

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Механіко-машинобудівний
(факультет)

Кафедра механічної та біомедичної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

Студента Гурова Іллі Андрійовича
(ПІБ)

академічної групи 132-20ск-4 ММФ
(шифр)

спеціальності 132 Матеріалознавство
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(за наявності)

за **освітньо-професійною програмою** «Біотехнічне та медичне матеріалознавство»
(офіційна назва)

на тему «Дослідження впливу параметрів армуючих елементів на механічні властивості односпрямованих вуглепластиків медичного призначення»
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Долгов О.М.			
розділів:				
Вступ та постановка задачі кваліфікаційної роботи	Долгов О.М.			
Обґрунтування моделі односпрямованого композиційного матеріалу	Долгов О.М.			
Алгоритм визначення властивостей односпрямованого моношару за різних видів навантаження	Долгов О.М.			
Аналіз залежності механічних властивостей односпрямованих вуглепластиків від складу армуючих елементів	Долгов О.М.			
Рецензент	д.т.н. Гришак В.З.			
Нормоконтролер				

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
механічної та
біомедичної інженерії
(повна назва)

_____ Колосов Д.Л.
(підпис) (прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню _____ бакалавра
(бакалавра, спеціаліста, магістра)

студенту Гурову Іллі Андрійовичу академічної групи 132-20ск-4 ММФ
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 132 Матеріалознавство
спеціалізації _____

за **освітньо-професійною програмою** «Біотехнічне та медичне матеріалознавство»

на тему «Дослідження впливу параметрів армуючих елементів на механічні властивості односпрямованих вуглепластиків медичного призначення»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»
№ 310-С від 01.05.2023 р. Додаток №3

Розділ	Зміст	Термін виконання
Вступ та постановка задачі кваліфікаційної роботи	Предмет дослідження і постановка задачі.	22.05.2023
Обґрунтування моделі односпрямованого композиційного матеріалу	Опис моделі дослідження. Найпростіша мікромодель композиційного матеріалу. Ефективні модулі пружності моношару.	30.05.2023
Алгоритм визначення властивостей односпрямованого моношару за різних видів навантаження	Визначення міцнісних властивостей моношару. Питомі характеристики композиційного матеріалу. Коефіцієнти лінійного температурного розширення.	14.06.2023
Аналіз залежності механічних властивостей односпрямованих вуглепластиків від складу армуючих елементів	Обробка та систематизація масиву розрахункових вихідних даних. Дослідження впливу механічних властивостей волокон на пружні характеристики, міцність і КЛТР односпрямованих композитів. Аналіз і висновки.	22.06.2023

Завдання видано _____
(підпис керівника)

Долгов О.М.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 22.05.2023

Дата подання до екзаменаційної комісії 03.07.2023

Прийнято до виконання _____

Гуров І. А.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с, 33 рис., 4 табл., 39 джерел.

КОМПОЗИЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ, МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ, ВУГЛЕЦЕВІ ВОЛОКНА, ЕПОКСИДНА МАТРИЦЯ, ОДНОСПРЯМОВАНИЙ МОНОШАР, ПРУЖНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, МІЦНІСТЬ, МЕДИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ.

Об'єкт дослідження – односпрямовані вуглепластики з епоксидною матрицею.

Мета роботи – вибір і обґрунтування моделі об'єкту дослідження, визначення основних механічних параметрів вуглепластиків і проведення за отриманими результатами аналізу впливу волокон на властивості односпрямованих моношарів.

Результати та їх новизна – на основі найпростішої моделі мікромеханіки проведено дослідження впливу параметрів армуючих елементів на механічні властивості односпрямованих вуглепластикових моношарів з епоксидною матрицею. Визначено основні механічні характеристики за різних видів навантаження: повздовжнього і трансверсального розтягу-стиску, та зсуву у площині волокон.

