати, як ви здригаєтеся, пригинаєтеся та широко роззявляєте рота від захоплення, коли ви переживаєте віртуальну реальність. Це те, чим варто поділитися, тому попросіть когось подивитися на вас. Індустрія віртуальної реальності прагне створити продукт, який подарує вам більш дикий та інтенсивний досвід. Безперешкодним досвідом віртуальної реальності можна насолоджуватися з другом.

### **4.3 Висновки щодо розділу**

В даному розділі висвітлювалися питання щодо техніки безпеки при використанні обладнання віртуальної реальності. Розглянуто можливі небезпечні ситуації з відповідними рекомендаціями що робити в разі їх виникнення. Також корисною була інформація про 6 важливих порад щодо безпеки у віртуальній реальності, про які слід знати. Опанувавши дану інформація користувачі віртуальної реальності будуть в безпеці та комфорті.

## ВИСНОВКИ

В першому розділі проаналізовано етимологію віртуальної реальності, її форми та методи. Оцінено апаратне та програмне забезпечення необхідне для коректної роботи системи віртуальної реальності. Проаналізовано сфери застосування даної сучасної технології..

Другий розділ був присвячений здійсненню моделювання основних деталей виконавчого механізму. Після успішної реалізації проведеної роботи розроблено збірний вузол виконавчого механізму. Отриманий механізм був перевірений на коректність щодо кінематичного руху. Далі для зручності перегляду усі результати моделювання було відображено у V.

В третьому розділі здійснено налагодження технологічного процесу на виготовлення кожної деталі виконавчого механізму. Також розроблено електричну схему роботи виробу. Далі проведено реальне виготовлення та збірку в один функціональний вузол виконавчого механізму. Усі поставлені задачі успішно були виконані.

В четвертому розділі висвітлювалися питання щодо техніки безпеки при використанні обладнання віртуальної реальності. Розглянуто можливі небезпечні ситуації з відповідними рекомендаціями що робити в разі їх виникнення. Також корисною була інформація про 6 важливих порад щодо безпеки у віртуальній реальності, про які слід знати. Опанувавши дану інформація користувачі віртуальної реальності будуть в безпеці та комфорті.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Матеріали за посиланням <https://www.classvr.com/policies/health-and-safety/>
2. Матеріали за посиланням <https://hoppin.world/important-vr-safety-tips-everyone-should-know-about/>
3. Матеріали за посиланням [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_reality](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality)
4. Матеріали за посиланням <https://pressbooks.pub/augmentedrealitymarketing/chapter/definition-and-history-of-augmented-and-virtual-reality/>
5. Інноваційне обладнання автоматизованого виробництва. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ковальов В.А., Гаврушкевич А.Ю., Гаврушкевич Н.В. – Електронні текстові дані (1 файл: 21,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с.
6. Довідка програми Mach3.
7. Довідка програми SolidWorks
8. Довідка програми FeatureCAM