

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)

Конструкція та технологія виготовлення ортеза на гомілковостопний суглоб-  
стопу з реакцією в фазі опори для пацієнтів з наслідками мозкових інсультів  
(тема)

Виконав:

студент 2 курсу, групи ОРТІзм-20-1

Фоменко Ю. П.

(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. Кукоба А.В.

(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри БМІ

\_\_\_\_\_

(підпис)

Аврунін О.Г.

(прізвище, ініціали)

2022 р.

## ВСТУП

Інсульт або гостре порушення мозкового кровообігу – це раптове ураження головного мозку, яке виникає при будь-якому порушенні кровообігу в судинах головного мозку або крововиливі при розриві судини.

В Україні за рік реєструють близько 110 тис. випадків мозкових інсультів, кількість яких за останні 5 років збільшилася у 1,6 разів. Зростання кількості осіб з інвалідністю після гострого порушення мозкового кровообігу потребує удосконалення підходів до реабілітації. В світовій практиці лікування пацієнтів з наслідками мозкового інсульту існує багато методик відновлення рухової активності. Але не існує комплексного та системного підходу до реабілітації цих пацієнтів з застосуванням технічних засобів реабілітації з метою максимального відновлення самообслуговування та функції ходьби, що ускладнює роботу реабілітаційних центрів [1-54].

В клініці УкрНДІпротезування за 2016 – 2017 року в межах НДДКР «Удосконалення реабілітаційних заходів для пацієнтів з наслідками мозкових інсультів» було проведено комплексну реабілітацію та ортопедичне забезпечення 39 пацієнтам з наслідками інсульту, що дозволило покращити функцію рівноваги, ходьби та самообслуговування [55-60]. Крім того було розроблено систему оцінки результатів реабілітації з застосуванням сучасних тестів, що використовуються у провідних світових реабілітаційних центрах, які займаються реабілітацією пацієнтів з наслідками інсультів. Виникла необхідність систематизувати реабілітаційні заходи та призначення ТЗР в залежності від функціональних можливостей пацієнтів, які перенесли інсульт. Також існує недостатність устаткування і методик реабілітації у реабілітаційних центрів і підприємств, які потребують розширення методик реабілітації пацієнтів з наслідками мозкових інсультів за допомогою багатофункціонального тренажеру.

Серед пацієнтів з наслідками мозкових інсультів і геміпарезом зустрічаються пацієнти зі слабкістю м'язів, що розгинають колінний суглоб, при цьому значно збільшується ризик падіння, тому для покращення результату

реабілітації необхідно розробити конструкцію ортеза для пацієнтів, які мають порушення замикання колінного суглобу в фазу опори.

Тому, метою роботи є систематизація підходів до реабілітації пацієнтів з наслідками мозкових інсультів із застосуванням технічних засобів для максимального відновлення їх фізичної активності.

Завданнями дослідження було:

- аналіз даних літературних джерел з підходів до реабілітації пацієнтів, які мають наслідки мозкових інсультів з використанням механотерапії та сучасних ортезних систем на нижні кінцівки при геміпарезі;

- відпрацювання методики реабілітації пацієнтів з наслідками мозкових інсультів для відновлення функцій верхніх та нижніх кінцівок за допомогою багатофункціонального тренажеру;

- розробка алгоритму реабілітаційних заходів, призначення конструкцій ортезних систем для пацієнтів з різними проявами наслідків мозкових інсультів та заходів по освоєнню технічних засобів реабілітації;

- розробка методичних рекомендацій щодо системного підходу по організації реабілітації та ортопедичного забезпечення пацієнтів з наслідками мозкових інсультів;

- розробка конструкції та технології виготовлення ортеза на гомілковостопний суглоб-стопу з реакцією в фазу опори;

- проведення експериментального ортезування, клінічних і біомеханічних досліджень та експлуатаційних випробувань.

## ЗМІСТ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

*Мета роботи* – розробити та опанувати конструкцію та технологію виготовлення ортеза на гомілковостопний суглоб-стопу з реакцією в фазі опори для пацієнтів з наслідками мозкових інсультів.

