

УДК 621.3:623.4:629.07-044.4

канд. техн. наук Панченко І. В. ORCID: 0000-0001-5690-3813 (ВІТІ ім. Героїв Крут)

Бернацький А. П. ORCID: 0000-0003-0379-075X (ВІТІ ім. Героїв Крут)

Сердюк П. Є. ORCID: 0000-0002-5497-456X (ВІТІ ім. Героїв Крут)

БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНИЙ ВІЙСЬКОВИЙ СИМУЛЯТОР КЕРУВАННЯ МОБІЛЬНИМ РОБОТОМ З FPV ТА СИСТЕМОЮ ЗВОРОТНОГО ЗВ'ЯЗКУ

Активний розвиток в останнє десятиліття мобільної та автономної робототехніки сприяє пошуку можливостей їх застосування та вирішення завдань у галузі "Військова справа, національна безпека, безпека державного кордону".

В дослідженні наведена класифікація, розглянуті сучасні аспекти та стан військових симуляторів в світі. Проведений аналіз використання технологій сучасних військових симуляторів, що застосовуються в Україні для забезпечення максимально реалістичного та ефективного навчання військовослужбовців, та наведені приклади використання військових симуляторів в Україні.

В процесі опису багатофункціонального військового симулятора керування мобільним роботом з FPV та системою зворотного зв'язку, надана цільова функція зворотного зв'язку, та визначена важливість використання математичного апарату для побудови пристрою симуляції.

В роботі надані схеми та режими роботи багатофункціонального військового симулятора керування мобільним роботом з FPV та системою зворотного зв'язку.

При написанні висновків вказані, що важливим фактором сучасності є, інтеграція нових технологій. Майбутні військові симулятори обов'язково можуть включати ряд нових технологій, які ще більше підвищать їхню ефективність та реалістичність.

Ключові слова: автономний робот, військовий, дослідження, дрон, методи, симулятор, VR, FPV, БпНЗ, БпЛА.

I. Panchenko, A. Bernatskyi, P. Serdiuk A multi-functional military simulator of controlling a mobile robot with FPV and a feedback system.

The active development of mobile and autonomous robotics in the last decade contributes to the search for opportunities for their application and solving tasks in the field of "Military Affairs, National Security, State Border Security".

The study provides a classification, considers modern aspects and the state of military simulators in the world. An analysis of the use of modern military simulator technologies used in Ukraine to ensure the most realistic and effective training of military personnel is carried out, and examples of the use of military simulators in Ukraine are given.

In the process of describing a multi-functional military mobile robot control simulator with FPV and feedback system, the target feedback function is provided, and the importance of using a mathematical apparatus to build a simulation device is determined.

The work provides schemes and modes of operation of a multifunctional military simulator of controlling a mobile robot with FPV and a feedback system.

When writing the conclusions, it is indicated that an important factor of modernity is the integration of new technologies. Future military simulators are sure to include a number of new technologies that will further enhance their effectiveness and realism.

Keywords: autonomous robot, research, drone, methods, military, simulator, FPV, VR, UGV, UAV.

Постановка завдання. Активний розвиток в останнє десятиліття мобільної та автономної робототехніки сприяє пошуку можливостей їх застосування та вирішення завдань у галузі "Військова справа, національна безпека, безпека державного кордону".

Симулятори є потужним інструментом для навчання та підготовки, забезпечуючи безпечне середовище для практики та розвитку навичок [1].

У військовій підготовці, симулятори відіграють критичну роль, забезпечуючи безпечне, ефективно та економічно вигідне середовище для навчання військовослужбовців. Вони дозволяють користувачам набувати практичних навичок і розвивати критичне мислення в безпечному та контрольованому середовищі. Застосування систем симуляції має важливі критерії такі як [2]:

Безпека. Симулятори дозволяють військовослужбовцям тренуватися в умовах, максимально наближених до бойових, без ризику для життя та здоров'я;

Ефективність навчання. Використання симуляторів дозволяє військовим отримувати реалістичний досвід, що сприяє кращому засвоєнню матеріалу та розвитку необхідних навичок.

