

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»



Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра «Комп'ютерні системи та мережі»

ВІНІЧЕНКО ДМИТРО ІГОРОВИЧ
Група КНТ-612м

ПІДСИСТЕМА КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ
ЕНДОПРОТЕЗУ КУЛЬШОВОГО СУГЛОБА

АВТОРЕФЕРАТ

магістерської роботи на здобуття освітньо-кваліфікаційного
рівня «магістр» 123 «Комп'ютерна інженерія»
освітньої програми «Комп'ютерні системи та мережі »

2023 р.

Магістерська робота є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті «Запорізька політехніка», на кафедрі комп'ютерних систем та мереж

Керівник

кандидат технічних наук

Голуб Тетяна Василівна,

Національний університет «Запорізька політехніка», доцент кафедри комп'ютерних систем та мереж

**Офіційний
рецензент:**

Єфименко Микола Володимирович,

д.т.н., доцент кафедри «Інформаційні технології електронних засобів»
НУ «Запорізька політехніка»

Захист відбудеться "11" грудня 2023 р.

Секретар екзаменаційної комісії, старший викладач
кафедри комп'ютерних систем та мереж Н.А. Куликовська

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Розвиток цивілізації спричинив значне подовження життя людини. Основні проблеми виникають зі старінням населення та зміною способу життя людини. Деякі з них - це різноманітні дефекти та дегенеративні захворювання кісткової системи людини. Кульшовий суглоб є одним з тих елементів, що швидко виходять з ладу. Малорухливий спосіб життя та низька фізична активність погіршать цю ситуацію в майбутньому. Медицина здатна протягом тривалого часу допомагати пацієнтам з дегенерацією кульшового суглоба за допомогою штучного протезування.

Метод ендопротезування суглобів є одним із найкращих варіантів оперативного лікування опорно-рухового апарату у пацієнтів. Головна мета цієї операції полягає у заміні патологічно змінених структур суглоба на штучний ендопротез, що має анатомічну форму здорового суглоба та забезпечує можливість виконання повноцінного обсягу рухів. У багатьох випадках заміна ураженого суглоба є останньою надією для пацієнта на відновлення повноцінного функціонування опорно-рухового апарату та у деяких випадках, на продовження життя в цілому (наприклад, при онкологічних ураженнях суглобів).

На допомогу приходить також інженерія механіки та матеріалів. Зараз ведуться дуже інтенсивні дослідження нових матеріалів і конструкцій імплантатів. Сучасна інженерія і біомеханіка намагаються розробити форму протеза, максимально наближену до форми кістковомозкової порожнини. Це дозволить рівномірно розподілити напругу в протезі, узгодивши його з природною формою кістковомозкової порожнини.

Для якісного створення ендопротезу першочерговим є розробка його 3D-моделі. Швидкість та якість такого моделювання безпосередньо пов'язана з CAD-системою, яка буде виступати в ролі підсистеми його проєктування.

CAD-системи мають значний вплив на моделювання ендопротезів кульшового суглоба і призначені для полегшення процесу розробки та виробництва таких пристроїв. Користь від використання CAD-систем наступна: можливість створювати точні та прецизійні 3D-моделі ендопротезів; прискорення процесу

розробки, а саме можливість швидко створювати, модифікувати та аналізувати різні варіанти дизайну ендопротезу; проведення віртуальних тестів та аналізів, що допомагає інженерам оптимізувати форму та функції ендопротезу для забезпечення максимальної ефективності та зручності використання; автоматизація процесу виробництва завдяки легкій інтеграції з технологіями САМ-систем; можливість імітації рухів та функцій суглобу, що допомагає визначити, наскільки добре ендопротез взаємодіє з навколишніми тканинами та оптимізує фізичні властивості протезу; ефективна комунікація між різними учасниками проекту, включаючи інженерів, лікарів та виробників.

Дана робота спрямована на вибір оптимальної CAD-системи в якості підсистеми комп'ютерного моделювання для розробки і проєктування ендопротезів.

Мета і завдання дослідження. Мета магістерської роботи полягає у розробці ендопротезу кульшового суглобу з використанням підсистеми комп'ютерного моделювання.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі основні завдання:

1. За даними науково-методичної літератури розглянути різні системи комп'ютерного моделювання, їх основні риси, переваги та недоліки;
2. Обрати найбільш підходящу систему для розробки та проєктування ендопротезу;
3. Показати принципи використання обраної системи на прикладі розробки ендопротезу кульшового суглобу;
4. Показати можливості використання обраної системи на прикладі моделювання роботи ендопротезу кульшового суглобу в умовах експлуатації.