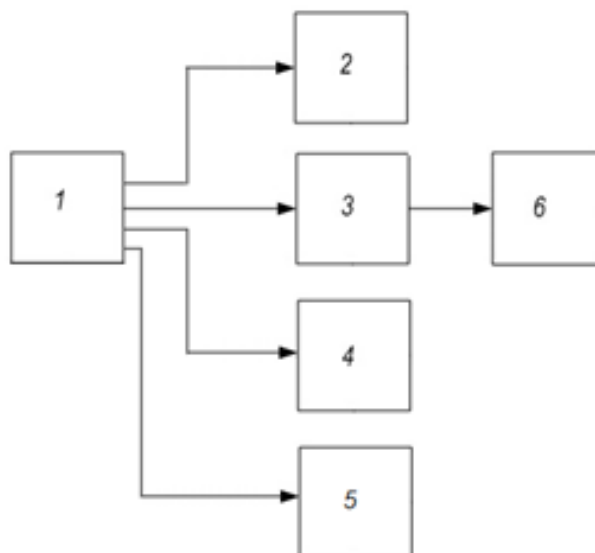
*Об'єкт дослідження* – процес виготовлення ортеза на гомілковостопний суглоб-стопу з реакцією в фазі опори для пацієнтів з наслідками мозкових інсультів.

*Предмет дослідження* – технологія виготовлення ортеза на гомілковостопний суглоб-стопу з реакцією в фазі опори для пацієнтів з наслідками мозкових інсультів.

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

Кваліфікаційна робота складається із п'яти розділів. В першому наведено медико-технічне обґрунтування розробки, в другому – загально-клінічна характеристика пацієнтів з наслідками мозкових інсультів, в третьому – конструкція ортезу на гомілковостопний суглоб - стопу з реакцією в фазу опори безшарнірний для ортезування пацієнтів з наслідками мозкових інсультів, в четвертому – підхід до ортопедичного забезпечення пацієнтів з наслідками мозкових інсультів; в п'ятому – результати реабілітації пацієнтів з геміпарезами внаслідок мозкових інсультів.

Структурна схема система дослідження пацієнтів з наслідками мозкових інсультів наведена на рисунку 1. До її складу входять модулі загально клінічного дослідження (скарги, анамнез хвороби і життя, огляд, клінічний аналіз крові, клінічний аналіз сечі, глюкоза крові, коагулограма); електрофізіологічного дослідження (ЕКГ, ЕМГ); оцінка функціонального стану пацієнта з використанням системи тестування; дослідження опороздатності ураженої нижньої кінцівки та ходьби пацієнтів біомеханічними методами дослідження (базометрія, опорні реакції) та модуль аналізу діагностичних даних.



- 1 - Пацієнт  
 2 - Модуль загально-клінічного дослідження  
 3 - Модуль електрофізіологічних досліджень  
 4 - Модуль оцінки функціонального стану пацієнта з використанням системи тестування  
 5 - Модуль біомеханічних досліджень  
 6 - Модуль аналізу результатів досліджень

Рисунок 1 – Структурна схема системи дослідження пацієнтів з наслідками мозкових інсультів

Зовнішній вигляд ортеза на гомілковостопний суглоб-стопу з реакцією в фазу опори наведений на рисунку 2. Ортез складається з індивідуальної гільзи гомілки зі стопою 1 та переднього клапана 2. Ортез фіксується на нижній кінцівці пацієнта за допомогою циркулярного кріплення 3 та стандартних кріплень 4. Для підвищення комфортності при експлуатації ортеза на кріплення 4 встановлені м'які клапани 5. Для збільшення жорсткості гільзи гомілки зі стопою 1 на її задній поверхні є елемент підсилення 6. З метою зниження тиску на колінний суглоб в передньому клапані 2 розташований пом'якшуючий пелот 7. Передній клапан 2 приєднаний до гільзи гомілки зі стопою 1 за допомогою двох осей 8. Елементи кріплення 3,4 приєднані до гільзи гомілки зі стопою 1 за допомогою заклепок «холнітен» 9.

