

ВІДГУК

офіційного опонента

доктора технічних наук, доцента Іванченка Олега Васильовича
на дисертаційну роботу Гульцова Павла Семеновича
«Автоматизоване керування станами об'єктів, що рухаються вільною
траєкторією під час динамічних збурень», подану до захисту на здобуття
наукового ступеня доктора філософії
з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування
за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми.

Одним з найважливіших факторів здобуття перемоги на полі бою у сучасній війні є ефективне застосування за призначенням відповідних артилерійських систем та окремих гармат. Вирішення цього завдання у значній мірі залежить від реалізації можливостей щодо автоматизації процесу артилерійської стрільби.

Тому зазначення дослідження, необхідність якого обумовлена загальною потребою забезпечити найкращий час виконання бойової задачі артилерійською гарматою при тривалих динамічних збуреннях за рахунок удосконалення імітаційних моделей та методів керування станами для забезпечення мінімальної втрати її боєздатності є важливим та актуальним. Завдання пропонується вирішувати в автоматизованому режимі керування станами гармати. Фактично, саме у такій постановці, здобувач на основі використання стохастичних моделей і автоматизованої структурної верифікації гарматного пострілу розв'язав нову наукову задачу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційна робота виконувалась згідно планів, затверджених Міністерством освіти і науки України, та у відповідності до науково-дослідної тематики Національного університету «Одеська політехніка» і є складовою частиною держбюджетної НДР за темою: «Підвищення ефективності комп'ютерно-інтегрованих систем управління (КІСУ) за рахунок моделювання нелінійних високоенергетичних динамічних процесів», НДР № 235-47 (№0123U102484).

Наукова новизна представлених теоретичних та експериментальних результатів дослідження.

Теоретичні здобутки та експериментальні результати дослідження наочно відображені в опублікованих джерелах інформації, а саме:

1. Development of the model and the method for determining the influence of the temperature of gunpowder gases in the gun barrel for explaining visualize of free carbon at shot, Brunetkin O. Maksymov M. Brunetkin V. Maksymov O. Dobrynin Y. Kuzmenko V. Gultsov P. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. 4/1 (112). P. 41–53. DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239150

2. Boltenkov V, Brunetkin O, Maksymova O, Kuzmenko V, Gultsov P, Demydenko V., Soloviova O. Devising a method for improving the efficiency of artillery shooting based on the Markov model. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol 6. № 3 (114). P. 6-7., doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245854.

3. Maksymov M.V., Boltenkov V. O., Gultsov P. S., Maksymov O. M. Verification of artillery fire under the influence of random disturbances for the computer game ARMA 3. *Applied Aspects of Information Technology*. 2023. Vol.6. No.4: p. 362–375. DOI: <https://doi.org/10.15276/aait.06.2023.24>.

4. Maksymova O.B., Boltenkov V.O., Maksymov M. V., Gultsov P.S. Maksymov O.M. Development and Optimization of Simulation Models and Methods for Controlling Virtual Artillery Units in Game Scenarios. *Herald of Advanced Information Technology*. 2023. Vol.6. No.4. p. 320–337. DOI: <https://doi.org/10.15276/hait.06.2023.21>.

5. Maksymova O., Boltyonkov V., Gultsov P., Maksymov O. Improvement of the model and method of artillery installation target damage control with minimal combat capability loss. *Proceedings of Odessa Polytechnic University*. Issue 2(68). Dec. 2023. P. 98–115. DOI: <https://doi.org/10.15276/opu.2.68.2023.1>.

6. Спосіб визначення координати зустрічі артилерійського снаряда з поверхнею: патент України на винахід. № 127193; заявл. 28.04.21; опубл. 31.05.2023. Бюл. №22.

7. Спосіб визначення енергетичної ефективності артилерійської гармати: пат. України на винахід. № 155822., заявл. 05.04.21 ; опубл. 24.04.24. Бюл. № 17.

Наукова новизна одержаних та опублікованих результатів дослідження полягає у наступному:

1. Удосконалено імітаційну модель розподіленого утворення порохових газів, у тому числі сажі, при їх розширенні у стані пострілу артилерійської гармати, що дало можливість розробити метод визначення зміни температури газів по довжині стволу з встановленням граничної кількості сажі, як додаткової діагностичної ознаки, необхідної для визначення ефективного пострілу.

2. Знайшли подальшого розвитку імітаційна модель та метод керування станами артилерійської гармати при стрільбі за наявності в ефективних пострілах випадкових динамічних зовнішніх і внутрішніх збурень, що дало можливість визначити найкращий час виконання бойової задачі при мінімальній втраті боєздатності з врахуванням частоти зміни вогневої позиції для виконання бойової задачі.

3. Вперше запропоновано метод відслідковування артилерійського пострілу при дії на нього випадкових збурень на основі реєстрації балістичної та дульної хвиль, утворених пострілом і снарядом, що дозволило здійснити верифікацію стану пострілу артилерійської гармати і визначити точку зустрічі снаряда з поверхнею на основі параболічної апроксимації його характеристик.

Короткий аналіз основного змісту дисертації.

