

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Навчально-науковий центр заочної форм навчання
(повна назва)

Кафедра _____ Біомедичної інженерії
(повна назва)

АНОТАЦІЯ кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський)

_____ Моделювання ортезів на хребет при сколіозі і кіфозі
_____ та застосування 3D технологій для їх виготовлення
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ОРТІзм-20-1

_____ Садовнік А. Б.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 163 Біомедична інженерія

(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ «Ортопедичні технології
та інженерія»

(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ к.т.н. доц. Хміль Н.В.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри БМІ _____
(підпис)

_____ Аврунін О.Г.
(прізвище, ініціали)

2022 р.

ВСТУП

Проблема інвалідності і реабілітації інвалідів в Україні з кожним роком привертає все більшу увагу. На превеликий жаль, тема протезування та ортезування молодих людей в Україні набрала велику актуальність. У сучасних умовах життя травми і втрати верхніх кінцівок часто трапляються в ході бойових дій а також на виробництві й в побуті. Більшість з них отримують травми різного ступеня тяжкості або навіть ампутацію деяких частин тіла і, як правило, після лікування залишаються частково або повністю непрацездатними. Зараз, велика актуальність, нажаль, наслідків поранень під час бойових дій. Повернутися до активного життя при цьому достатньо складно без протезування, ортезування та спеціалізованих технічних засобів реабілітації.

Останнім часом 3D-технології все частіше застосовуються в медицині, протезно-ортопедичній галузі для друку елементів протезно-ортопедичних виробів різної величини, конфігурації і складності, таких як окремі комплектуючі протезів і ортезів як невеликого розміру, так і великих деталей (індивідуальні куксоприймальні гільзи і корсети на тулуб для корекції викривлень хребта) [1-13].

На думку провідних світових аналітиків, основними чинниками успіху в сучасному промисловому виробництві є: скорочення терміну виходу продукції на ринок, зниження її собівартості і підвищення якості. До числа найбільш ефективних технологій, що дозволяють виконати ці вимоги, належать так звані CAD/CAM/CAE-системи (системи автоматизованого проектування, технологічної підготовки виробництва і інженерного аналізу) [13-25].

Актуальність ортезування при захворюваннях хребта розглядається у джерелах [26-29]. Технології швидкого прототипування у медицині також розглядаються у літературі [30-35]. Методи обробки та аналізу діагностичних зображень наведені у джерелах [36-42]. Підходи до фізичної реабілітації, зокрема у

дистанційному режимі наведено у джерелах [43-45]. Біофізичні основи та технології ортезування розглядаються у літературі [46-48].

Магістерська кваліфікаційна робота складається з 4-х розділів: аналітичного огляду систем ортезування, вибору технічного та програмного забезпечення для отримання та попередньої обробки 3D-моделей для ортезування, розробки структурної схема CAD/CAM системи для виготовлення ортезів на хребет, розробки технології виготовлення ортезів на грудний, поперековий і крижовий відділи хребта з використанням cad/cam технології

ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Мета роботи – вивчити та опанувати технологію виготовлення ортезів на хребет при сколіозі і кіфозі на основі методів швидкого прототипування.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення ортезів на на хребет при сколіозі і кіфозі.

Предмет дослідження – технологія виготовлення ортезів на хребет при сколіозі і кіфозі.

Результати роботи можуть бути використані у спеціалізованих клініках та реабілітаційних центрах.