Економія ресурсів. Симулятори дозволяють зменшити витрати на навчання, оскільки вони знижують потребу у використанні дорогого обладнання, боєприпасів та інших ресурсів;

Стандартизація процесів. Симулятори забезпечують стандартизоване навчання, що дозволяє всім військовослужбовцям отримувати однаковий рівень підготовки незалежно від місця проведення тренувань;

Моделювання складних сценаріїв. Симулятори дозволяють моделювати складні бойові сценарії, включаючи ті, що враховують політичні та соціальні фактори.

В сучасному вимірі систем симуляцій існує кілька основних типів симуляторів, кожен з яких має свої особливості та застосування:

Реальні симулятори (Live simulations). Включають реальних людей, які працюють з реальними системами. Цей тип симуляції використовується для відпрацювання реальних операцій в умовах, максимально наближених до реальних;

Віртуальні симулятори (Virtual simulations). Включають реальних людей, які працюють з віртуальними системами. Вони використовуються для відпрацювання моторних, комунікаційних та інших навичок у віртуальному середовищі;

Конструктивні симулятори (Constructive simulations). Включають віртуальних людей, які працюють з віртуальними системами. Реальні люди можуть робити вхідні дані, але не беруть участі у визначенні результатів. Цей тип симуляції часто використовується для моделювання великих систем або процесів.

Ігрові симулятори (Gaming simulations). Використовуються для навчання через ігрові сценарії, що дозволяють користувачам взаємодіяти з віртуальним середовищем у формі гри.

Задля військового застосування існує декілька базових типів симуляторів, кожен з яких має свої особливості. Наведемо загальну класифікацію військових симуляторів (рис. 1) [3].

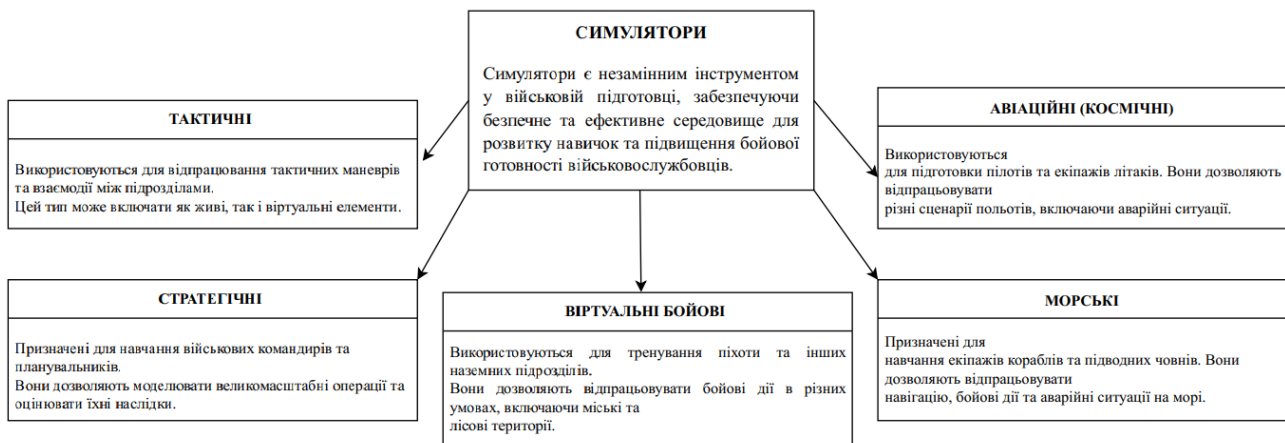


Рис. 1. Загальна класифікація військових симуляторів (адаптоване автором)

В Україні використовуються різноманітні військові симулятори для підготовки військовослужбовців. Наведемо декілька прикладів:

Віртуальний бойовий простір (Virtual Battlespace) використовується в навчальних центрах, таких як "Десна" та Центр імітаційного моделювання в Яворові. Він дозволяє від 10 до 200 осіб одночасно брати участь у віртуальних бойових діях, використовуючи комп'ютери або симулятори певного виду зброї;

