

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

Нікула Станіслава Олексійовича на науковий рівень дисертації і наукових публікацій здобувача Демиденка Володимира Едуардовича на тему: «Імітаційна модель пострілу гармати та методи верифікації його життєвого циклу в комп'ютерно-інтегрованої системі управління», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Актуальність теми.

Дисертація Демиденка Володимира Едуардовича є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, яка присвячена вирішенню однієї з актуальних науково-технічних задач – підвищення ефективності та зменшення часу виконання бойової роботи КІСУ практичними стрільбами гарматою при виникненні різних збурень засобом удосконалення імітаційної моделі пострілу і методів верифікації ланок ланцюга станів життєвого циклу кожного артилерійського пострілу, які утворюють зворотний зв'язок.

Регулярне спостереження за подіями російсько-української війни підтвердило важливість артилерії як ключового ударного компонента для виконання тактичних завдань. Моделі бойової тактики та швидка динаміка застосування військової сили вимагають використання багатовекторних вогневих засобів із автоматизованими системами управління. Зростання інтенсивності та швидкості використання вогневих засобів у сучасних військових системах управління сприяє подоланню інформаційних бар'єрів завдяки автоматизації та зворотному зв'язку на кожному етапі впливу на вогневі засоби.

Висока ефективність бойового застосування зброї досягається через діагностику артилерійських систем, де сучасні обчислювальні технології надають достовірну інформацію про стан ствола гармати. Ускладнення бойових дій підвищує важливість моделей та технологій діагностування артилерійських гармат, де основні вимоги ставляться до дієвості та достовірності автоматизованих систем управління. Несвоєчасні або помилкові рішення можуть знизити ймовірність ураження цілі та призвести до знищення гармати противником.

Сучасна тактика артилерії базується на системі контрбатареїної боротьби, тому актуальними є методи верифікації кожного пострілу для підтвердження його ефективності. Верифікація координат розриву снаряда здійснюється за допомогою спостережних засобів або систем звукової розвідки, причому перевага надається пасивним системам, які менш вразливі до перешкод.

При кожному пострілі визначення стану артилерійської системи формує ланцюг станів, який підлягає верифікації для оцінки якості та відповідності вимогам. Аналіз результатів верифікації окремих ланок дозволяє оцінити ефективність пострілу за встановленими критеріями. Особлива увага приділяється верифікації стану ствола, оскільки його зношеність впливає на бойові якості гармати. Дослідження включають аналіз акустичних полів пострілів та розподілене утворення порохових газів для підвищення точності діагностики.

Життєвий цикл артилерійського пострілу включає заряд, зарядну камору, ствол, траєкторію польоту та ціль. Циклічна верифікація дозволяє проводити ко-

ригувальні дії для підтримки ефективності бойової роботи. Отже, верифікація життєвого циклу пострілу є основною умовою керування артилерійським вогнем в автоматизованих системах, забезпечуючи управління в реальному часі з високою ефективністю. Дослідження, що удосконалюють автоматизовані системи управління артилерійськими підрозділами через моделювання та верифікацію життєвого циклу пострілу без втрати ефективності, залишаються актуальними.

Новизни представлених теоретичних та експериментальних результатів дослідження.

Наукова новизна теоретичних та експериментальних результатів дослідження представлено в опублікованих наукових періодичних виданнях.

Удосконалено метод визначення рівноважного вмісту продуктів горіння порошу постійного складу. Зокрема, у відповідній моделі для газоподібної та конденсованої фаз горіння як спосіб визначення поточної брутто-формули артилерійського порошу використовують їх мольні частки, що утворюються в ємності фіксованого об'єму внаслідок зміни температури порохових газів, що утворились як результат спалювання порцій порошу змінної маси в інертній атмосфері. Це унеможливає догорання утворених порохових газів при негативному кисневому балансі порохової суміші, що дозволило провести верифікацію складу артилерійських порохових зарядів в будь-якому стані для заповнення бібліотеки засобом чиселзгорток, що складають компонент моделювання зворотного зв'язку в ланцюгу станів життєвого циклу артилерійського пострілу.

