

## **ВІДГУК**

офіційного опонента 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-вимірвальна техніка

### **Актуальність теми дисертації.**

Збройна агресія на території України зумовила різке збільшення кількості осіб з різноманітними травмами та порушеннями опорно-рухової системи, включаючи проблеми з опорно-ресорними функціями стопи. Крім цього, порушення функціональних параметрів стопи займає 26,4% загальної ортопедичної патології та до 81,5% серед всіх деформацій нижніх кінцівок у дітей. Вдосконалення бароподометричного методу має велике значення для різних галузей, таких як медична біомеханіка, спортивна медицина, реабілітація, тощо, що робить тему дослідження актуальною та перспективною. Зазначена у дослідженнях потреба у стандартизованих методологіях та протоколах вимірювань свідчить про необхідність системного підходу до визначення біомеханічних параметрів стопи. Однак існуючі методи дослідження не дозволяють повноцінно визначити розподіл навантаження по стопі протягом повного циклу кроку, не виявляють функціональних змін при зміні навантаження під час перекату. Крім того, залишається невизначеним взаємозв'язок опорної та ресорної функцій у статиці та динаміці, а також їх вплив на параметри деформації стопи. З огляду на поширеність порушень функцій стопи серед населення та їхній значний вплив на функціонування опорно-рухового апарату, вдосконалення бароподометричного методу визначення біомеханічних параметрів стопи є критично важливим для точної діагностики та ефективного лікування. Таким чином, актуальність дослідження виявляється в нагостреному практичному та науковому вимірі, де важливість вирішення проблем опорно-рухової системи в контексті військових конфліктів стає неоспоримою.

## **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному: в ході виконання дисертаційного дослідження вперше розроблено математичні моделі, які визначають взаємозв'язок між динамічним модулем пружності, коефіцієнтом перенавантаження та статичним модулем пружності. Це дозволяє ідентифікувати конкретний тип порушення функцій стопи на основі отриманих даних. Також, вдосконалено бароподометричний метод визначення біомеханічних параметрів стопи, за допомогою комбінованого оцінювання взаємозв'язку опорної та ресорної функцій стопи в статичному та динамічному положеннях. Такий підхід дозволяє враховувати їх вплив на параметри деформації стопи.

Обґрунтованість наукових результатів підтверджується через ретельний біомеханічний аналіз опорно-ресорних параметрів стопи, з особливим наголосом на значущості врахування динамічних навантажень під час руху. Вперше пропонується нова біомеханічна модель, що наглядно демонструє чутливість до асиметричних навантажень та їх вплив на опорно-ресорні характеристики стопи. Розроблена та успішно випробувана експериментально методика біомеханічного аналізу стопи, використана на групах середнього шкільного віку. Результати дослідження свідчать про зниження сили поштовху, особливо у передньому та задньому відділах стопи при збільшенні швидкості та довжини кроку. Детальний розгляд опорних динамічних реакцій підтверджує неправильний розподіл навантаження. Застосування методу дисперсійного аналізу підкреслює, що критерії опорної сили можуть служити комплексним діагностичним показником деформацій стопи. За допомогою узагальненої біомеханічної моделі досліджено пружні характеристики стопи, виявлено їхній взаємозв'язок з опорними та розроблено математичні моделі опорно-ресорних властивостей для різних груп. Отримані результати та розрахунки біомеханічних параметрів враховують невизначеність згідно міжнародних стандартів, що забезпечує цілісність та надійність проведеного дослідження.

Контингент досліджуваних склали діти середнього шкільного віку загальною кількістю 80 осіб. Достовірність отриманих висновків підтверджується узгодженістю теоретичних та експериментальних досліджень, використанням статистичних методів для обробки експериментальних даних щодо просторово-часових параметрів стопи та тиску, а також застосуванням



принципів теорії невизначеності вимірювань для оцінки отриманих результатів біомеханічних параметрів стопи.

Отже, в дисертаційній роботі поставлена наукова задача - вдосконалення бароподометричного методу визначення біомеханічних параметрів стопи шляхом комбінованого вимірювання опорно-ресорних властивостей стопи та складових циклу кроку виконано повністю, 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 метрологія та 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 має науковий стиль викладення результатів з чіткою доступністю обґрунтування гіпотез і теорій із збереженням логічної послідовності. В роботі використано загальноприйняті зарубіжні та вітчизняні терміни. В дослідженні систематизовано значний обсяг наукових знань та емпіричних даних.