У вступі обгрунтовано актуальність наукової задачі, яка вважається Парето-орієнтованою та полягає у визначенні та забезпеченні найкращого часу

виконання бойової задачі артилерійською гарматою з урахуванням довготривалих динамічних збурень. Для розв'язування сформульованої наукової задачі запропоновано застосовувати методи верифікації, які засновані на аналізі акустичних полів, що виникають під час пострілу. Сформульовано та розглянуто інші формалізовані ознаки дисертаційної роботи.

У першому розділі проведено аналіз факторів, які впливають на ефективність застосування за призначенням артилерійських гармат та сформульовано постановку завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі представлено імітаційну модель розподіленого утворення порохових газів артилерійської гармати. Встановлено, що при розширенні порохових газів під час пострілу утворюється сажа, гранична кількість якої є додатковою діагностичною ознакою для визначення ефективності пострілу. В основу розрахунків покладено метод кінцево-різницевих елементів. В зазначеному методі у якості елемента розглядається постійна маса нітроцелюлозного пороху, при використанні якого утворюються порохові гази.

У третьому розділі наочно відображено процес побудови імітаційної моделі та представлено метод керування станами артилерійської гармати, в яких вона може знаходитися під час стрільби з урахуванням випадкових динамічних зовнішніх і внутрішніх збурень. За результатами імітаційного моделювання та використання відповідного науково-методичного апарату визначено час виконання бойової задачі за умов мінімуму втрат боєздатності та забезпечення необхідної частоти зміни вогневої позиції.

У четвертому розділі запропоновано до розгляду метод відслідковування артилерійського пострілу за умов дії випадкових збурень. Метод розроблено на основі реєстрації балістичної та дульної хвиль, які утворюються у процесі пострілу. Використання методу дозволило здійснити верифікацію стану пострілу артилерійської гармати і визначити точку зустрічі снаряду з поверхнею на основі параболічної апроксимації його характеристик.

У висновках представлено наукові та практичні результати, отримані за результатами виконаних досліджень.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі.

Наукові положення, висновки і рекомендації, які відображено у дисертаційній роботі Гульцова П.С., базуються на детальному аналізі літературних джерел за обраною темою досліджень; накопиченому на протязі багатьох років практичному досвіді роботи; чіткій постановці мети і задач дослідження; використанні сучасних методів дослідження; якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Під час проведення дисертаційного дослідження для отримання наукових положень були використані: співвідношення енергетичного балансу для побудови одновимірної моделі пострілу з артилерійської гармати; методи теорії ймовірностей і математичної статистики; методи комп'ютерного моделювання та оцінки характеристик системи. Крім того, використання марківського

моделювання для розробки автоматизованого методу керування стрільбою, методів регресивного аналізу та кінцево-різницевих елементів, обчислювальних методів лінійної алгебри дозволили отримати наукові результати, що демонструють відповідність між отриманими теоретичними положеннями та практичними аспектами застосування артилерійських гармат.

Достовірність та обґрунтованість запропонованих моделей, методів і алгоритмів підтверджується результатами експериментальних досліджень, коректним застосуванням відомого науково-методичного апарату, що використовувався під час виконання роботи.

Зауваження та дискусійні положення щодо змісту дисертації.

До зауважень та недоліків дисертації варто віднести наступне:

1. У постановці завдання дослідження відсутнє визначення «оптимального стану артилерійського підрозділу», на якому базується відповідний метод та «модель керування бойовою роботою» (стр. 67).

2. На стр. 68 автор акцентує увагу на необхідності провести «Марківське моделювання ефективності послідовної стрільби артилерійського підрозділу». Зазначене ствердження є некоректним, виходячи з того, що у дійсності було виконано марківське моделювання процесу послідовної стрільби, а за результатами моделювання отримано кількісну оцінку показника ефективності стрільби артилерійського підрозділу.

3. У другому розділі виразами (2.8),..., (2.20) (стр. 74–78) задано математичну модель, яка описує процес утворення сажі у порохових газах каналу ствола артилерійської гармати. Вперше у зазначеній моделі, на відміну від відомих, враховуються зміни температури порохових газів за довжиною ствола при виконанні ними термодинамічної роботи під час переміщення у ньому снаряду. Нажаль, автор не виконав аналіз зазначеної моделі на її замкнутість і стійкість розв'язку.

4. Для формування узагальненого критерію ефективності обрано згортку з відстанню від ідеальної точки в n -вимірному просторі. Відсутність чіткого визначення ідеальної точки ускладнює розуміння задачі, яка розв'язується.

5. На стр. 99 автор припускається помилки, стверджуючи, що «боездатність представляється як безвідмовна робота». У дійсності, автор визначає рівень боездатності, що відповідає кількісному значенню ймовірності безвідмовної роботи. Відомо, що ймовірність безвідмовної роботи є показником надійності системи. У той час, як боездатність є комплексною властивістю, що у буквальному сенсі, складається з декількох властивостей, однією з яких може бути надійність системи. Отже, боездатність є більш широким поняттям ніж надійність. Тому у якості кількісного показника боездатності необхідно використовувати інший комплексний показник (наприклад, ймовірність виконання бойового завдання тощо).