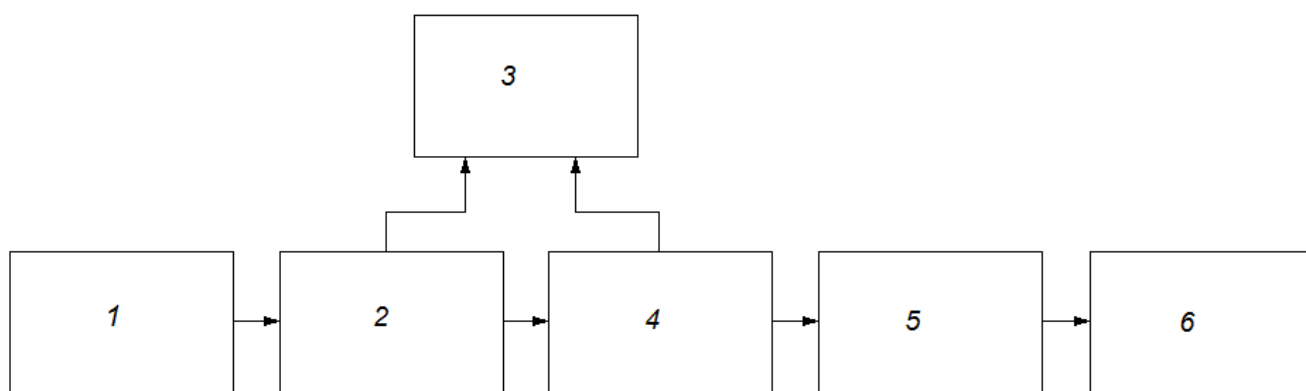
В першому розділі проведено медико-технічне обґрунтування роботи, визначено, що останнім часом 3D-технології все частіше застосовуються в медицині, протезно-ортопедичній галузі для друку елементів протезно-ортопедичних виробів різної величини, конфігурації і складності, таких як окремі комплектуючі протезів і ортезів як невеликого розміру, так і великих деталей (індивідуальні куксоприймальні гільзи і корсети на тулуб для корекції викривлень хребта. До числа найбільш ефективних технологій, що дозволяють виконати ці вимоги, належать так звані CAD/CAM-системи (системи автоматизованого проектування та підтримки виготовлення).

CAD-системи (системи комп'ютерної підтримки проектування) призначені для вирішення конструкторських завдань і оформлення конструкторської документації. Як правило, в сучасні CAD-системи входять модулі моделювання тривимірної об'ємної конструкції (деталі) і оформлення креслень і текстової конструкторської документації (специфікацій, відомостей і так далі). Провідні тривимірні CAD-системи дозволяють реалізувати ідею наскрізного циклу підготовки і виробництва складних виробів.

CAM-системи (системи комп'ютерної підтримки виготовлення) забезпечують швидке прототипування та виготовлення складних виробів.

У другому розділі наведено принципи 3D-сканування тіла людини та та опис програмного забезпечення для роботи з отриманими просторовими моделями.

У третьому розділі проведено розробку наведено структурну схему CAD/CAM-системи виготовлення ортезів на хребет, що наведена на рисунку 1. До її складу входять модулі 3D-сканування, отримання 3D-моделі та її модифікації, модуль візуалізації моделі, модулі формування G-коду та прототипування ортезу.



- 1 - модуль 3D сканування;
- 2 - модуль формування 3D-моделі;
- 3 - модуль візуалізації 3D-моделі;
- 4 - модуль модифікації 3D-моделі;
- 5 - модуль формування G-коду 3D-моделі;
- 6 - модуль прототипування 3D-моделі.

Рисунок 1 – Структурна схема CAD/CAM-системи виготовлення ортезів на хребет

У четвертому розділі було розглянуто особливості технології виготовлення ортезів на хребет та повний цикл виготовлення ортезів у CAD/CAM системі. Проведено обґрунтований аналіз отриманих результатів виготовлення ортезів на хребет з урахуванням індивідуальної варіабельності.

ВИСНОВКИ

Проведений аналіз публікацій показав високу актуальність виготовлення ортезів на хребет та застосування при цьому CAD/CAM технологій.

Відпрацьовано технологію та розроблено типовий технологічний процес виготовлення ортезів на хребет з використанням 3D-сканування та CAD-CAM технологій.

Здійснена в роботі спроба застосування CAD-CAM технологій для сканування, обробки цифрової моделі та виготовлення експериментальних зразків ортеза засвідчила перспективність такого підходу та необхідність його подальшого розвитку.

Обґрунтовані апаратні засоби та параметри 3D-сканування для отримання просторових моделей торсу та створення ортезів на хребет.

Використання CAD-CAM технологій за рахунок роботи з сучасними методами та апаратними засобами дозволяє суттєво підвищити ефективність виготовлення персоналізованих ортезів на хребет.