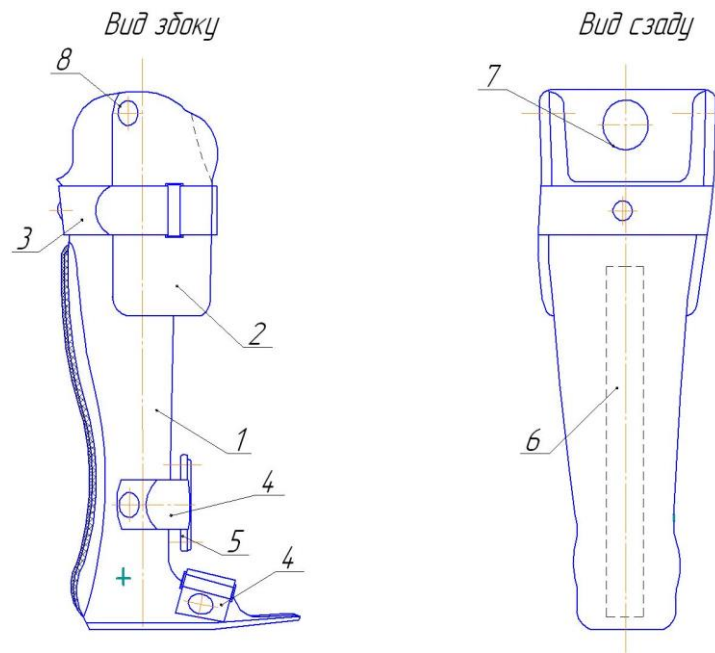


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд ортеза на гомілковостопний суглоб-стопу з реакцією в фазу опори.

## ВИСНОВКИ

Системний підхід до реабілітації включає використання сучасних методик, різних конструкцій ортезних систем та спеціальних технічних засобів реабілітації, що допомагає максимально відновити фізичну активність та самообслуговування пацієнтам з наслідками мозкових інсультів.

Комплексна реабілітація пацієнтів з наслідками мозкових інсультів з використанням методики реабілітації за допомогою багатофункціонального тренажера покращила функцію ходьби і самообслуговування, поліпшила щоденну рухову активність хворих та їх адаптацію у повсякденному житті за результатами тестування.

Розроблена конструкція та технологія виготовлення ортезу на гомілковостопний суглоб - стопу з реакцією в фазу опори утримує стопу в функціонально вигідному положенні, допомагає розігнути коліно в фазу опори та заднього поштовху, полегшує функцію ходьби та зменшує ризик падіння.

Проведене експериментальне ортезування, клінічні та експлуатаційні випробування ортезів на гомілковостопний суглоб - стопу з реакцією в фазу опори довело ефективність ортезів для покращення результатів ходьби і самообслуговування в комплексній реабілітації пацієнтів з наслідками мозкових інсультів.

Розроблений алгоритм призначення реабілітаційних заходів і забезпечення ТЗР допоможе працівникам реабілітаційних центрів в раціональному виборі медичних та технічних заходів реабілітації для пацієнтів з наслідками мозкових інсультів.

Розроблені методичні рекомендації щодо системного підходу по організації реабілітації та ортопедичного забезпечення пацієнтів з наслідками мозкових інсультів призначені спеціалістам реабілітаційних центрів для підвищення рівня реабілітаційної послуги.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА**