В якості бази дослідження розглянуто механічні властивості вуглецевих волокон 17 марок провідних виробників зі США, Японії, Великої Британії і Франції. За отриманими результатами побудовано залежності повздовжньої, трансверсальної міцності та міцності моношарів на зсув від пружних властивостей волокон і визначено відповідні питомі характеристики та коефіцієнти лінійного температурного розширення.

Як результат, зроблений висновок про можливість практичного застосування деяких сполук вуглецевих волокон і полімерних матриць, у тому числі медичного призначення.

Теоретичну базу дослідження склали праці вітчизняних та зарубіжних вчених у сфері матеріалознавства та механіки композиційних матеріалів.

У роботі використовувалися методи порівняльного та системного аналізу та синтезу.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – підвищення показників фізико-механічних властивостей композиційних матеріалів шляхом вибору армуючих елементів.

ЗМІСТ

1.ВСТУП ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	5
1.1 Прийняті скорочення	5
1.2 Основні поняття та визначення	5
1.3 Властивості, застосування, переваги та недоліки композиційних матеріалів	7
1.4 Полімерні матриці	9
1.5 Вуглецеві волокна	10
1.6 Застосування вуглецевих матеріалів у медицині	14
1.7 Предмет дослідження і постановка задачі	22
2. ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ОДНОСПРЯМОВАНОГО КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ	23
2.1 Загальний опис моделі дослідження	23
2.2 Найпростіша мікромодель композиційного матеріалу	25
2.3 Ефективні модулі пружності моношару	28
2.4 Висновки до розділу 2	30
3. АЛГОРИТМ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОДНОСПРЯМОВАНОГО МОНОШАРУ ЗА РІЗНИХ ВИДІВ НАВАНТАЖЕННЯ	31
3.1 Види навантаження моношарів композиційного матеріалу	31
3.2 Розрахунок пружних констант	31
3.3 Визначення міцнісних властивостей моношару	34
3.3.1 Міцність при розтягуванні (стисканні) вздовж волокон	34
3.3.2 Межа міцності при трансверсальному розтягуванні (стисканні)	36
3.3.3 Межа міцності при зсуві	37
3.4 Питомі характеристики композиційного матеріалу	38
3.5 Коефіцієнти лінійного температурного розширення	38
3.6 Висновки до розділу 3	40
4. АНАЛІЗ ЗАЛЕЖНОСТІ МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ОДНОСПРЯМОВАНИХ ВУГЛЕПЛАСТИКІВ ВІД СКЛАДУ АРМУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ	41
4.1 Обробка та систематизація масиву розрахункових вихідних даних	41
4.2 Оцінка пружних сталей	44

4.3 Дослідження міцності при розтягуванні та стисканні	46
4.4 Дослідження міцності при зсуві	48
4.5 Визначення та аналіз коефіцієнту лінійного температурного розширення	49
4.6 Порівняльний аналіз питомої жорсткості та міцності	50
4.7 Висновки до розділу 4	52
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	53
ДОДАТОК А	56
ДОДАТОК Б	59

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу сучасного стану питання щодо практичного використання вуглепластиків медичного призначення розглянуто моделі волокон і матриці в односпрямованих КМ і прийнято відповідні допущення щодо їх матеріалів.
2. Для визначення й аналізу пружних констант КМ вибрана найпростіша мікромодель односпрямованого моношару.
3. Розглянуту модель запропоновано для аналізу пружних сталей і міцнісних характеристик при повздовжньому та трансверсальному розтягу-стиску і зсуві КМ:
 - модулів пружності, коефіцієнтів Пуассона і модуля зсуву односпрямованих КМ;
 - повздовжньої і трансверсальної межі міцності при розтягуванні та стисканні;
 - межі міцності при зсуві;
 - питомих характеристик КМ;
 - коефіцієнтів лінійного температурного розширення у повздовжньому і поперечному напрямку.
4. Систематизовано масив вихідних даних для реальних вуглецевих волокон, що застосовуються у практиці створення композиційних матеріалів.
5. За алгоритмом, розглянутому у розділі 3, визначено пружні і міцнісні параметри односпрямованих КМ в залежності від властивостей вуглецевих волокон провідних виробників.
6. Отримані результати задовільно корелюються з експериментальними даними, представленими в існуючих інформаційних джерелах.
7. Односпрямовані КМ із застосуванням вуглецевих ПАН-волокон і епоксидної матриці можуть бути запропоновані як елементи медичних виробів.
8. За отриманими значеннями міцності односпрямованих КМ, армованих ПЕК-волоконнами, на зсув їх використання в якості конструкційних елементів, як надмірно крихких, недоцільно, особливо у медичній практиці.