6. Додатково необхідно виконати обґрунтування доцільності використання експоненціального закону розподілу (стр. 99) як основної моделі безвідмовності артилерійської установки.

7. В дисертаційній роботі відсутнє обґрунтування марківської властивості,

що декілька ускладнює розуміння чому саме «неприведений рекурентний ланцюг Маркова» обрано у якості «стохастичної моделі стрільби артилерійського підрозділу» (стр. 101).

8. Умовне бойове завдання вирішувалося у відповідності з рівнозначними частковими критеріями. У той же час, для розрахунку узагальненого критерію було обрано ідеальну точку з координатами (0,75; 0,5; 0,2). Необхідно пояснити чому обрано точку саме з зазначеними координатами і як це вплинуло на отримані результати моделювання (підрозділ 3.6).

9. У четвертому розділі наведено вирази (4.5),..., (4.8), що утворюють поточні моделі руху снаряду та застосовуються для побудови апроксимуючих парабол. Точки перетину апроксимуючих парабол з поверхнею (тобто ненульові корені парабол) за приблизним оцінюванням надають можливість визначити точки падіння снаряду. Але не зрозуміло як розраховується приріст аргументу, який може мати рівні за модулем значення, але протилежні знаки (стр. 143).

Наведені зауваження не є принциповими та ніяким чином не знижують високий науковий рівень роботи, її наукову і практичну цінність.

Рівень виконання поставленого наукового завдання.

Результати, отримані у ході виконання дисертаційного дослідження, підтверджують високий рівень виконання поставленого наукового завдання. По всьому тексту дисертації простежується авторський стиль, що свідчить про індивідуальність роботи.

Повнота викладення наукових положень.

Наукові результати дисертації викладені у публікаціях та у повній мірі відображають основні результати дослідження. Результати наукових досліджень представлено в 7 друкованих працях у спеціалізованих наукових виданнях, рекомендованих МОН України. Апробація засвідчена публікаціями 4 праць у матеріалах міжнародних конференцій. Основні положення дисертації повністю викладено в опублікованих працях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

При оприлюдненні наукових результатів було дотримано вимоги «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно Постанови КМУ №44 від 12.01.2022 року, зі змінами, внесеними згідно з Постановою КМ України № 341 від 21.03.2022 року, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023 року, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024 року.

Відсутність порушень академічної доброчесності.

В дисертації не виявлено текстових запозичень і використання наукових результатів інших науковців без посилань на відповідні джерела. Одним з об'єктивних елементів доказу відсутності порушення академічної доброчесності є публікації автора у рецензованих журналах, які перевірено на відсутність запозичень. Дотримання автором вимог академічної доброчесності підтверджено протоколом програми StrikePlagiarism від 21.04.2024 року. Протокол опрацьовано фахівцями кафедри програмних і комп'ютерно-

інтегрованих технологій та членами групи забезпечення підготовки докторів філософії по ОНП за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», які дійшли висновку, що дисертаційна робота відповідає нормам академічної доброчесності. В цілому при підготовці відгуку у тексті дисертації не було знайдено порушень академічної доброчесності.

Значимість отриманих результатів для практичного використання.

Практичні положення дисертаційного дослідження впроваджено у Національному університеті «Одеська політехніка» при підготовці бакалаврів та магістрів за напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» в Інституті штучного інтелекту та робототехніки на кафедрі «Програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій» при викладанні таких навчальних дисциплін: «Автоматизація виробничих процесів», «Моделювання процесів і систем», «Сучасні системи керування», «Оптимальні та адаптивні системи управління».

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Автор дисертаційної роботи Гульцов Павло Семенович на тему «Автоматизоване керування станами об'єктів, що рухаються вільною траєкторією під час динамічних збурень» оволодів методологією наукової діяльності, яка відповідає ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», що доведено отриманими науковими результатами, які відповідають критерію наукової новизни. Методологія наукового пізнання, яка застосована для досягнення мети роботи, узгоджується з освітньо-науковою програмою ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»; забезпечує розвиток науково-педагогічних компетентностей; дозволяє набути здатності щодо розв'язування комплексних проблем у галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування». Отримані наукові результати дисертаційної роботи відповідають програмним предметним, фаховим і інноваційним компетентностям ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Висновок

Таким чином, представлена дисертаційна робота Гульцова Павла Семеновича «Автоматизоване керування станами об'єктів, що рухаються вільною траєкторією під час динамічних збурень» є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить нові науково обґрунтовані результати.

Науковий рівень дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача відповідають вимогам п.п. 5, 6, 7, 8 та 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», згідно з Постановою КМ України №44 від 12.01.2022 року, зі змінами, внесеними відповідно до Постанови КМ України № 341 від 21.03.2022 року, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023 року, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024 року.

Отже, з огляду на актуальність теми дисертації, обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх новизну та практичну цінність, повноту викладу у наукових публікаціях, відсутність порушень академічної доброчесності, вважаю, що автор дисертації Гульцов Павло Семенович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Офіційний опонент

Доктор технічних наук, доцент,
професор кафедри програмного забезпечення
комп'ютерних систем
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»



Олег ІВАНЧЕНКО