

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

**доктора технічних наук, професора, головного наукового співробітника
Боряка Костянтина Федоровича на дисертаційну роботу
ГУЛЬЦОВА ПАВЛА СЕМЕНОВИЧА**

«Автоматизоване керування станами об'єктів, що рухаються вільною траєкторією під час динамічних збурень», яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування», із зазначенням наукового рівня дисертації і наукових публікацій

Актуальність обраної теми.

Дисертаційна робота присвячена визначенню найкращого часу виконання бойової задачі артилерійською гарматою при тривалих динамічних збуреннях за рахунок удосконалення імітаційних моделей та методів керування станами системи «ствол - заряд - снаряд» для забезпечення мінімальної втрати її боєздатності. Основна увага приділяється аналізу взаємодії керуючих впливів на артилерійську гармату протидіючої сторони для пошуку визначальних показників, які характеризують втрату її боєздатності для створення автоматизованої системи пошуку відповідних станів гармати що веде вогонь на знищення цілі. В рамках дослідження було проведено удосконалення імітаційної моделі розподіленого утворення порохових газів по довжині ствола гармати в процесі пострілу та методу визначення їх температури для виявлення технічних станів ствола, як додаткової діагностичної ознаки ефективного пострілу. Результатом стало удосконалення методу і модель ефективного керування бойовою роботою артилерійським підрозділом при ураженні цілі за умовою зміни огневої позиції для забезпечення мінімальної втрати боєздатності та мінімізації терміну часу, який потрібен для підтримання високої точності стрільби. Отримані результати є важливим внеском у розвиток сучасних систем відстеження артилерійського пострілу з випадковими збуреннями на основі реєстрації балістичної та дульної хвиль, утворених снарядом. Актуальність роботи підтверджена сучасною артилерійською тактикою «вистрілив і втік», що розуміється як короткочасний миттєвий вогонь по ураженню цілі зі швидкою зміною огневої позиції.

Новизна представлених теоретичних та експериментальних результатів дослідження.

Зазначена в роботі наукова новизна містить раніше незахищені наукові положення та отримані автором нові науково обґрунтовані результати. А саме:

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

- знайшли подальшого розвитку імітаційна модель та метод керування станами артилерійської гармати при стрільбі за наявності у ефективних пострілах випадкових динамічних зовнішніх і внутрішніх збурень, що дало можливість

визначити термін часу найкращий для ефективного виконання бойової задачі при мінімальній втраті боєздатності з врахуванням частоти зміни вогневої позиції для виконанні бойової задачі;

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

Варто зазначити, що пункти наукової новизни теоретичних та експериментальних результатів дослідження були опубліковані в наукових періодичних виданнях, а можлива практична реалізація наукових здобутків відображено в патентах України на винахід:

– 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. Indexed in SCOPUS, DOI: 10.15587/1729-4061.2021.239150

– 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. Indexed in SCOPUS, doi.org/10.15587/1729-4061.2021.245854.

– 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>. (Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»)

– 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>. (Реєстр наукових фахових видань України, категорія «Б»)

– 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>.

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

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

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

Ступінь обґрунтованості положень, заявлених як наукова новизна,

підтверджується успішним виконанням відповідних завдань в дисертаційному дослідженні, а саме:

- здійснено аналіз взаємодії керуючих впливів на артилерійські гармати протидіючих сторін для пошуку показників, які характеризують втрату їх боєздатності для створення автоматизованої системи пошуку станів;
- удосконалено імітаційну модель розподіленого утворення порохових газів по довжині ствола гармати в процесі пострілу та методу визначення їх температури для виявлення станів як додаткової діагностичної ознаки ефективного пострілу;
- удосконалено метод і модель ефективного керування бойовою роботою артилерійським підрозділом при ураженні цілі за умовою зміни огневої позиції для забезпечення мінімальної втрати боєздатності та найкращого часу;
- розроблено метод відстеження артилерійського пострілу з випадковими збуреннями на основі реєстрації балістичної та дульної хвиль, утворених снарядом.

Застосовані здобувачем методи регресивного аналізу та кінцево-різницевого елементів, теорії ймовірностей і математичної статистики під час комп'ютерного моделювання та оцінки характеристик системи, обчислювальні методи лінійної алгебри є достатньо коректними, а Марківські моделі для розробки автоматизованого методу керування стрільбою і діагностики параметрів стану артилерійської системи є адекватними до реальних станів системи «ствол - заряд - снаряд».