ОРТЕЗ, ПРОТОТИПУВАННЯ, СУГЛОБ-СТОПА, БІОМЕХАНІКА,  
ОРТЕЗУВАННЯ

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. T. Truelsen and R. Bonita: The worldwide burden of stroke: current status and future projections. in Handbook of Clinical Neurology Vol 92 (3rd Series): Stroke Part I: Basic and Epidemiological Aspects, M. Fisher, Ed. Amsterdam: Elsevier, 2009, pp. 327-336.
2. K. Strong, C. Mathers, and R. Bonita: Preventing stroke: saving lives around the world. *Lancet Neurology*, vol. 6, no. 2, pp. 182-187, 2007.
3. The Consensus Panel on the Stroke Rehabilitation System, Consensus Panel of the Stroke Rehabilitation System: —Time is Function. Ottawa, ON, Canada: .
4. P. Langhorne, F. Coupar, and A. Pollock: Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurology*, vol. 8, no. 8, pp. 741-754, 2009.
5. H. P. J. Adams, Principles of Cerebrovascular Disease. New York: McGraw-Hill, 2007.
6. G. Kwakkel, B. J. Kollen, and H. I. Krebs: Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehab Neural Repair*, vol. 22, no. 2, pp. 111-21, 2008.
7. Kwakkel G., Kollen B. Predicting improvement in the upper paretic limb after stroke: A longitudinal prospective study. *Restor Neurol Neurosci* 2007;25: 453-60.
8. Faria-Fortini I., Michaelsen S.M., Cassiano G.M., et al.: Upper extremity function in stroke subjects: Relationships between the International Classification of functioning, disability, and health domains. *J Hand Ther* 2011;24:257-64.
9. Kwakkel G., Kollen B.J., an der Grond J., et al.: Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb. The impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke. *Stroke* 2003;34:2181-6.
10. Duncan D.W., Bode R.K., Min Lai S., et al. Rasch analysis of a new stroke-specific outcome scale: The Stroke Impact Scale.: *Arch Phys Med Rehabil* 2003;84: 950-63
11. Carey J.R., Kimberley T.J., Lewis S.M., et al.: Analysis of fMRI and finger

tracking training in subjects with chronic stroke. *Brain* 2002;125(pt 4):773-88.

12. Carey J.R., Durfee W.K., Bhatt E., et al.: Comparison of finger tracking versus simple movement training via telerehabilitation to alter hand function and cortical reorganization after stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2007;21:216-32.

13. Lum P.S., Godfrey S.B., Brokaw E.B., Holley R.J., Nichols D.: Robotic approaches for rehabilitation of hand function after stroke. *Am J Phys Med Rehabil* 2012; 91(Suppl): 242-254.

14. Hogan N., Krebs J., Charnnarong J., Srikrishna P., Sharon A.: MIT-MANUS: a workstation for manual therapy and Training II. In Proc. of the SPIE Conference on Telemanipulator Technology 1992;833:28.

15. A. Waldner: Robot Assisted Therapy in Neurorehabilitation. ADOVA, 2010

16. Chen C.C., Heinemann A.W., Granger C.V., Linn R.T.: Functional gains and therapy intensity during subacute rehabilitation: a study of 20 facilities. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(11):1514–23. [PMID: 12422318]

17. Kwakkel G., Wagenaar R.C., Twisk J.W., Lankhorst G.J., Koetsier J.C.: Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: a randomised trial. *Lancet.* 1999;354(9174):191–96. [PMID: 10421300]

18. Parry R.H., Lincoln N.B., Vass C.D.: Effect of severity of arm impairment on response to additional physiotherapy early after stroke. *Clin Rehabil.* 1999;13(3):187–98. [PMID: 10392645]

19. Bode R.K., Heinemann A.W., Semik P., Mallinson T.: Relative importance of rehabilitation therapy characteristics on functional outcomes for persons with stroke. *Stroke.* 2004; 35(11):2537–42. [PMID: 15472085]

20. Van Peppen R.P., Kwakkel G., Wood-Dauphinee S., Hendriks H.J., Van der Wees P.J., Dekker J.: The impact of physical therapy on functional outcomes after stroke: what's the evidence? *Clin Rehabil.* 2004;18(8):833–62. [PMID: 15609840]

