

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Цапенка Валентина Валентиновича

на тему «Вдосконалення бароподометричного методу визначення

біомеханічних параметрів стопи»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування

за спеціальністю 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Актуальність теми дисертації.

Оцінювання функціонального стану та вимірювання опорно-ресорних характеристик стопи людини є складовими елементами діагностування її ходи і постави, що має вирішальний вплив на рухову активність та відповідну якість життя. Порушення формування склепінь стопи становлять значну частину ортопедичних патологій і особливо важливою є їх вчасна корекція у дитячому та підлітковому віці, коли вони становлять понад 80 % серед усіх деформацій нижніх кінцівок. З позиції біомедичних вимірювань функціональний стан стопи може бути охарактеризований часовими параметрами кроку, силою опорних реакцій, пружними властивостями, а також розподілом тиску по опорним поверхням в процесі перекату протягом повного циклу кроку. Отримані параметри тиску можуть надати корисну інформацію про розподіл навантаження на різні частини стопи з метою виявлення аномалій і подальшому вдосконаленню терапії та спортивної підготовки. При цьому взаємозв'язок опорної та ресорної функцій у статичі та динаміці і їх вплив на параметри деформації стопи залишається нез'ясованим. Бароподометричний метод забезпечує одну з найбільш ефективних технологій дослідження біомеханічних параметрів стопи людини під час руху або при статичних вимірюваннях, тому і був обраний здобувачем як базовий для вирішення поставленого наукового завдання. Головна ідея, покладена у роботу, полягає у розробці теоретичних та прикладних засад для детального аналізу функціональних властивостей стопи, зокрема розподілу тиску та зміни силових параметрів при ході, у процесі діагностування, лікування та впровадження ефективних методів реабілітації та виготовлення індивідуальних ортопедичних засобів.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Найбільш суттєві наукові результати, отримані особисто здобувачем, полягають у наступному:

1. Вдосконалено бароподометричний метод визначення біомеханічних параметрів деформації стопи, що забезпечує комбіноване оцінювання взаємозв'язку її опорної та ресорної функцій в статичному та динамічному станах на підставі аналізу розподілу тиску при зміні силових параметрів ходи.

2. Встановлено математичні залежності, які характеризують вплив коефіцієнту перенавантаження та статичного модуля пружності на значення динамічного модуля пружності, що дозволяє ідентифікувати тип порушення функцій стопи.

Достовірність отриманих наукових результатів підтверджується використанням сертифікованого обладнання (PODOSCANALYZER SA-131-PS, ELECTRONIC BAROPODOMETR SLIM MULTISENSORS PLATFORM SA-103-MS) для вимірювання навантажень та просторово-часових параметрів стопи, програмним забезпеченням Orthotech для 3D моделювання індивідуальних ортезів стопи. Обґрунтованість наукових результатів підтверджено даними експериментальних досліджень і їх порівнянням з розрахунковими за допомогою MS Excel для дисперсійного аналізу даних, Statistica для регресійного аналізу, а також спеціалізованого ПЗ Milletrix для аналізу експериментальних даних.

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва приладів КПІ ім. Ігоря Сікорського згідно ініціативної науково-дослідної роботи ВП/МПС – 1/2018 «Комплексна біометрична система вимірювання та контролю біомеханічних параметрів стопи» (д/р № 0118U004676 від 16.05.2018 р). під керівництвом доцента кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва приладів КПІ ім. Ігоря Сікорського, к.т.н., доц., Терещенка Миколи Федоровича.

Отже, в дисертаційній роботі поставлена наукова задача розширення функціональних можливостей бароподометричного методу визначення біомеханічних параметрів стопи шляхом комбінованого вимірювання її опорно-ресорних властивостей та складових циклу кроку для підвищення інформативності вимірювань виконано повністю, а здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Цапенка В.В. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям Інформаційно-вимірювальна техніка.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Цапенка Валентина Валентиновича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дисертація складається з трьох розділів, які структурно та послідовно представляють результати даної роботи. Викладення наукової інформації доступне і дозволяє дослідникам зрозуміти логіку та зміст окремих етапів проведених досліджень. У роботі здобувач застосував переважно науковий стиль мовлення, а використані визначення та термінологія є загальноприйнятими для напрямку інформаційно-вимірювальної техніки. Ілюстративний та графічний матеріал поданий в основному стисло та інформативно.