Українська компанія Skiftech виробляє лазерні тактичні симулятори для піхоти, артилерії, мінометів, ПТРК, ПЗРК, а також військової техніки, включаючи танки, БТР та БМП. Ці симулятори дозволяють військовим відпрацьовувати різні бойові сценарії в умовах, максимально наближених до реальних [6];

Logics7 розробила понад 30 видів симуляторів для різноманітної зброї, включаючи Т-80 танк, БМП-2 бойову машину піхоти, РПГ-7 та РПГ-22 протитанкові гранатомети (рис. 2), а також пістолети Макарова та штурмові гвинтівки. Ці симулятори використовуються для навчання військових правильній виправки, диханню, поведженню зі зброєю, прицілюванню та плавному натисканню на спусковий гачок під час бойових маневрів [7]

В серпні 2023 року Чехія передала Україні симулятор для підготовки пілотів до роботи на літаках західного зразка F-16. Цей симулятор дозволяє українським військовим вивчати особливості та можливості сучасної техніки без необхідності використовувати реальні літаки [8];



Рис. 2. Симулятор UNITS для підготовки військових. (Фото: Компанія Logics7)

Українські військові використовують симулятори для навчання на протитанкових ракетних комплексах Javelin та переносних зенітно-ракетних комплексах Stinger. Ці симулятори дозволяють військовим відпрацьовувати навички стрільби та управління цими системами без використання дорогих боєприпасів [6];

Компанія "Інтерактивні системи плюс" пропонує інтерактивні лазерні стрілецькі тренажери, призначені для навчання військових із Збройних Сил України. Вони дозволяють відпрацьовувати стрільбу з різних видів зброї в умовах, максимально наближених до реальних [9].

Ці симулятори є важливим інструментом для підготовки українських військових, забезпечуючи безпечне та ефективне середовище для розвитку необхідних навичок та підвищення бойової готовності.

Розглядаючи технологічність сучасних військових симуляторів, що застосовуються в Україні, необхідно зазначити використання різноманітних передових технологій для забезпечення максимально реалістичного та ефективного навчання військовослужбовців, а саме [10, 11]:

Технології *віртуальної реальності (VR)* дозволяють створювати повністю занурюючі середовища, де військові можуть тренуватися в умовах, максимально наближених до реальних бойових дій;

Застосування технологій лазерного променю в симуляторах для відпрацювання стрільби та тактичних маневрів. Вони дозволяють точно моделювати траєкторії куль та інші балістичні характеристики зброї. Як розширення лазерної технології, є системи M.I.L.E.S (Multiple Integrated Laser Engagement System): Такі системи використовують лазерні технології для моделювання двостороннього вогневого контакту, що дозволяє військовим відпрацьовувати тактичні маневри та взаємодію між підрозділами в умовах, максимально наближених до реальних бойових дій;

Для відтворення реалістичних характеристик зброї та бойових умов використовуються *складні математичні моделі*. Це дозволяє симуляторам точно відображати фізичні властивості та поведінку різних видів зброї;

Технології *доповненої реальності (AR)* використовуються для накладання віртуальних елементів на реальний світ, що дозволяє військовим тренуватися в реальних умовах з додатковими віртуальними об'єктами. Це може включати віртуальні мішені, індикатори та інші елементи, що підвищують ефективність навчання;

Системи моделювання бойових дій, використовуються для створення складних сценаріїв бойових дій, що включають різні види військової техніки та підрозділів. Це дозволяє військовим планувальникам розробляти та тестувати стратегії в умовах, максимально наближених до реальних;

Інтерактивні тренажери, дозволяють військовим взаємодіяти з симуляторами в режимі реального часу, що підвищує ефективність навчання. Наприклад, симулятори від "Інтерактивні системи плюс" дозволяють відпрацьовувати стрільбу з різних видів зброї в умовах, максимально наближених до реальних.