21. Kwakkel G., Wagenaar R.C., Koelman T.W., Lankhorst G.J., Koetsier J.C.: Effects of intensity of rehabilitation after stroke. A research synthesis. *Stroke*. 1997;28(8):1550–56. [PMID: 9259747]
22. Ottenbacher K.J., Jannell S.: The results of clinical trials in stroke rehabilitation research. *Arch Neurol*. 1993;50(1):37–44. [PMID: 8418798]
23. Langhorne P., Wagenaar R.C., Partridge C.: Physiotherapy after stroke: more is better? *Physiother Res Int*. 1996;1(2): 75–88. [PMID: 9238725]
24. P. S. Lum, Ch. G. Burgar, M. van der Loos, P. C. Shor, M. Majmundar, R. Yap: MIME robotic device for upper-limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, v. 43, N 5, pp. 631-642 August/September 2006.
25. Hesse S., Uhlenbrock D., Werner C., Bardeleben A.: A mechanized gait trainer for restoring gait in nonambulatory subjects. *Arch Phys Med Rehabil*. 2000 Sep;81(9):1158-61.
26. Colombo G., Joerg M., Schreier R., Dietz V.: Treadmill training of paraplegic patients using a robotic orthosis. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(6):693-700, 2000.
27. Hesse S., Uhlenbrock D.: A mechanized gait trainer for restoration of gait. *J Rehabil Res Develop*. 2000;37(6):701-708.
28. Werner C., Von Frankenberg S., Treig T., Konrad M., Hesse S.: Treadmill training with partial body weight support and an electromechanical gait trainer for restoration of gait in subacute stroke patients: a randomized crossover study. *Stroke*. 2002;33:2895-2901.
29. J. A. Galvez, D. J. Reinkensmeyer: Robotics for Gait Training After Spinal Cord Injury. *Top Spinal Cord Inj Rehabil* 2005;11(2):18–33
30. Kwakkel G., Wagenaar R.C., Twisk J.W., Lankhorst G.J., Koetsier J.C.: Intensity of leg and arm training after primary middlecerebralartery stroke: A randomised trial. *Lancet*. 1999; 354(9174):191–96. [PMID:10421300] [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(98\)09477-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(98)09477-X)
31. Hesse S., Bertelt C., Jahnke M.T., Schaffrin A., Baake P., Malezic M.,

Mauritz K.H.: Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in nonambulatory hemiparetic patients. *Stroke*. 1995;26(6):976–81. [PMID:7762049] <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.26.6.976>

32. Ada L., Dean C.M., Hall J.M., Bampton J., Crompton S. A treadmill and overground walking program improves walking in persons residing in the community after stroke: A placebocontrolled, randomized trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84(10):1486–91. [PMID:14586916] [http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993\(03\)00349-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0003-9993(03)00349-6)

33. Mehrholz J., Werner C., Kugler J., Pohl M. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2007;4(4):CD006185. [PMID:17943893]

34. Eich H.J., Mach H., Werner C., Hesse S. Aerobic treadmill plus Bobath walking training improves walking in subacute stroke: A randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2004; 18(6):640–51. [PMID:15473116] <http://dx.doi.org/10.1191/0269215504cr779oa>

35. Macko R.F., Ivey F.M., Forrester L.W., Hanley D., Sorkin J.D., Katzel L.I., Silver K.H., Goldberg A.P. Treadmill exercise rehabilitation improves ambulatory function and cardiovascular fitness in patients with chronic stroke: A randomized, controlled trial. *Stroke*. 2005;36(10):2206–11. [PMID:16151035] <http://dx.doi.org/10.1161/01.STR.0000181076.91805.89>

36. Luft A.R., Macko R.F., Forrester L.W., Villagra F., Ivey F., Sorkin J.D., Whittall J., McCombe-Waller S., Katzel L., Goldberg A.P., Hanley D.F. Treadmill exercise activates subcortical neural networks and improves walking after stroke: A randomized controlled trial. *Stroke*. 2008;39(12):3341–50. [PMID:18757284] <http://dx.doi.org/10.1161/STROKEAHA.108.527531>

37. Hafer-Macko C.E., Ryan A.S., Ivey F.M., Macko R.F. Skeletal muscle changes after hemiparetic stroke and potential beneficial effects of exercise intervention strategies. *J Rehabil Res Dev*. 2008;45(2):261–72. [PMID:18566944] <http://dx.doi.org/10.1682/JRRD.2007.02.0040>