Дисертація складається зі вступу, 3 розділів, висновків, списку літератури та 3 додатків. Загальний обсяг дисертації 165 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, вказано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, визначена мета та завдання дослідження, зазначені об'єкт, предмет і методи дослідження, а також сформульоване авторське бачення наукової новизни та практичної цінності отриманих результатів. Зазначено особистий внесок здобувача та представлено перелік наукових праць, що підтверджують апробацію матеріалів дисертації.

У першому розділі наведено результати аналізу доступних дисертанту літературних джерел, спрямований на огляд та визначення сучасного стану дослідження біомеханічних параметрів стопи та актуальних методів. Основна увага приділена бароподометричному методу, який визначений автором і науковим керівником базовим для вивчення біомеханіки стопи та стану опорно-рухової системи. Обґрунтовано критерії для проведення інструментального аналізу, склад та етапи створення інформаційно-вимірювального стенду, подано його структурну схему та розкрито технічні характеристики. Запропоновано загальну методику для експериментального визначення біомеханічних параметрів стопи.

У другому розділі дисертації проаналізований цикл кроку, визначено відсоткове співвідношення його складових. Проведено деталізований аналіз пружних та опорних характеристик стопи, який дозволив обґрунтувати критерії для ефективної оцінки опорної функції, що враховують короточасні ударні навантаження, а також статичний та динамічний модулі пружності ресорної функції. На основі отриманих результатів запропоновано математичні залежності для комбінованого біомеханічного оцінювання впливу різних видів навантажень на функціональний стан стопи. Також розроблено методику біомеханічного аналізу, яка базується на вищезазначених критеріях та дозволяє більш повно визначати опорно-ресорні параметри стопи.

У третьому розділі дисертації подано детальний опис аналітичних засад вдосконаленого бароподометричного методу для визначення біомеханічних параметрів стопи. Ці засади ґрунтуються на оцінці критеріїв пружних та опорних характеристик, що дозволило визначити опорно-ресорні параметри стопи за допомогою коефіцієнта перенавантаження. Такий підхід дозволив виявити елементи взаємозв'язку між статичними та динамічними біомеханічними параметрами стопи. Проведені експериментальні дослідження опорно-ресорних властивостей стопи для 4 груп осіб середнього шкільного віку. Здійснено статистичну обробку отриманих експериментальних результатів та визначено математичні залежності, які взаємо пов'язують динамічний модуль пружності зі статичним модулем, а також з коефіцієнтом перенавантаження. Також проведено оцінку невизначеностей вимірювання біомеханічних параметрів стопи та обчислено довірчі інтервали для прогнозованих значень математичних виразів. Розроблено методику контролю ефекту розвантаження стопи в процесі використання індивідуальних ортезів.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлені у 27 наукових публікаціях здобувача, серед яких: 5 статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; 4 патенти України на корисну модель.

Також результати дисертації були апробовані на 16 наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача не містять елементів плагіату та запозичень. У всіх наукових публікаціях дотримано принципи академічної доброчесності.

Щодо особистого внеску здобувача до всіх наукових публікацій, опублікованих із співавторами та зарахованих як обов'язкові за темою

дисертації на підставі їх детального розгляду та співбесіди зі здобувачем можна вважати наступне:

1. У статті «Терещенко М. Ф., Цапенко В. В., Чухраєв М. В. Дослідження електропровідності біологічних тканин // Вісник НТУУ «КПІ» серія Приладобудування. – 2017. – №53. – С. 87–94. (ISSN 0321-2211, наукове видання України, категорія Б, спеціальність 152)» особисто здобувачем досліджено функціональний стан біологічних тканин з метою виявлення та лікування патологічних станів під впливом різних факторів, включаючи фізичні та хімічні.

2. У статті «Цапенко В.В., Терещенко М.Ф. Метод дослідження біомеханічних параметрів стопи людини // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2018. – №5. – С. 51–60. (ISSN 2663-5941, наукове фахове видання України, технічні науки)» особисто здобувачем проведено дослідження біомеханічних властивостей стопи з використанням програмно-апаратного комплексу, що базується на зіставленні середньої величини максимальних значень навантаження на опорну поверхню в статичному та динамічному положенні.

3. У статті «Цапенко В.В., Терещенко М.Ф., Тимчик Г.С. Моделі оцінювання біомеханічних параметрів нижніх кінцівок у дітей // KPI Science News. – 2019/1. – №1. – С. 67–75. (ISSN 2617-5509, наукове фахове видання України, технічні науки)» особисто здобувачем проведено дослідження біомеханічних параметрів циклу кроку та пружних характеристик стопи, встановлена функціональна залежність коефіцієнта пружності від коефіцієнта деформації.