По дисертаційній роботі є наступні зауваження:

1. Мета наукових досліджень, на мій погляд, здобувачем сформульована невдало, оскільки в якості кінцевого результату наукового дослідження зазначено: *«визначення найкращого часу»*, під цим розуміється діапазон значень фізичної величини «часу» для визначального діагностичного параметру, який потім застосовується в розробленому здобувачем методі керування станами артилерійської гармати для забезпечення мінімальної втрати її боєздатності. Визначення значень фізичної величини є одним із наукових завдань, яке вирішується здобувачем в ході досліджень, а не загальна мета. Доречним для мети було б зазначити більш вагому проблему, яку здобувач вирішує, наприклад: *«Підвищення якості та ефективності виконання бойової задачі артилерійською гарматою при тривалих динамічних збуреннях за рахунок удосконалення імітаційних моделей та методів керування станами для забезпечення мінімальної втрати її боєздатності»*.

2. Також є незрозумілим, що *«об'єкт дослідження є процеси пошуку станів найкращого виконання бойової задачі артилерійською гарматою.»*, на жаль немає розшифровки поняття «станів» чого чи кого, та що здобувач має на увазі, коли застосовує до цього поняття рівень *«найкращого»*, що не є вживаним терміном для технічної характеристики чи опису стану об'єкта дослідження. Це також стосується вживання здобувачем сполучення *«найкращий час»* у формулюванні наукової новизни в пункті 2.

3. У першому розділі є такі помилки на сторінках: 34 – невірно вказана ступінь числового параметра $\lambda \approx 6,8 \cdot 10^{-8}$ – *середня довжина вільного пробігу молекули в повітрі*, 38 – в назві рисунка 1.5 та плутанина з українським та англійським позначенням окремих фото і в тексті; 39 – в назві *«Таблиця 1.1 . Периметр твірної, площа проекції та температура газів в дульному викиді на*

інтервалі часу 0,16 с після виходу снаряду» зазначено що наведені значення стосуються тільки одного інтервалу часу 0,16 с, але в рядках в таблиці наведено значення параметрів для всіх чотирьох інтервалів часу: 0,04; 0,08; 0,12; 0,16 с, відповідно до а); б); в); г) на рисунках 1.3-1.5.

3. У другому розділі в таблицях 2.4, 2.5, 2.6 наведено отримані результати, що характеризують розподіл температури порохових газів в процесі пострілу. Розуміння матеріалу було би простіше, якщо в окремих розділах представити модель і метод розв'язання модельної задачі.

4. У третьому розділі для дослідження ефективності стрільби артилерійського підрозділу можна було б максимізувати цільову функцію ефективності стрільби, побудовану на підставі частинних критеріїв точності стрільби, мінімального часу стрільби та мінімальної витрати боєкомплекту. Але й можлива протилежна альтернатива, наприклад мінімізація цільової функції зношеності матеріальної частини артилерійської установки. Доцільно було би довести в якому разі яку цільову функцію і який критерій доцільно прийняти та обґрунтувати вибраний критерій в моделі п. 3.4.

5. У четвертому розділі представлено порівняльний аналіз запропонованого методу реєстрації координати зіткнення артилерійського снаряда з поверхнею з методом компенсації випадкових збурень шляхом послідовних коригувальних пострілів дозволив виявити їх переваги й недоліки. Тоді залишилось незрозумілим що таке метод верифікації за рахунок застосування системи апроксимуючих парабол який компенсує випадкові збурення.

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

Рівень виконання поставленого наукового завдання.

Високий рівень поставленого наукового завдання полягає у визначенні найкращого часу бойового застосування артилерійської гармати під час тривалих динамічних збурень способом удосконалення імітаційних моделей та методів автоматизованого керування станами для забезпечення мінімальних втрат артилерійських снарядів і збереження боєздатності гармати. Цей процес уможлиблюється при автоматизованому керуванні станами гармати під час практичної стрільби для виявлення межового показника дальності польоту снаряда. Пошук найбільш ефективного часу для бойового застосування гармати здійснено методом Марківського моделювання й комп'ютерної системи автоматизації структурною верифікацією пострілу артилерійським.

Зв'язком проведених здобувачем досліджень з:

– планами, затвердженими Міністерством освіти і науки України в Національному університеті «Одеська політехніка», та держбюджетною НДР за темою: «Підвищення ефективності АСК спеціального призначення за рахунок моделювання нелінійних високоенергетичних динамічних процесів» НДР № 224-47 (№ ДР 0122U200907).