Ці технології забезпечують високий рівень реалістичності та ефективності військових симуляторів, що сприяє підвищенню бойової готовності та професійної підготовки українських військовослужбовців.

Кілька країн є лідерами у розробці військових симуляторів, завдяки своїм передовим технологіям, значним інвестиціям у дослідження та розвиток, а також активній участі у міжнародних військових альянсах. До світових лідерів у розробці військових симуляторів відносяться такі країни як, США, Канада Ізраїль, Велика Британія, Німеччина, Франція, Китай і Австралія.

США: США є безперечним лідером у розробці військових симуляторів. Управління перспективних досліджень Міністерства оборони США (DARPA) активно працює над створенням нових симуляційних технологій, включаючи глобальні комп'ютерні симуляції для військових навчань. Крім того, американські компанії, такі як Bohemia Interactive Simulations, є провідними виробниками військових симуляторів.

Канада: Канадські компанії активно розробляють та впроваджують нові симуляційні системи для військових навчань.

Ізраїль: Ізраїльські компанії розробляють високотехнологічні симулятори, які використовуються як всередині країни, так і експортуються до інших держав.

Велика Британія: Британські компанії та дослідницькі установи активно працюють над створенням нових симуляційних технологій, які використовуються як у національних збройних силах, так і в міжнародних військових операціях.

Німеччина: Німеччина має значний досвід у розробці військових симуляторів, завдяки своїм передовим технологіям та інноваційним підходам.

Франція: Французькі компанії розробляють та впроваджують нові симуляційні системи для військових навчань.

Китай: Китай активно розвиває свої можливості у сфері військових симуляторів, інвестуючи значні ресурси у дослідження та розробки. Китайські компанії та дослідницькі установи працюють над створенням нових симуляційних технологій, які використовуються як всередині країни, так і експортуються до інших держав.

Австралія: Австралійські компанії активно розробляють та впроваджують нові симуляційні системи для військових навчань.

Ці країни є лідерами у розробці військових симуляторів завдяки своїм передовим технологіям, значним інвестиціям у дослідження та розвиток, а також активній участі у міжнародних військових альянсах.

Військові симулятори мають потенціал значно покращити підготовку військовослужбовців, роблячи її більш ефективною, безпечною та адаптивною до сучасних викликів.

Аналіз останніх публікацій. Відомо багато досліджень та порівнянь проблематики, стосовно тренажерів та симуляторів у військовій справі. З урахуванням, що під час аналізу проблематики застосування тренажерів та симуляторів у військовій справі використовувалися ресурси всесвітньої інтернет бази даних Web of Science, Scopus, Googly Academy. тощо, а система пошукових запитів налаштована задля застосування спеціальних функцій пошукових ключів, з визначенням ключових термінів і комбінацій, що характеризують досліджувану область, результатом проведеного пошуку на момент дослідження, стали 572 різноманітних публікацій, у тому числі 39 монографій, 23 бібліографічних оглядів, 17 технічних стандартів. Велика різноманітність підходів до технічного опису зустрічається в спеціалізованій літературі, а саме в керівництвах до тренажерних комплексів в авіації, інженерії, військовій справі та інших галузях. Так, наприклад в роботі [3] Ганна Красота-Мороз надає загальні визначення, опис і класифікацію систем симуляції. Також дослідження [12] Бредфорда Белла (Bradford S. Bell) та співавторів надає важливий фундаментальний аналітичний опис таких систем. А Олександр Перемот, в блозі GameDev DOU, надає потужний опис застосування військового симулятора "Обрій" з розкриттям переваг і недоліків [13].

Але сучасні стан та реалії з урахуванням повномасштабного військового вторгнення рф, прискорило наповнення Сил оборони України різноманітною некодифікованою технікою та озброєнням, в тому числі і саморобними й експериментальними робототехнічними системами, в якості тренажерів використовуються звичайні ігрові пульти і комп'ютерна програма симулятор, отже є неприйнятні для роботи з реальними мобільними роботами.