Цей пункт наукової новизни опубліковано в:

– Brunetkin, O., Maksymov, M., Dobrynin, Y., Demydenko, V., Sidelnikov, O. Development of a process model for determining the composition and energy characteristics of a pyrotechnic mixture using the library method. EUREKA: Physics and Engineering. 2024. №5, P.99-112.

– Бутенко О.В., Максимов М.В., Демиденко В.Е., Брунеткін О.І. Метод пошуку розв'язання складної задачі інтерпретації для розв'язання зворотної задачі з визначення складу пального. Суднові енергетичні установки. Науково-технічний збірник. Одеса. 2019. №39. С. 30–42.

– Максимов М. В., Демиденко В. Е., Бутенко О. В., Брунеткін О. І. Модель піролізу органічних речовин змінного складу. Інтегровані технології та енергозбереження. 2020. №3. С. 12-24.

– Бутенко О.В., Демиденко В.Е., Брунеткін О.І Метод ідентифікації складу газоподібного пального. Перспективні напрямки наукової думки: матеріали міжнародної науковопрактичної конференції, 18 квітня 2018 р. Том 5. Тернопіль. ГО «Європейська наукова платформа» С. 63-69.

– Бутенко О.В., Демиденко В.Е., Бондаренко В.В., Брунеткін О.І Модель і метод визначення витрати продуктів згорання газів природного і штучного походження. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах (ВОТТП_18_2018): матеріали XVIII міжнародної науковотехнічної конференції 8–13 червня 2018 р. Одеса (Затока). С. 56-59.

Виявлено доцільність подальшого удосконалення імітаційної моделі пострілу та методу ефективного керування станами бойової роботи причіпної артилерійської гармати за умов зовнішніх динамічних збурень, що залежать від часу здійснення пострілів при зміні вогневої позиції. Таким чином, стало можливим визначення терміну виконання бойового завдання окремих самохідних артилерійських систем за умови втрати боєздатності тільки у разі внутрішніх динамічних збурень під час використання запропонованої чотирикомпонентної моделі керування бойовими діями окремої самохідної артилерійської системи без зміни вогневої позиції, що дозволило провести верифікацію ланки траєкторії в ланцюгу станів життєвого циклу артилерійського пострілу.

Цей пункт наукової новизни опубліковано в:

- Спосіб визначення енергетичної ефективності артилерійської гармати: пат. України на винахід. № 128164; заявл. 05.04.21; опубл. 24.04.24, Бюл. № 17.
- Boltentkov 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.
- Demydenko V.E., Maksymov M.V., Boltentkov V.O. Combat operations model of a single self-propelled artillery system for the computer game ARMA 3. *Applied Aspects of Information Technology*. 2024. Vol. 7, No. 3: 207–218.
- Maksymov O., Toshev O., Demydenko V., & Maksymov M. Simulation modeling of artillery operations in computer games: approach based on Markov processes. *Technology Audit and Production Reserves*. 2024. №5/2(79). P. 23-28.
- Butenko A.V., Demidenko V.E., Maksymova O.B. Development of the control system data ware and software for a heat supply variable structure system. *Prospects for the development of technical sciences in EU countries and Ukraine: a collection scientific works of the International scientific and practical conference.*, Wloclawek, Republic of Poland, December 21-22, 2018. Wloclawek. 2018. P.67 – 71.

Вперше запропоновано метод пошуку трьох вимірювачів серед існуючої множини, розташованих по лінії стрільби, для найбільш ефективного відслідковування артилерійського пострілу, що дало можливість верифікації ланки точки зустрічі снаряда з поверхнею в ланцюгу станів життєвого циклу артилерійського пострілу на основі параболічної апроксимації характеристик траєкторії, по якій рухається снаряд, що забезпечило КІСУ гарматою сенсорною системою для компенсації випадкових збурень, які діють на снаряд при пострілі.