Об'єктом дослідження – комп'ютерна розробка і моделювання ендопротезів.

Предмет дослідження – системи комп'ютерного моделювання, які можна використовувати як підсистеми для проєктування ендопротезів.

Методи дослідження базуються на порівнянні систем комп'ютерного моделювання за допомогою аналізу науково-методичної літератури, виборі критеріїв, яким повинні відповідати

дані системи, а також наочно показана робота в даній системі, її можливості та функції.

Наукова новизна отриманих результатів:

Обґрунтовано обрання підсистеми для проєктування ендопротезів, яка забезпечує якість та зручність розробки моделей, а також подальші дослідження і аналіз їх технічних характеристик.

Практичне значення отриманих результатів:

Правильний вибір підсистеми комп'ютерного моделювання дозволяє розробити та протестувати ендопротез кульшового суглобу з мінімальними витратами коштів, часу та людських ресурсів.

Апробація результатів магістерської роботи. Основні положення магістерської роботи та результати досліджень подано до участі на конференції:

- Вінченко Д.І., Вибір оптимальної CAD-системи для розробки і проєктування ендопротезів / Д.І. Вінченко, М.Ю. Тягунова, Т.В. Голуб // Тиждень науки-2023. Факультет комп'ютерних наук і технологій : наук.-техн. конф., 24-28 квітня 2023 р. : тези доп. – / Редкол. : Вадим ШАЛОМЄЄВ (відпов. ред.) Електрон. дані. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2023. – С. 65-68 – 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см. – назва з тит. екрана.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилення. Основна частина містить 82 сторінок, 63 рисунок і 2 таблиць, перелік джерел посилення з 27 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

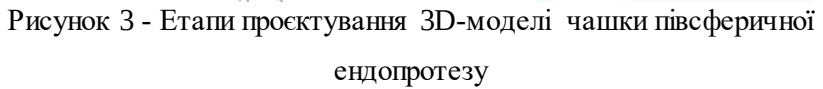
У першому розділі виконано аналітичний огляд різноманітних систем комп'ютерного моделювання. За результатами складено таблицю 1 за основними критеріями предметів аналізу, у яких зазначено основні переваги та недоліки систем для розробки ендопротезу кульшового суглоба.

У результаті аналізу було обрано оптимальну систему для розробки ендопротезу кульшового суглоба якою являється SolidWorks.

Таблиця 1 - Порівняльна таблиця сучасних CAD – систем

Система	Легкість опанування та використання	Пряма інтеграція з верстатами ЧПК	3d- моделювання	Підтримка ЄСКД	Наявність баз даних стандартних виробів	Ціна ліцензії на рік
Fusion 360 CLOUD Commercial	+	+	+	-	-	21752 грн
SolidEdge SHINING 3D EDITION SOFTWARE	+	-	+	+	+	65800 грн
AutoCAD 2022	+	-	-	-	-	74 412 грн
SOLIDWORKS Professional	+	+	+	+	+	139308 грн
NX	-	+	+	+	+	Ціну уточнювати у виробника
CATIA	-	+	+	-	-	Ціну уточнювати у виробника
INVENTOR Professional 2023	-	-	+	-	-	91869,80 грн
Creo	-	+	+	-	-	Ціну уточнювати у виробника
Rhino	-	-	+	-	-	Ціну уточнювати у виробника
BricsCAD Lite V24 -	+	+	+	-	-	423 561 грн (11088\$)
Onshape	+	-	+	+	-	Ціну уточнювати у виробника
FreeCAD	+	-	+	-	-	Безкоштовна

У другому розділі представлена обрана система комп'ютерного моделювання - SolidWorks. Описані його функції, можливості, програмні продукти та безпосередньо представлено



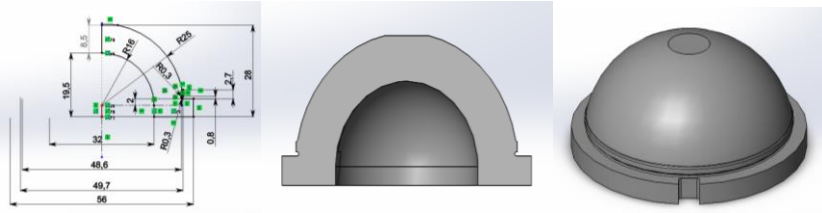


Рисунок 4 - Етапи проектування 3D-модель вкладки ендопротезу

Далі виконуємо збірку всіх складових частин в одну збірку. Всі компоненти разом утворюють ендопротез кульшового суглоба.