Таким чином **метою статті** є вирішення наукової проблеми шляхом удосконалення засобів, що необхідні для вирішення прикладного завдання навчання оператора і здійснення керування мобільним роботом.

Викладення основного матеріалу: Поєднання матаналізу, теорії автоматичного управління та інших фундаментальних наук та симуляторів є критично важливим для військових з причин які впливають на [14]:

Точність моделювання. Математичні моделі дозволяють створювати точні симуляції різних військових сценаріїв. Використання математичних алгоритмів забезпечує високу точність і реалістичність симуляцій, що є критично важливим для ефективної підготовки військовослужбовців:

Оптимізація ресурсів. Використання математичного апарату, допомагає оптимізувати використання ресурсів під час військових навчань. Це включає планування логістики, розподіл ресурсів та управління часом. Математичні моделі дозволяють знаходити оптимальні рішення для складних задач, що допомагає знизити витрати та підвищити ефективність навчань.

Аналіз та прогнозування. Математичні методи дозволяють аналізувати результати симуляцій та робити прогнози щодо можливих результатів бойових дій. Це включає аналіз

великих обсягів даних, виявлення закономірностей та тенденцій, а також моделювання різних сценаріїв розвитку подій. Такий підхід допомагає військовим краще розуміти можливі ризики та приймати обґрунтовані рішення.

Розробка нових технологій. Наукова формалізація завдання є основою для розробки нових технологій, які використовуються у військових симуляторах. Це включає створення алгоритмів штучного інтелекту, машинного навчання, а також розробку нових методів моделювання та симуляції. Використання передових математичних методів дозволяє створювати більш ефективні та реалістичні симулятори.

Підвищення реалістичності. Математичні моделі дозволяють враховувати велику кількість змінних та факторів, що впливають на бойові дії. Це включає моделювання різних типів місцевості, погодних умов, а також поведінки противника. Використання математики забезпечує високу реалістичність симуляцій, що допомагає військовослужбовцям краще підготуватися до реальних бойових умов.

Інтеграція з іншими системами. Математичні моделі дозволяють інтегрувати симулятори з іншими військовими системами, такими як системи управління боєм, розвідки та зв'язку. Це забезпечує комплексний підхід до підготовки та планування військових операцій, що підвищує їх ефективність та координацію.

Навчання та розвиток навичок. Використання математичних моделей у симуляторах дозволяє створювати індивідуальні навчальні програми для військовослужбовців. Це включає адаптацію навчальних завдань до рівня підготовки кожного учасника, надання персоналізованих рекомендацій та зворотного зв'язку. Такий підхід допомагає більш ефективно розвивати навички та знання військовослужбовців.

В процесі симуляції бойових дій використовуються різні математичні моделі, що дозволяють аналізувати та прогнозувати результати військових операцій [15].

Зворотний зв'язок у системах симуляції керування роботом є критичним компонентом, який дозволяє системі коригувати свою поведінку на основі вихідних даних або продуктивності цієї системи. Це коригування є важливим для підтримання стабільності, покращення продуктивності та забезпечення того, щоб системи могли ефективно реагувати на зміни в їхньому середовищі.

Однією з найпоширеніших є передатна функція системи керування зі негативним зворотнім зв'язком, яка описує залежність вихідного сигналу від вхідного. Наведемо приклад такої функції для системи з зворотним зв'язком (рис. 3):

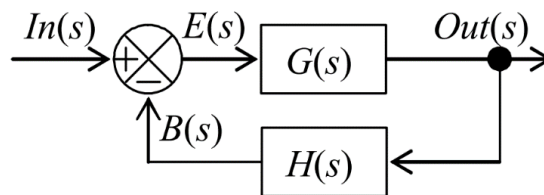


Рис. 3. Блок-схема загального замкнутого контуру для системи зі зворотним зв'язком

Основні компоненти зворотного зв'язку

Зворотний зв'язок у системах керування роботом зазвичай включає наступні компоненти:

Контролер: Пристрій або алгоритм, що коригує вхідні дані на основі вимірних вихідних даних.