Цей пункт наукової новизни опубліковано в:

- Спосіб визначення координати зустрічі артилерійського снаряда з поверхнею : пат. України № 127193; заявл. 20.11.20 ; опубл. 31.05.2023. Бюл. №22.
- Brunetkin O., Beglov K., Brunetkin V. Maksymov O., Maksymova O., Havaliukh O., Demydenko V. Construction of a method for representing an approximation model of an object as a set of linear differential models. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol 6 №2(108). P. 66–73.
- Демиденко В.Е., Реценко С.С., Максимов М.М. Метод визначення трьох акустичних сенсорів для реєстрації балістичної хвилі артилерійського пострілу. *Електротехнічні та комп'ютерні системи*. 2024. №41(117). с.43- 52.

– Демиденко В.Е., Максимов М.В., Болтънков В.О. Автоматична класифікація артилерійських стволів за рівнем зносу на підставі акустичних сигнатур пострілів. Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Харків: Національний університет цивільного захисту України. 2021. С. 35-36.

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертаційній роботі Демиденка Володимира Едуардовича є достатньо високим й базується на детальному аналізі літературних джерел за обраною проблемою, накопиченому практичному досвіді споряджання зарядів артилерійських боєприпасів, гармонійному поєднанні мети та задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні та критичному аналізі отриманих результатів у порівнянні з результатами інших дослідників, якісному формулюванні отриманих висновків.

Крім того, ступінь обґрунтованості наукових положень доведено по сформульованим завданням дисертаційного дослідження завдяки яким необхідно було:

– провести аналіз методів і способів верифікації ланок ланцюга станів «заряд – зарядна камера – ствол – траєкторія – ціль» життєвого циклу окремого артилерійського пострілу та постановки завдань дослідження;

– провести пошук методу верифікації складу піротехнічної суміші методом бібліотеки на основі удосконалення моделі рівноважної термодеструкції за температурою суміші інертного та порохових газів;

– удосконалити методи і моделі автоматизованого керування бойовою роботою причіпних артилерійських установок у разі використання стохастичних процесів, на основі яких розроблено моделі бойової роботи окремих самохідних артилерійських систем для забезпечення верифікації ефективного пострілу;

– розробити моделі і методу пошуку трьох вимірювачів серед існуючої множини по лінії стрільби, які б забезпечили найбільш ефективну реєстрацію балістичної і дульної хвилі для побудови системи верифікації пострілів.

По дисертаційній роботі є моменти які потребують уточнення:

1. Які перспективні напрямки наукових досліджень відкриває реалізація мети дисертаційної роботи щодо вдосконалення імітаційних моделей та методів верифікації для подальшої оптимізації систем керування артилерійськими пострілами, і як ці результати можуть бути інтегровані у розвиток нових технологій та підходів до управління бойовою роботою КІСУ з метою підвищення їхньої адаптивності та надійності у складних та динамічних бойових умовах?

2. Які перспективні напрямки наукових досліджень відкриває запропонований підхід для подальшої оптимізації хімічного складу порохових сумішей, а також як результати цього дослідження можуть бути інтегровані в процеси розробки та вдосконалення сучасних артилерійських систем, забезпечуючи артилеристів більш ефективними та надійними засобами для виконання їхніх завдань?

3. Які напрямки наукових досліджень відкриває запропонована чотирикомпонентна модель керування бойовими діями самохідної артилерійської системи

для подальшої оптимізації її бойової ефективності та надійності, а також як результати цього дослідження можуть сприяти прийняттю рішення щодо подальшого розвитку причіпних або самохідних артилерійських установок, забезпечуючи артилеристів більш ефективними та надійними засобами для виконання їхніх завдань?

4. Яким чином вибір трьох вимірювачів у процесі верифікації траєкторії артилерійських пострілів впливає на оптимізацію сенсорних систем бойових інформаційних систем артилерійських гармат, і які наукові питання щодо можливого збільшення кількості сенсорів відкриваються для подальшого розвитку сенсорних систем самохідних чи причіпних артилерійських установок з метою підвищення їхньої ефективності та надійності в умовах динамічних бойових збурень?

Наведені зауваження не знижують високий науковий рівень роботи та її наукову і практичну цінність, а скоріш носять характер рекомендації.

Рівень виконання поставленого наукового завдання.

Високий рівень поставленого наукового завдання полягає в визначенні рівноважного складу продуктів згорання постійного складу, що містять газоподібну та конденсовану фази, для яких в імітаційній моделі визначення його бруттоформули використовують мольні частки фаз, що утворюються за рахунок зміни температури порохових газів для виявлення складу порохових зарядів при заповненні бібліотеки у вигляді чисел-згорток.