Перспективою роботи є широке впровадження CAD-CAM технологій для виготовлення ортезів на хребет..

КЛЮЧОВІ СЛОВА

**ПРОТОТИПУВАННЯ, ОРТЕЗ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, СКАНУВАННЯ, ОБРОБКА
ЗОБРАЖЕНЬ, ОРТЕЗУВАННЯ**

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Доступність як важлива умова реалізації прав людини // Інвалідність та суспільство: навчально-методичний посібник / Під ред. Л. Ю. Байди, О. В. Красюкової-Еннс. - К., 2008. - Розд. 5. С. 11–127.

2. Постанова Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку забезпечення технічними та іншими засобами реабілітації інвалідів, дітей-інвалідів та інших окремих категорій населення, переліку таких засобів»: від 5 квітня 2012 р. № 321 (зі змінами) // Офіційний вісник України. -2012. - № 31. - С. 163.

3. ISO 9999:2002 «Technical aids for persons with disabilities - Classification and terminology» (Технічні засоби допомоги для осіб з обмеженнями життєдіяльності - Класифікація і термінологія).

4. «Номенклатура технічних та інших засобів реабілітації для осіб з фізичними вадами, що виробляються та/або реалізуються в Україні», затверджена наказом Міністерства соціальної політики України від 6 грудня 2012 р. № 756 (зі змінами). – Київ. - 486 с.

5. Призначення крісел колісних з ручним та електричним приводом: методичні рекомендації для спеціалістів сервісних центрів, фахівців місцевих органів соціального захисту населення України : методичні рекомендації / Міністерство соціальної політики України. - Київ, 2011.

6. R. Horstmeier, T. Pech-Larisch. Новая измерительная система определяет энерготребования к передвижению на инвалидной коляске / ОТ № 12. - 2014, стр. 44-47.

7. Петрухин А.В., Золотарев А.В. Автоматизация построения и анализа 3D моделей в задачах медицинской диагностики – Известия ВолгГТУ – 2011 №9(35). – С. 111-114.

8. Примеры использования 3D-печати в области медицины Источник: <http://3d-expo.ru/ru/protez-ruki-flexy-hand-2-budushchee-protezirovaniya-s-pomoshchyu-3d-pechati>.

9. П.С.Носов, А.Д. Яланский, В.А. Яковенко. Проектування 3D-моделі реабілітаційного корсету як засобу комп'ютерної діагностики постави // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків : Технол. Центр, 2013. - №3/2 (63). – С.30-33.

10. P.S. Nosov, A.D.Yalansky, V.O.Iakovenko/ 3D modeling of rehabilitation corset with use of PowerSHAPE Delcam // Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві : Збірник наукових праць. – Вип. 1 (2) – Одеса: Наука і техніка. – С.222-231.

11. Петраков Ю.В. Оцінка точності виготовлення 3-D поверхні ендопротеза колінного суглоба людини / Писаренко В.В. // Вісник НТУУ «КПІ». – 2012. - №66. С. 11-16.

12. В.О. Залога. До питання використання сучасних інформаційних технологій в стоматології та ортопедії / О.О. ЗАЛОГА // Сучасні технології в машинобудуванні. – Суми. - Вип. 9. – 2014.

13. Петраков Ю.В., Писаренко В.В. Розенберг О.О. Нова концепція проектування 3-D моделі ендопротезу суглобу людини – Вісник Житомирського державного технологічного університету №51, 2009.-С. 73-80.

14. Какие технологии 3D печати существуют? [Електроний ресурс] / Режим доступу: <http://3dprinter.org.ua/3d-print-technology>.

15. KF Gretsch, Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees / HD Lather, KV Peddada, CR Deeken, LB Wall, CA Goldfarb // Prosthetics and Orthotics International.- 2016.- v. 40.- N 3.- pp. 400-403.

16. Ликбез о точности и качестве современной 3Д печати. FDM, SLA 3D принтеры [Електроний ресурс] / Режим доступу: <http://3dprinter.org.ua/3d-print-quality/>.

