УДК 621.988
М. К. Овсяннікова, Д. О. Красновид, Н. В. Семінська, І. В. Слободянюк
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

## КОНСТРУКЦІЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ОРТЕЗУ КОЛІННОГО СУГЛОБУ

Зростання кількості пацієнтів із травмами спинного мозку підвищує потребу в додаткових засобах реабілітації, зокрема ортезах, що забезпечують переведення пацієнта у вертикальне положення. Вертикалізація як процедура зазвичай має первинні та вторинні цілі. Мета цього лікування полягає в стабілізації серцево-судинної системи, поступовому покращенні здатності пацієнта залишатися у вертикальному положенні та «нагаданні» ногам переносити вагу тіла. Також важливим аспектом реабілітації є часткове повернення до способу життя, максимально наближеного до стану до травми.

Існуючі конструкції колінних ортезів часто не забезпечують достатньо жорсткої фіксації суглоба (Рис.1), що призводить до небажаних переміщень коліна [1]. Це, у свою чергу, викликає зміщення проєкції центра мас системи «пацієнт–ортез» відносно опорної поверхні, знижує стійкість та ускладнює процес вертикалізації. У зв’язку з цим метою роботи є розроблення ортезу, який забезпечує надійну фіксацію колінного суглобу, унеможливлюючи його переміщення в будь-якій площині.

Ортез Orlett DKN-203NRG з ребрами жорсткост | Ортез Orlett HKS-303 із біомеханічними шарніром | Ортез Orlett RKN-203 на колінний суглоб

**Рис. 1. Зовнішний вигляд ортезів колінних суглобів**

Процес розробки ортеза відбувався в декілька етапів, з урахуванням рекомендацій лікаря-реабілітолога та технологічних обмежень обладнання. На першому етапі відбувається сканування пацієнта в підвішеному вертикальному положенні, виконуються заміри об’єму та висоти кінцівки. Далі найскладніший етап розроблення концептуальної конструкції та моделювання виробу. Виготовлення прототипу здійснювалося за технологією FDM, оскільки вона дозволя швидко тестувати прототипи, а інколи навіть виготовляти додаткові засоби реабілітації [2, 3].

© М. К. Овсяннікова, Д. О. Красновид, Н. В. Семінська, І. В. Слободянюк, 2026

На першій ітерації було запропоновано каркасну конструкцію ортезу, яка складається з трьох окремих елементів: литкової, колінної та стегнової частини. Прототипи елементів виготовлялися з термопластику PETG, який має високу міцність та гнучкість. З'єднання між ними здійснювалось за допомогою металевого профілю, який мав забезпечувати необхідну жорсткість конструкції. Однак у процесі перевірки було встановлено, що така схема не відповідає вимогам до стабільності конструкції.

В другій ітерації було змінено концепцію конструкції, яка складається з двох половинок, кожна з яких має три модулі. Спочатку модулі збираються разом утворюючи суцільну половину конструкції ортезу, а в подальшому половинки з'єднуються між собою з можливістю розкриватися, для зручного одягання пацієнту.

На фінальній ітерації було проведено оптимізацію конструкції з метою зменшення її маси та забезпечення комфортності при тривалому використанні, зокрема покращення вентиляції шкіри пацієнта, зручності одягання.

Виготовлення ортезу колінного суглобу відбувається технологією Multi Jet Fusion, що дозволяє адаптувати геометрію виробу до індивідуальних анатомічних особливостей пацієнта та реалізувати складну геометрію. Вибір даної технології обумовлений також необхідністю зменшення впливу анізотропії, характерної для Fused Deposition Modeling, що забезпечує схожі механічні властивості виробу в різних напрямках. Ортез виготовляли з поліаміду PA 12, який забезпечує необхідну зносостійкість та оптимальне співвідношення міцності до ваги виробу. Цей матеріал також характеризується біосумісністю, що робить його безпечним для тривалого контакту зі шкірою пацієнта.

У процесі роботи особливу увагу було приділено забезпеченню автономності пацієнта. Конструкція ортезу дозволяє одягнути його самостійно за відсутності додаткових трав. Для цього пацієнту необхідно виконати кілька кроків. Спершу розкритий ортез покласти перед собою, перекласти ногу в ортез, протягнути фіксуюче велкро через вушко, закріпити велкро на одній з сторін ортезу.

**Висновки**

1 Запропоновано модульну конструкцію ортеза, яка вирішує проблему небажаних переміщень колінного суглоба та зміщення центра мас, що критично важливо для стійкості пацієнта у вертикальному положенні.

2. Обґрунтовано вибір технології 3D-друку Multi Jet Fusion як оптимального методу виготовлення, що мінімізує анізотропію механічних властивостей та дозволяє адаптувати виріб під індивідуальні антропометричні параметри.

3. Досягнуто балансу між жорсткістю фіксації, малою масою та комфортом експлуатації (вентиляція шкіри), а також забезпечено автономність пацієнта завдяки спрощеній системі кріплення.

**Список використаних джерел**

1. Реабілітаційні заходи при ушкодженнях та захворюваннях структур колінного суглоба / С. І. Герасименко та ін. Вісник ортопедії, травматології та протезування. 2019. вип. 2. С. 17–24.

2. Choo YJ, Boudier-Revéret M, Chang MC. 3D printing technology applied to orthosis manufacturing: narrative review. Ann Palliat Med. 2020;9(6):4262–4270

3. The current state of 3D-printed orthoses clinical outcomes: a systematic review / Alrashidi A. A., et al. Journal of Personalized Medicine. 2025. Vol. 15, No. 1

© М. К. Овсяннікова, Д. О. Красновид, Н. В. Семінська, І. В. Слободянюк, 2026