Відсутністю порушення академічної доброчесності.

Одним з об'єктивних елементів доказу відсутності порушення академічної доброчесності є публікації Гульцова П.С. в рецензованих журналах, які

перевіряють подані публікації на відсутність запозичень. Крім того, підтвердженням дотримання автором вимог академічної доброчесності є протокол програми StrikePlagiarism від 21.04.2024 року. Представлений 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 зробили висновок, що дисертаційна робота відповідає нормам академічної доброчесності. В цілому при підготовці відгука в тексті дисертації не було знайдено порушення академічної доброчесності.

Повнотою викладення результатів досліджень в наукових публікаціях за темою дисертації.

Наукові результати дисертації, викладені у публікаціях і у повній мірі відображають основні результати дослідження. Результати наукових досягнень викладено у 5 друкованих працях у спеціалізованих наукових виданнях, рекомендованих МОН України, 2 патентах України на винахід, також 4 тезах міжнародних конференцій.

Кількість публікацій за темою дисертаційної роботи та часовий інтервал, протягом якого вони публікувалися, цілком достатньо для повного відображення основних результатів наукових досліджень для оприлюднення, щодо дотримання вимог «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, зі змінами, внесеними відповідно до Постанови КМ України № 341 від 21.03.2022, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024.

Значимістю отриманих результатів для практичного використання.

Для практичного впровадження одержано результати, які дали можливість сформулювати принципи виконання бойового застосування при одному максимум при двох пострілах з кожної вогневої позиції. У порівнянні з діючими нормованими витратами пострілів по знищенню цілі в кількості 10 при оборонних діях, то тактика по знищенню цілі в кількості 4 пострілів відповідає бойовому застосуванню при наступі.

Практичні положення дисертаційного дослідження впроваджено в Національному університеті «Одеська політехніка» при підготовці бакалаврів та магістрів за напрямом «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» в Інституті штучного інтелекту та робототехніки (ІШІР) на кафедрі «Програмних і комп'ютерно-інтегрованих технологій».

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Автор дисертаційної роботи на тему «Автоматизоване керування станами об'єктів, що рухаються вільною траєкторією під час динамічних збурень» Гульцов Павло Семенович оволодів методологією наукової діяльності, яка відповідає ОНП 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», що доведено отриманими науковими результатами, які викладено у науковій новизні. Методологія наукового пізнання, яку застосовано при розв'язанні основних задач у відповідності до мети роботи, узгоджується з ціллю освітньо-наукової програми

ОНП 3-го рівня спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Отримані наукові результати дисертаційної роботи відповідають програмним, предметним, фаховим і інноваційним компетентностям ОНП спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Оцінка дисертації в цілому.

Вважаю, що дисертаційна робота Гульцова Павла Семеновича «Автоматизоване керування станами об'єктів, що рухаються вільною траєкторією під час динамічних збурень» та наукові публікації, в яких викладено її основні результати, мають високий науковий рівень. Робота за своїм змістом та оформленням задовольняє чинним вимогам і є завершеним самостійним науковим дослідженням, в якому є нові науково-обґрунтовані результати, що в сукупності вирішують складну актуальну науково-технічну задачу, яка полягає у визначенні найкращого часу виконання бойової задачі артилерійською гарматою при тривалих динамічних збуреннях за рахунок удосконалення імітаційних моделей та методів керування станами для забезпечення мінімальної втрати її боездатності.

Дисертаційна робота відповідає ОНП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» за спеціальністю 151.

Науковий рівень дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача відповідають вимогам п.п. 5-9 «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, зі змінами, внесеними відповідно до Постанови КМ України № 341 від 21.03.2022, Постановою КМ України № 502 від 19.05.2023, та Постановою КМ України № 507 від 03.05.2024, оскільки наведені в роботі науково обґрунтовані результати у сукупності вирішують актуальну наукову задачу.

Вважаю, що Гульцов Павло Семенович заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування».

Офіційний опонент

Головний науковий співробітник
Науково-дослідного центру
Збройних Сил України «Державний океанаріум»
Інституту Військово-морських Сил
Національного університету
«Одеська морська академія»
доктор технічних наук, професор,
кавалер ордена «За заслуги» III ступеня

Костянтин БОРЯК