17. Zhang R, Li L. Yu LN and other 3D Solid Model of Mandible with Dental Arch via LOM method – Shanghai kou Qiang yi xue. Shanghai Journal of Stomatology – 2000, №9(4) –PP. 240-242.

18. Какой пластик лучше использовать? [Електроний ресурс] / Режим доступу: <http://3dprinter.org.ua/choice-filament-abs-pla>.

19. Каталог 3D-принтеров [Электроний ресурс] / Режим доступа : [http : // 3 d printer. org.ua](http://3dprinter.org.ua).
20. Какое программное обеспечение использовать для 3D печати? [Электроний ресурс] / Режим доступа : [http : // 3 d printer.org.ua / 3d printer soft/](http://3dprinter.org.ua/3dprintersoft/).
21. S. Seelecke. Био-подобная искусственная кисть с проволокой NiTi для мышц и нервов / F. Simone // *Orthopädie Technik*. 2016. - № 5. С. 62-66.
22. J. Breuninger. Потенциал аддитивных процессов изготовления в ортопедической технологии /U. Daub, R. Werder, U. Schneider // *ОТ*. № 6. 2015. С. 22-27.
23. Н. Böhm. Модели стопы для анализа функции стопы – что важно для успешного применения? / М. Höst, L. Döderlein // *ОТ* № 12, 2015. С. 20-24.
24. KF Gretsch. Разработка нового 3D-напечатанного роботизированного протеза для инвалидов с ампутацией предплечья (Development of novel 3D-printed robotic prosthetic for transradial amputees) / HD Lather, KV Peddada, CR Deeken, LB Wall, CA Goldfarb // *Prosthetics and Orthotics International*, 2016, v. 40, N 3, pp. 400-403.
25. П.С.Носов 3D моделювання конструкції ортопедичного корсету у DELKAM HJWERSHAPE-FEATURECAM / *Науковий вісник Херсонської державної морської академії* № 1(8). 2013.
26. Лечение сколиоза корсетом Шено. Медицинский Центр Ортоспайн [Электроний ресурс] / Режим доступа [http: // orthospine.com.ua/nashi-uslugi/skolioz.html](http://orthospine.com.ua/nashi-uslugi/skolioz.html).
27. A.Marc, C. Douglas, Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. – Department of Orthopedic Surgery, University of Kansas Medical Center, Kansas City, KS, USA. - 2003.
28. Morningstar M.W., Woggon D., Lawrence G. Scoliosis treatment using a combination of manipulative and rehabilitative therapy: a retrospective cfse series. – *BMC Musculoskelet Disord*. – 2004.
29. F. Hoeltzel. Изготовление корсетов – последние технологии компьютерного проектирования /*Orthopädie Technik*. 2016. - № 2, С. 36-38.

30. Бых А.И. Возможности реконструкции черепных дефектов по данным краниографии / Бых А.И., Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. // Теоретическая электродинамика. – 2008. – №4. – С.113 - 116.

31. Сипитый В.И. Особенности применения методик 2D и 3D компьютерной томографии при моделировании имплантатов для краниопластики фронтоорбитальных костных дефектов / В. И. Сипитый, Ю. А. Бабалян, О. Г. Аврунин // Медицина сегодня и завтра. – 2007. – № 4. – С. 60-63.

32. Avrunin O, Tymkovych M, Drauil J. Automated technique for threedimensional reconstruction of cranial implant based on symmetry, Proceedings of the Information Technologies in Innovation Business Conference (ITIB). 2015. p. 39-42.

33. Шамраева, Е.О. Выбор метода сегментации костных структур на томографических изображениях /Е.О. Шамраева, О.Г. Аврунин // Бионика интеллекта: информация, язык, интеллект. – 2006. – № 2 (65). – С. 83– 87.

34. Аврунин О.Г., Шамраева Е.О. Реконструкция объемных моделей черепа и имплантата по томографическим снимкам // Системы обработки информации: сб. науч. пр. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 9 (67). – С. 137-140.

35. Шамраева Е.О, Аврунин О.Г. Построение моделей черепных имплантов по рентгенографическим данным // Прикладная радиоэлектроника. – 2005.– Т4, С. 441-443.