Основні компоненти системи:

1. *Вхідні дані.* Сигнали або дані, що надходять до системи.

Вхідний сигнал ($In(s)$): бажане значення або команда.

2. *Процес, що контролюється.* Система або процес, який підлягає контролю.

Передатна функція прямого каналу ($G(s)$): описує динаміку системи без зворотного зв'язку.

3. *Вихідні дані.* Результати або продуктивність системи.

Вихідний сигнал ($Out(s)$): фактичне значення, яке вимірюється.

4. *Сенсори.* Елементи, що вимірюють вихідні дані системи в тому числі оператор мобільного робота.

5. *Компоненти зворотного зв'язку.*

Передатна функція зворотного каналу ($H(s)$): описує динаміку зворотного зв'язку.

Передатна функція замкненої системи зі зворотним зв'язком визначається як:

$$T(s) = \frac{Out(s)}{In(s)} = \frac{G(s)}{1+G(s)H(s)}, \quad (1)$$

де $G(s)$ – передатна функція прямого каналу, а $H(s)$ – передатна функція зворотного каналу.

Зазвичай на практиці передатна функція прямого каналу $G(s)$ і зворотного каналу $H(s)$ розглядаються як:

$$G(s) = \frac{K}{s(T_s+1)}, H(s) = 1, \quad (2)$$

де K – коефіцієнт підсилення, T_s – постійна часу системи.

Тоді передатна функція замкненої системи буде:

$$T(s) = \frac{\frac{K}{s(T_s+1)}}{1+\frac{K}{s(T_s+1)}} = \frac{K}{s(T_s+1)+K}. \quad (3)$$

Ця передатна функція описує, як система реагує на вхідний сигнал з урахуванням зворотного зв'язку. Вона дозволяє аналізувати стабільність системи, її динамічні характеристики та ефективність керування [16].

6. *Контролер:* Пристрій або алгоритм, що коригує вхідні дані на основі вимірних вихідних даних.

Використання комунікаційних технологій дозволяє забезпечити ефективний зворотній зв'язок, та здійснення надійної передачі даних між компонентами системи. Поєднання математичних моделей та симуляторів дозволяє створювати ефективні системи керування зі зворотним зв'язком, що є критично важливим для сучасних робототехнічних застосувань.

Опис вирішення прикладного завдання. З урахуванням вище зазначеного, фахівцями кафедри Спеціальних інформаційних систем та робототехнічних комплексів, розроблений комплексний симулятор керування мобільним роботом рис. 4.

Для керування безпілотним мобільним роботом отримують у режимі реального часу інформацію про його фактичне положення та стан його руху, за допомогою використання каналу зворотного зв'язку VR FPV, на підставі чого оператор формує команду керування для управління безпілотним мобільним роботом. Будова пристрою керування (рис. 5) дозволяє його використовувати в якості доповнення до наземного пункту управління безпілотного мобільного робота, а також окремого віддаленого мобільного пункту керування.



Рис. 4. Зовнішній вигляд симулятора керування роботом з FPV та каналом зворотного зв'язку