Перелік використаних джерел

1. Вуглецеві волокна та вуглекомполіти: Перекладено з англ./Під ред. Е. Фітцер. – США, 2001.– 336с.
2. Вуглецеві волокна: Перекладено з япон./Під ред. Сімамури С.-Миколаїв, 1987 – 304с.
3. Вуглецеві волокна : видавництво друге / Варшавський В.Я. – Миколаїв, 2007 – 500с.
4. Композиційні матеріали: Навчальний посібник / Копань В.С. – Вінниця, 2004.– 200с.
5. Полімерні композитні матеріали й вироби з них. Одержання, перероблення та властивості / Мікульонок І. О., Радченко Л. Б. – Київ, 2005.- 179с.
6. Гетьманчук Ю. П., Братичак М. М. Хімія і технологія полімерів: Підручник.- Львів, 2006-496 с.
7. Механіка композиційних матеріалів: навчальний посібник / С.М. Верещака. – Суми:Сумський державний університет, 2013.- 160с.
8. Матеріалознавство : навчальний посібник / Афтандіянц Є.Г., Зазимко О.В., Лопатько К.Г. – Київ, 2020.– 612с.
9. Композиційні матеріали: Навчальний посібник / Копань В.С. – Вінниця, 2004.– 200с.
10. Технологія композиційних матеріалів: Навчальний посібник / Гончаренко В.В.,Коваленко І.В. – Київ, 2007.- 131с.
11. Полімерні композиційні матеріали / Джурка Г.Ф. - Полтава, 2008 – 58с.
12. Конспект лекцій з дисципліни «Композиційні будівельні матеріали» (для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання напряму 6.092100 (6.060101). – О.В. Кондращенко. – Харків: ХНАМГ, 2009. – 68 с.
13. Benson J.: Progress on biomedical applications of carbon. North American Rockwell, Rokct-dyne Report. R-7855 (1969).
14. Bokros J. C.: Carbon Biomedical Devices. Carbon, (1977), 15, pp. 355—371.
15. Anderson L., M, Ankeney J. L., Wittier A.: Material and component failure in

prosthetic heart valves. In L. R. Ruben. *Biomaterials in Reconstructive Surgery*, C. V. Mosby, St. Louis (1983), Chapter 48.

16. Kumar S., Helminiak T.E. / *SAMPE J.* — 1990. — V.26, № 2. — P.51.

17. Claes L. Burri C., Neugebauer R. Wolter D., Rose P.: The Influence of various carbon fibre braiding techniques and methods of fixation in the extensibility of ligament prostheses. *Biomaterials* (1983), 4, pp. 134—138.

18. Bruchmann II., HillHengetr K. J.: Carbon as a promising material endoprosthetics. *Biomaterials* (1980). I. pp. 67—72.

19. Haubotd A. D., Shim H. S., Bokros J. C: Developments in carbon prosthetics *Biomat. Med. Dev. Artif. Organs* (1979), 7, pp. 263—269.

20. Forster L. W., Ralis Z. A., McKibbin B., Jenkins D. H.: Biological reaction to carbon fibre implants. The formation and structure of carbon-induced «Neotendon», *Clin. Orthop* (1978), 131, pp. 299—307.