38. Ryan A.S., Macko R.F., Peters M.N., Ivey F.M., Prior S.J., Joseph L.J.,

Hafer-Macko C.E. Plasma adiponectin levels are associated with insulin sensitivity in stroke survivors. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2009;18(3):214–20. [PMID:19426893] <http://dx.doi.org/10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2008.10.001>

39. S. Hesse, Ch. Tomelleri, A. Bardeleben, C. Werner, A. Waldner: Robot-assisted practice of gait and stair climbing in nonambulatory stroke patients. *Journal of Rehabilitation Research & Development*, v. 49, N 4, 2012, pp. 1 - 10

40. Michael JW: Orthotic treatment of neurological deficits. In Good DC, Couch JR, editors: *Handbook of neurorehabilitation*, New York, 1994, Marcel Dekker.

41. McCollough NC: Biomechanical analysis systems for orthotic prescription. In *Atlas of orthotics: Biomechanical principles and application*, ed 2, St. Louis, 1985, CV Mosby.

42. Clark DR, Perry J, Lunsford TR: Case studies - orthotic management of the adult post polio patient, *Orthot Prosthet* 40:45-50, 1986.

43. Saltiel J: A one-piece laminated knee licking short leg brace. *Orthot Prosthet* 23:68-75, 1969.

44. Harrington ED, Lin RS, Gage JR: Use of the anterior floor reaction orthosis in patients with cerebral palsy. *Orthot Prosthet* 37:34-42, 1983.

45. Glancy J, Lindseth RE: The polypropylene solid-ankle orthosis. *Orthot Prosthet* 26:14-26, 1972.

46. Lindseth RE, Glancy J: Polypropylene lower-extremity braces for paraplegia due to myelomeningocele. *J Bone Joint Surg* 56A:556-563, 1974.

47. Кадыков А.С. Реабилитация неврологических больных / А.С. Кадыков, Л.А. Черникова, Н.В. Шапаронова. – М.: МЕДпресс-информ, 2009. – С. 554.

48. Гуляева М.В./ Шкалы в нейрореабилитации – К.: Видавець Д.В. Гуляев, 2014. – 68с.

49. Пат.54139 А, Україна, МПК А61В5/103. Пристій для оцінки стійкості і опороздатності людини / Салеева А.Д., Качер В.С., Гадяцький О.В., Ковалько М.Т., Роман Л.К., Василенко І.М., Малиняк М.І., Рибка Є.В. -№2002054224;

Заявл. 23.05.02; Опубл.17.02.03//Промислова власність. Офіційний бюлетень.- 2003.-№2.

51. Левит К., Захсе Й., Янда З. Мануальная медицина – Москва: «Медицина», 1993 г.- 512стр (226стр.)

52. Пряникова П.В., Ширшова Е.В., Кононенко Е.В. Стабилографические характеристики больных, перенесших полушарный инсульт.//Практическая неврология и нейрореабилитация.-2010.-№2.- С.30-32.

53. Дамулин И.В., Кононенко Е.В. Статолокомоторные нарушения у больных с полушарным инсультом.// Клиническая геронтология.-2007.-№8.- С.42-49

54. Батышева Т.Т., Русина Л.Р., Скворцов Д.В., Бойко А.Н. Функциональные показатели походки и основной стойки у постинсультных больных в резидуальном периоде // Инсульт: приложение к журналу неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. – 2004. - № 10. – С. 52-56.

55. Салеева А. Д. Перспективы развития биотехники в отечественном протезировании / А. Д. Салеева, В. В. Семенец. // ХНУРЭ. – 2002. – С. 584–585.

56. Інтелектуальні 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.

57. 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.

58. 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.

59. Конструювання та технології виготовлення ортезів на нижні кінцівки: навчальн. посібник / А. Д. Салєєва, В. В. Семенець, О. Г. Аврунін, П.

О. Баєв, В. В. Півоваров, С. В. Корнеєв, І. В. Карпенко. - Харків: ХНУРЕ, 2022.  
- 303 с.

60. 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.