Рисунок 5 - Етапи зборки ендопротезу кульшового суглоба

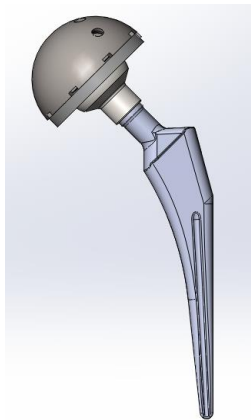


Рисунок 6 - 3D-модель ендопротезу кульшового суглоба в зборі

У **третьому розділі** представлено можливості SolidWorks при моделюванні роботи ендопротезу кульшового суглобу ніжки в умовах експлуатації, а саме проведена оцінка запасу міцності розробленого ендопротезу методом кінцевих елементів, виконано

порівняння запасу міцності розробленого протезу з ендопротезами АТ «Мотор Січ», проведена перевірка діапазону кутових рухів між стегновим і вертлюжним компонентами, визначені масові характеристики ніжки, показані можливості модулів SolidWorks, таких як PhotoView 360.

Для виявлення міцності розробленого протезу проведено оцінку запасу міцності та виявлено, що найбільш навантаженим елементом ніжки є перехід шийки ендопротезу до основи ніжки, максимальне значення напруги на ніжку становить $\approx 322\text{МПа}$, що значно нижче межі міцності титану ВТ 6, яка становить -1050МПа . Виходячи з цього, коефіцієнт запасу міцності становить $-3,262$. Зміщення головки згідно склало $-0,025\text{мм}$, результати навантажень представлені на рисунку 7 та 8.

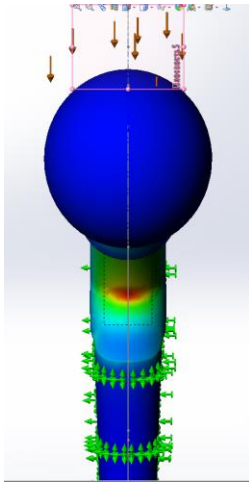


Рисунок 7 - Розподіл еквівалентних навантажень по критерію von Mises

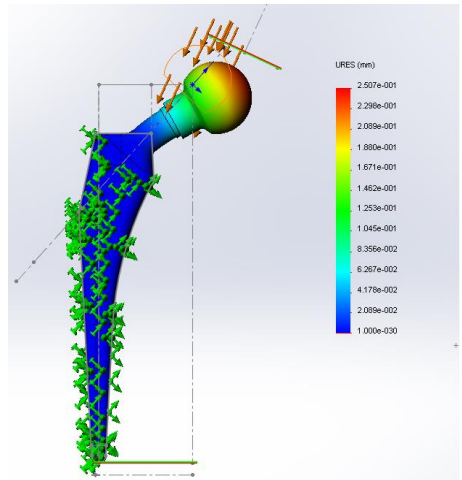


Рисунок 8 - Зміщення головки відносно вихідного положення

Також для порівняння провели випробування ендопротезів «ІТО- Мотор Січ» з аналогічними технічними характеристиками і вимогами, які були розроблені раніше. Для реалізації даного випробування було розроблено проект ендопротезу кульшового суглобу даного виробника в цьому ж середовищі.

За підсумками проведених випробувань складено побудовано графік залежності запасу міцності від типорозміру ендопротезів і головок сферичних, що використовуються до них.

За результатами розрахунків видно, що ніжки за типом Мюллера (синя крива на графіку) мають достатній запас міцності і значно перевершують запас міцності ендопротезів «ІТО-Мотор Січ» (жовта крива на графіку), дивись рис. 9.