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

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, наведено зв'язок роботи з науковою програмою, описана мета та завдання

дослідження, об'єкт, предмет і методи дослідження, а також наукова та практична новизна отриманих результатів. Описано особистий внесок здобувача та наведено наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

У першому розділі роботи проведено ретельний аналіз наукових джерел, що висвітлив існуючі проблеми в вимірюванні біомеханічних параметрів стопи та надав докладний огляд сучасних методів дослідження в цій області. Особлива увага була приділена бароподометричному методу, визнаному ключовим у вивченні біомеханіки ходи та стану опорно-рухової системи. Додатково визначено конкретні критерії для системи проведення інструментального аналізу, створено вимірювальний стенд, надано його структурну схему та описано технічні параметри. Запропоновано загальну методику для експериментальних досліджень з визначення біомеханічних параметрів стопи, що сприяє систематичному та ефективному проведенню досліджень.

У другому розділі дослідження проведено аналіз складових циклу кроку та визначено їх відсоткове співвідношення. Також детально розглянуто пружні та опорні характеристики, що дозволило визначити критерії для оцінки опорної та ресорної функцій стопи. У результаті проведеного аналізу розроблено нову біомеханічну модель для комплексного оцінювання впливу різних видів навантажень на функціональний стан стопи, а також розроблено інноваційну методику біомеханічного аналізу.

У третьому розділі запропоновано аналітичні принципи удосконаленого бароподометричного методу для визначення біомеханічних параметрів стопи, що ґрунтуються на оцінці критеріїв пружних та опорних характеристик за допомогою коефіцієнта перенавантаження. Для експериментальних досліджень використовувався вимірювальний стенд з залученням 4 груп досліджуваних. У результаті цих досліджень були визначені ключові біомеханічні параметри та критерії опорно-ресорних характеристик стопи. Статистична обробка експериментальних даних дозволила розробити математичні моделі, які вперше пояснили зв'язок між динамічним модулем пружності, коефіцієнтом перенавантаження та статичними параметрами. Також були оцінені невизначеності вимірювань біомеханічних параметрів стопи, і визначені довірчі інтервали для прогнозованих значень математичних моделей. Додатково,



розроблено методику контролю ефекту розвантаження стопи при використанні індивідуальних устілок.

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 мають достовірну наукову базу та є результатом самостійних досліджень. Наукові положення та висновки дисертації, що виносяться на захист належать здобувачу. В усіх наукових публікаціях дотримано принципи академічної доброчесності, всі запозичені результати інших авторів мають відповідні посилання. Наукові результати досліджень, які описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

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

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

1. В підрозділі 1.3 описано методику стабілометрії, як складову бароподометричного методу дослідження, однак в своїх дослідженнях дисертант не використовував дану методику та не обґрунтував відмову від такого використання.

2. В підрозділі 1.4 не наведено аналогічних інструментальних систем та не обґрунтовано переваги використаної в роботі системи над існуючими.

3. В підрозділі 3.2 не описано об'єктивних кількісних критеріїв за якими відбувався розподіл досліджуваних на групи.

4. Наявність у тексті роботи пунктуаційних та орфографічних помилок.

Висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

### **Висновок про дисертаційну роботу**

Дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Цапенка Валентина Валентиновича на тему «Вдосконалення бароподометричного методу визначення біомеханічних параметрів стопи» виконана на 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-виміррювальна техніка.

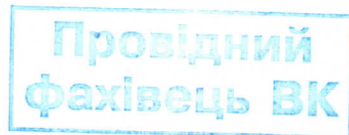
### **Офіційний опонент:**

доцент кафедри кіберспорту та інформаційних технологій,  
Національний університет фізичного виховання і спорту України, кандидат наук з фізичного виховання та спорту,  
доцент.



Костянтин СЕРГІЄНКО

Підпис К.М. Сергієнка засвідчую:



Проректор з науково-педагогічної роботи  
Національного університету фізичного виховання і спорту України, д.фіз.вих.



Ю. В. Литвиненко



М.П.

« 23 »

січня

2024 року.