Високий рівень розв'язання наукового завдання визначено імітаційною моделлю пострілу та методом ефективного керування станами бойової роботи причіпної артилерійської гармати при зовнішніх динамічних збуреннях, які залежать від часу здійснення пострілів як граничні умови для чотирикомпонентної моделі керування бойовими діями окремої самохідної артилерійської системи без зміни вогневої позиції.

Високий рівень поставленого наукового завдання полягає в методі пошуку трьох вимірювачів серед існуючої множини, які розташовано по лінії стрільби для найбільш ефективного відслідковування артилерійського пострілу, на основі параболічної апроксимації характеристик траєкторії, по якій рухається артилерійський снаряд для компенсації випадкових збурень, що діють на снаряд при пострілі.

Повнотою викладення результатів досліджень в наукових публікаціях за темою дисертації.

Кількість публікацій за темою дисертаційної роботи та часовий інтервал, протягом якого вони публікувалися, достатньо великі. У наведених роботах достатньо повно відображені всі наукові положення дисертації. 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 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.

Наукові результати дисертації, викладені у публікаціях у повній мірі відображають основні результати дослідження. Результати наукових досягнень викладені в 17 друкованих працях, з них з 8 – у спеціалізованих наукових виданнях (3

публікації – у міжнародній науково-метричній базі SCOPUS), 2 патенти України на винахід, 7 – доповіді і тези доповідей на міжнародних конференціях.

Відсутністю порушення академічної доброчесності.

Демиденком Володимиром Едуардовичем дотримано вимоги академічної доброчесності, що підтверджується протоколом програми StrikePlagiarism від 08.11.2024 року, який 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.

Значимістю отриманих результатів для практичного використання.

На підставі розроблених моделей і методів сформовано моделі, методи і способи які дали можливість впроваджувати КІСУ гарматою для кожного пострілу через ефективний життєвий цикл снаряду, якщо на ціль спрямовано заплановану дію згідно з прийнятим критерієм.

Практичні положення дисертаційного дослідження впроваджено:

– на національному конкурсі МО ЗС України «Кращий винахід 2023 року» у Сухопутних і Десантно-штурмових військах ЗС України, патент України на винахід № 127193. Спосіб визначення координати зустрічі артилерійського снаряда з поверхнею.

Тісним зв'язком проведених здобувачем досліджень з планами, затверджених МОНУ:

в Інституті військово-морських сил Національного університету «Одеська морська академія» на 2020 рік, і є складником д/б НДР (реєстр. № 0120ZS002970, шифр «Рапан-Б»);

в Національному університеті «Одеська політехніка»; за темою «Підвищення ефективності АСК спеціального призначення за рахунок моделювання нелінійних високоенергетичних динамічних процесів», (№ ДР 0122U200907).

Оволодіння здобувачем методологією наукової діяльності.

Автор дисертаційної роботи Демиденко Володимир Едуардович на тему «Імітаційна модель пострілу гармати та методи верифікації його життєвого циклу в комп'ютерно-інтегрованій системі управління» оволодів методологією наукової діяльності. Методологія наукового пізнання яку застосовано при розв'язанні мети роботи узгоджуються 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 3-го рівня спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Висновок

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, підвищення ефективності та зменшення часу виконання бойової роботи КІСУ практичними стрільбами артилерійською гарматою при виникненні різних збурень засобом удосконалення імітаційної моделі пострілу і методів верифікації ланок ланцюга станів життєвого циклу кожного артилерійського пострілу, які утворюють зворотній зв'язок.

Вважаю, що автор дисертації «Імітаційна модель пострілу гармати та методи верифікації його життєвого циклу в комп'ютерно-інтегрованій системі управління» Демиденко Володимир Едуардович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, галузь знань: 15 – Автоматизація та приладобудування.

Офіційний опонент

Начальник факультету підготовки спеціалістів
ракетно-артилерійського озброєння
Військової академії (м. Одеса)
кандидат технічних наук, доцент

Станіслав НІКУЛ