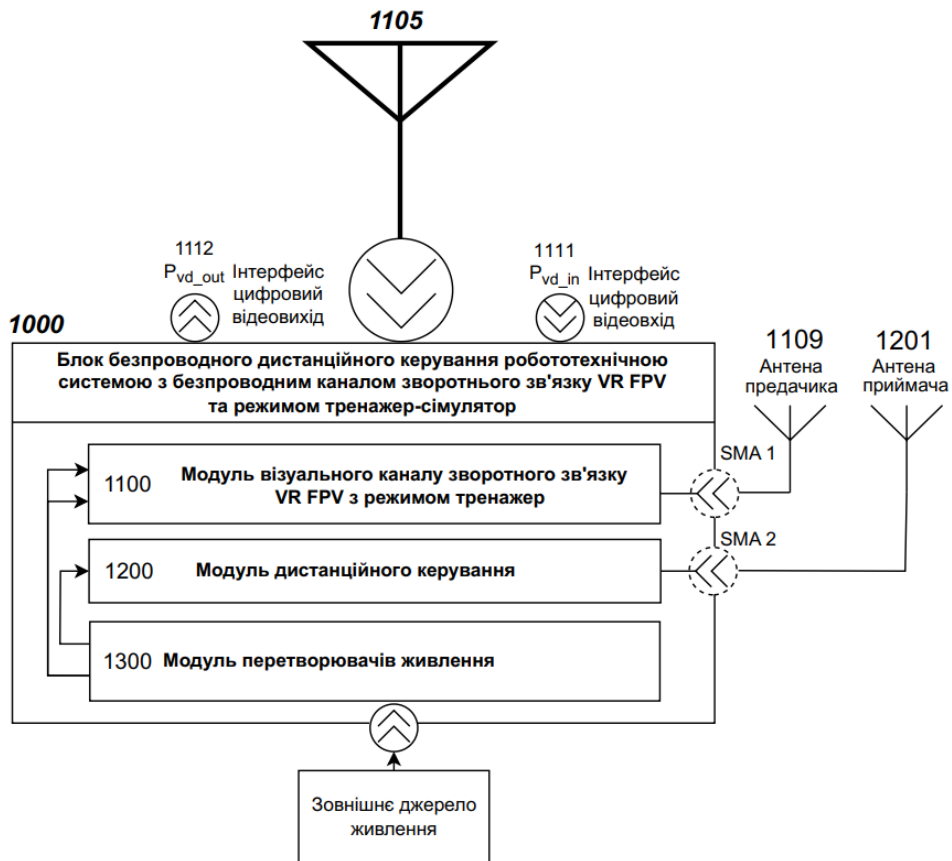


Рис. 5. Загальна функціональна схема будови симулятора керування роботом з FPV та каналом зворотного зв'язку

В режимі тренажер, пристрій відтворює реальні умови використання й керування безпілотним мобільним роботом і надає можливість відпрацювання всіх без винятку режимів експлуатації безпілотного мобільного робота.

Пристрій містить модуль візуального каналу зворотного зв'язку VR FPV для отримання інформації про стан руху, модуль керування місією, модуль тренажерного перетворювання та критичної індикації. Забезпечений інтерфейсом підключення зовнішніх пристроїв та приймання-передачі даних, відеоокулярів, пульта керування оператора.

Забезпечується підвищення безпеки персоналу та розширення функціональних можливостей під час керування безпілотним мобільним роботом.

Симулятор керування безпілотним мобільним роботом (1000), складається з:

1100 модуль візуального каналу зворотного зв'язку VR FPV з режимом тренажер;

1200 модуль дистанційного керування;

1300 модуль перетворювачів живлення;

1105 антена-симулятор відеопередавача;