4. У статті «Цапенко В.В., Терещенко М.Ф. Аналіз впливу різниці довжини нижніх кінцівок на біомеханічні параметри ходи // Вісник НТУУ «КПІ» серія Приладобудування: збірник наукових праць. – 2019. – №57. – С. 102-107. (ISSN 0321-2211, наукове видання України, категорія Б, спеціальність 152)» особисто здобувачем розраховані біомеханічні параметри циклу кроку дітей та проаналізовано вплив різниці в довжині нижніх кінцівок на біомеханічні параметри ходи.

5. У статті «Цапенко В.В., Терещенко М.Ф. Критерії опорних характеристик стопи людини // Вісник Київського політехнічного інституту. Серія Приладобудування. – 2022. – №63. – С. 89-99. (ISSN 0321-2211, наукове видання України, категорія Б, спеціальність 152)» особисто здобувачем розраховані біомеханічні параметри опорних характеристик стопи та проведено статистичний аналіз з метою встановлення кількісного впливу критеріїв статичної та динамічної складових.

Таким чином, наукові результати, описані в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. У меті роботи дисертантом заявлено про розширення функціональних властивостей бароподометричного методу, проте з тексту роботи не зрозуміло за рахунок чого і які саме функціональні можливості з'явилися додатково у порівнянні з «класичним» методом.

2. Так само у меті говориться про підвищення інформативності вимірювань, проте текст роботи не містить оцінку інформативності і параметрів, які на неї впливають.

3. Два пункти практичної цінності характеризують розроблення певних методик, проте, як це видно зі Змісту дисертації та тексту Розділу 2 та Розділу 3, заявлені методики не формалізовані, а про методику біомеханічного аналізу стопи згадано лише побічно.

4. Шосте завдання дисертації щодо розроблення методики контролю ефекту розвантаження стопи в процесі використання індивідуальних ортезів виглядає декларативним, оскільки його розв'язання, наведене у пункті 3.8, не містить чітко структурованих взаємопов'язаних елементів, що властиві методиці, а текстове, формульне і графічне пояснення не є чітким та логічним. До того ж розроблена методика мала б бути універсальною для різного набору вхідних даних, а автор лише наводить результати окремого дослідження. Висновок «...що розраховані, на основі математичних моделей, інтервали значень досить якісні та можуть використовуватися в подальших дослідженнях» є оціночним судженням.

5. Основним результатом, отриманим у пункті роботи 3.7 є висновок, що «... порядок оцінювання вимірювання відповідає міжнародним правилам оцінювання невизначеності», проте не описано, як враховувалась невизначеність вимірювального стенду і чи враховувалась взагалі.

6. Робота насичена визначеннями та формулами (наприклад, в пунктах 3.5, 3.6 та 3.7), які за своєю фізико-математичною сутністю є очевидними, а вирази, що описують особливості статистичного аналізу даних, взагалі доцільно було б винести у Додатки.

7. У загальних висновках до роботи, зокрема 5 та 6, які інтерпретують основні значущі результати експериментальних досліджень, варто було б додати реальні числові дані для засвідчення достовірності проведених вимірювань.

8. Не рідкісні у роботі є змістовні, орфографічні та пунктуаційні помилки, підписи до рисунків не завжди точно відображають їх зміст,

доцільність і відповідність використання окремих літературних джерел, наприклад [33-35] та [84] викликає сумніви.

Вважаю, що висловлені зауваження є суттєвими, проте не визначальними і, тим більше, не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів, а також не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

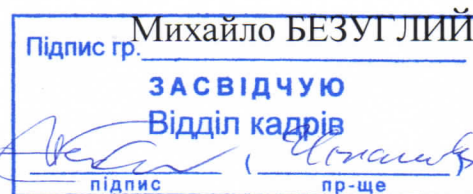
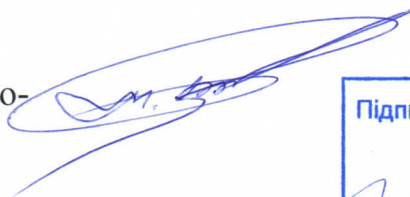
Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Цапенка Валентина Валентиновича на тему «Вдосконалення бароподометричного методу визначення біомеханічних параметрів стопи» виконана на достатньо високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Цапенко Валентин Валентинович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 152 – Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка.

Рецензент:

Завідувач кафедри комп'ютерно-інтегрованих технологій виробництва приладів,
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
Д.т.н., проф.



19 січня 2024 року