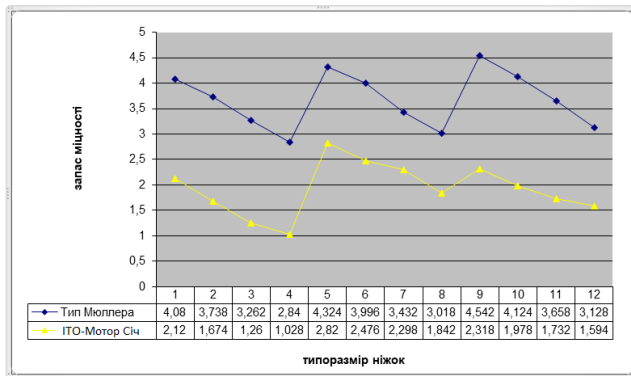


Рисунок 9 - Графік залежності запасу міцності від типорозміру ендопротезів і сферичних головок, що застосовуються до них.

Провели перевірку діапазону кутових рухів між стегновим і вертлюжним компонентами, згідно ISO 14242-1-2012.

Результаті моделювання свободи рухів кульшового суглобу в фронтальній, сагітальній і горизонтальній площинах представлені на рисунку 10.

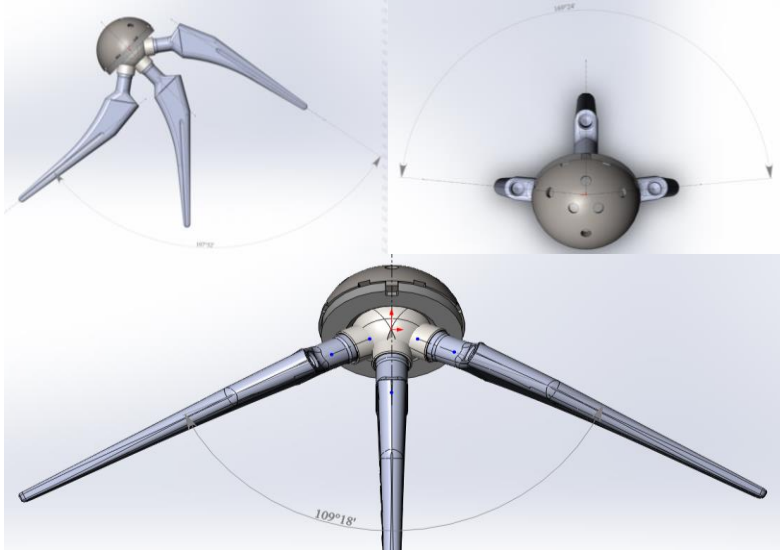


Рисунок 10 - Перевірка діапазону кутових рухів.

За допомогою програмних модулів SolidWorks була визначена маса розробленої ніжки (рисунок 11) – 89,46 грама та за допомогою модуля PhotoView 360 вдалося виконати рендерінг 3D- моделі ніжки та побачили, який вона матиме вигляд наживо (рисунок 12).

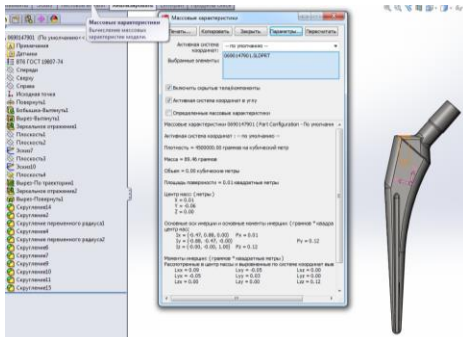


Рисунок 11 – Визначення маси ніжки



Рисунок 12 – Ніжка отримана в PhotoView 360

ВИСНОВКИ

Результати, отримані в магістерській роботі, є рішенням практичної задачі вибору підсистеми комп'ютерного моделювання - SolidWorks, що дозволяє розробити та протестувати ендопротез кульшового суглобу з мінімальними витратами коштів, часу та людських ресурсів.

Отримано такі теоретичні та практичні результати:

1. За даними науково-методичної літератури розглянуто різні системи комп'ютерного моделювання, їх основні риси, переваги та недоліки;
2. Обрана найбільш підходяща систему для розробки та проєктування ендопротезу - SolidWorks;
3. Показані принципи використання обраної системи на прикладі розробки ендопротезу кульшового суглобу;
4. Показані можливості використання обраної системи на прикладі моделювання роботи ендопротезу кульшового суглобу в умовах експлуатації.

Таким чином, всі поставлені в роботі задачі виконані й мета досягнута.