36. Аврунин О.Г. Опыт разработки программного обеспечения для визуализации томографических данных/ О. Г. Аврунин // Вісник НТУ «ХП». – 2006. – № 23.– С. 3-8.

37. Книгавко, Ю.В. Программная визуализация объемных медицинских данных / Ю.В. Книгавко, О.Г. Аврунин // Журн. Техн. електродинаміка – 2011. – С. 301-308.

38. Аврунин О. Г. Визуализация данных контрастной компьютерной томографии / О. Г. Аврунин, Т. А. Карпенко // Прикладная радиоэлектроника. – 2007. – № 1. – С. 56-61.

39. Аврунин О. Г. Определение степени инвазивности хирургического доступа при компьютерном планировании оперативных вмешательств / О. Г. Аврунин, М. Ю. Тымкович., Х. Фарук // Бионика интеллекта. – 2013.– № 2 (81). – С. 101–104.

40. Тымкович М.Ю. Использование DICOM-изображений в медицинских системах / М. Ю. Тымкович, О. Г. Аврунин, В. В. Семенец // Техн. электродинамика: Тематич. вып. – 2012. – Т.4. – С. 178-183.

41. Avrunin, O. G., Nosova, Y. V., Abdelhamid, I. Y., Pavlov, S. V., Shushliapina, N. O., Wójcik, W., . . . Kalizhanova, A. (2021). Possibilities of automated diagnostics of odontogenic sinusitis according to the computer tomography data. *Sensors (Switzerland)*, 21(4), 1-22. doi:10.3390/s21041198.

42. Я. В. Носова, О. Г. Аврунін, Н. О. Шушляпина, І. Ю. Абделхамід, і А. Б. Алі Саєд, «Порівняльний аналіз математичних та натурних моделей при визначенні коефіцієнту аеродинамічного носового опору», *Опт-ел. інф-енерг. техн.*, вип. 42, вип. 2, с. 33–43, Жов 2022.

43. Интеллектуальні технології в медичній діагностиці, лікуванні та реабілітації: монографія / [С.В. Павлов, О.Г. Аврунін, С.М. Злепко, Є.В. Бодянський та ін.]; за редакцією С. Павлова, О. Авруніна. – Вінниця: ПП «ГД «Едельвейс і К», 2019. – 260 с.

44. Створення сучасного відеоконтенту для дистанційного навчання та фізичної реабілітації / О. Г. Аврунін, Я. В. Носова, К. Г. Селіванова, Г. П. Грохова, О. Ю. Прісич // Електроенергетика, електромеханіка та технології в АПК : [Електронний ресурс] : Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 22 грудня 2022 р. / Держ. біотехнологічний ун-т. – Х.: 2022. – С. 82-83.

45. Аврунін О. Г. Можливості 3D-контенту при фізичній реабілітації в дистанційному режимі / О. Г. Аврунін, Г. П. Грохова, О. Ю. Прісич та ін. Реабілітація та протезування/ортезування ХХІ століття. Проблематика, перспективи та міжнародні стандарти відновлення рухової активності : Матеріали науково-практ. конф. з міжнародною участю. Харків: УкрНДПротезування, 2021. – С. 143-145.

46. Конструювання та технології виготовлення ортезів на хребет: навч. посібник / А. Д. Салєєва, О. Г. Аврунін, В. Г. Петров, Т. В. Носова, П. О. Баєв, В. В. Півоваров, І. В. Карпенко, С. В. Корнєєв. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – 176 с.

47. Салєєва А.Д., Солнцева І.Л., Белєвцова Л.О., Носова Т.В., Семенець В.В. Виробничі технології та матеріали: Навч. посібник / А. Д. Салєєва, І. Л. Солнцева, Л. О. Белєвцова, Т. В. Носова, В. В. Семенець. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – 92 с.

48. Біомеханічні основи протезування та ортезування: навчальний посібник / А. Д. Салєєва, В. В. Семенець, Т. В. Носова, І. М. Василенко, П. О. Баєв, С. В. Корнєєв, О. М. Литвиненко, І. В. Карпенко, І. М. Чернишова, І. В. Кабаненко. – Харків: ХНУРЕ, 2022. – 352 с.