21. Jenkins D. H., Forster I. W., McKibbin B., Ralis Z. A.: Induction of tendon and ligament formation by carbon implants, *J. Bone Jt. Surg.* (1977), 59 B, pp. 53—77.

22. Jenkins D. H.: The repair of cruliate ligaments with flexible carbon fibre longer term study of the induction of new ligaments and of the fate of the implanted carbon. *J. Bone Jt. Surg.* (1978), 60 B, pp. 520—522.

23. Minns R. Muckte D. S., Donkin F.: The repair of osteochondral defects in ostcoarthritic rabbit knees by the use of carbon fibre. *Biomaterials* (1982), pp. 81—86.

24. Neugebauer R., Maurcr H. J., Huitlnger K. /.. Burri C, Claes L., Helbing G.: Trap door fixation of braided carbon knee joint ligament prosthesis in G. D. Winter. D. G. Gibbons. H. Plenk, Jr., «*Biomaterials 1980*». J. Wiley and Sons. Chichester (1982). pp. 287—293.

25. Goutaluer D., Barcovy A., Blunquaert D., Gaudickot A., Rcuveix B. / Crutiate ligament replacement with carton fibre. Lee T. Albracksson, P. I. Branemark, *Clinical applications of biomaterials.*, J. Wiley and Sons, Chichester (1982), pp. 3—10.

26. Minns R. J., Denton Af. /., Dunstone G. //., Sunler J. P.: An experimental use of a carbon fibre pitch as a hernia prosthesis material. *Biomaterials* (1982). 3, pp 199-203.

27. Brucktnann H., Maurcr H., Hutlinger K. J., Rettig H.: New carbon materials for

- joint prostheses in G. D. Winter, D. F. Gibbons, H. Plcnk. Jr.. Biomaterials. J. Wiley and Sons. Chichester (1980. 1982). pp 27—31.
28. Nevgebauer R., Bribing G., Wolter O., Mohr W., Gistinge G.: The body reaction to carbon fibre particles implanted into the medullary space of rabbits. Biomaterials (1981), 2. pp. 182—184.
29. Bradley J. S. Hastings G.: Carbon fibre reinforced plastics for orthopaedic implants in Hastings G. W., Williams D. F. Mechanical properties of Biomaterials. J. Wiley and Sons, Chichester (1980). Chapter 30.
30. Roe T., Rushton A.: Biocompatibility of carbon fibres, high density polyethylene and resultant composite material in Biomedical Polymers. London (1982). pp. 23—29.
31. Hastings G. V.: Carbon fibre resin composites for surgical implants. Composites (1978). 9. pp. 193-208.
32. O.Hoffman: The brittle strength of orthotropic materials, Composite materials, 1-2, p. 200, 1967.
33. Spector M.: Histological evaluation of porous polysulphone coated femoral prostheses in dogs. Orthop. Trans. (1980), 4. pp. 206—207.
34. L.J. Broutman, R. H. Krock: Composite materials, Vol. 4, Metal matrix composites, 8, p. 400, 1974, academic press.
35. Nishioka K., Yamakawa S., Shirakawa K. in “Materials of 3 Int. Symp. On Development in FRC Composites”.- Sheffield.-Yuly, 1986.
36. Feldman D., Sinnmaz F. // Polymer News.- 1997.-V.22, № 8.- P. 295.
37. Fraser W.A., Anckerl H. // J. Polymer Composite.-1991.-№4.-P. 641.
38. Christel P. S., Leray J. L., Sedel L., Morel Mechanical evaluation and tissue compatibility of materials for composite bone plates in G. W. Hastings, D. F. Williams . Mechanical properties of biomaterials. J. Wiley and Sons, Chichester (1980), Chapter 2
39. Stonebanks J. A., Manley T. R.: A rig for loading dentures with carbon fibre reinforcements. In Biomedical polymers. Conf. Proc. Biol Eng. Soc London (1982), pp. 75-79.