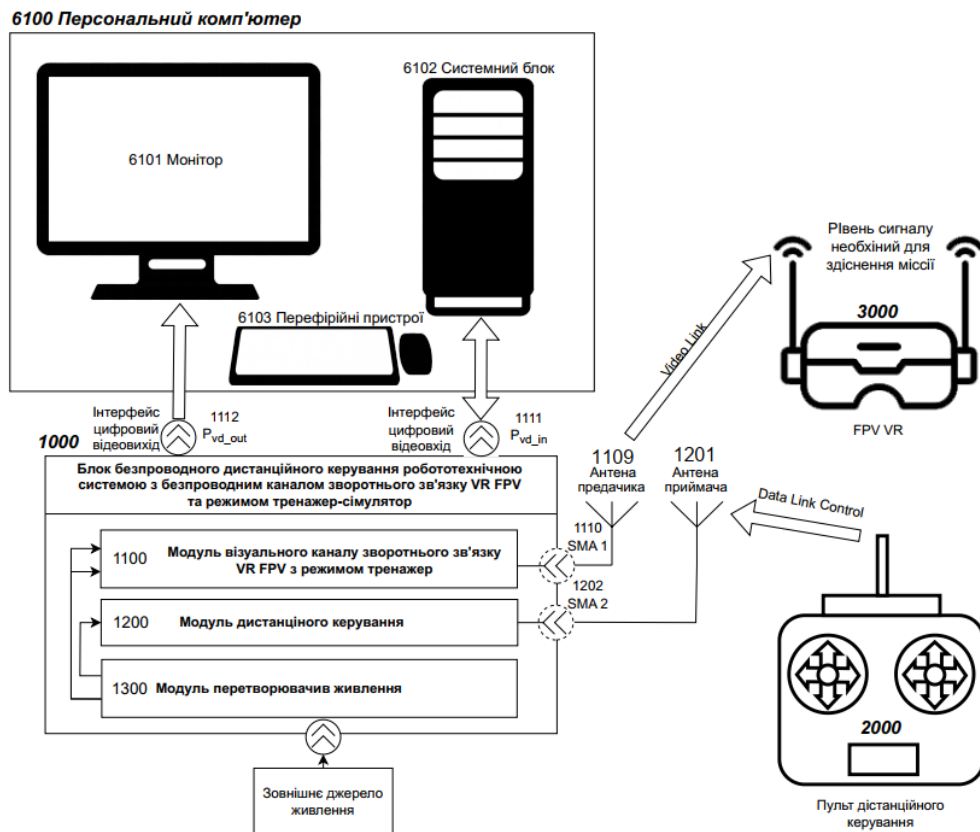
1109 антена відеопередавача;

1201 антена приймача.

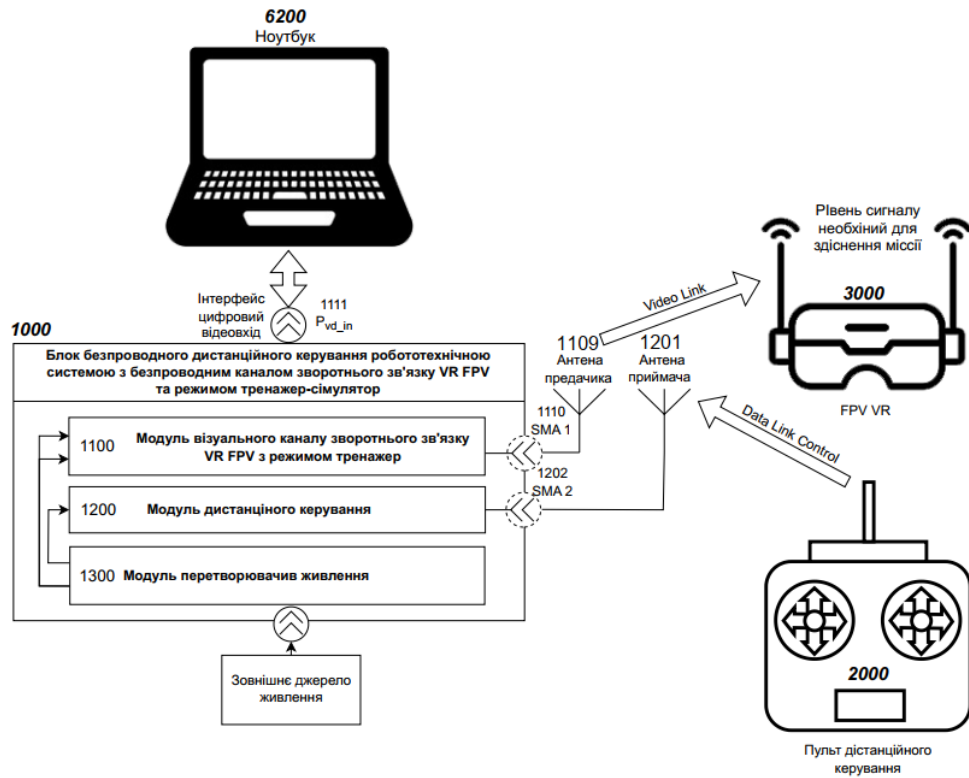
Режими роботи, які підтримує симулятор:

1. Режим "програмно-апаратний симулятор" (рис. 6, а-в).

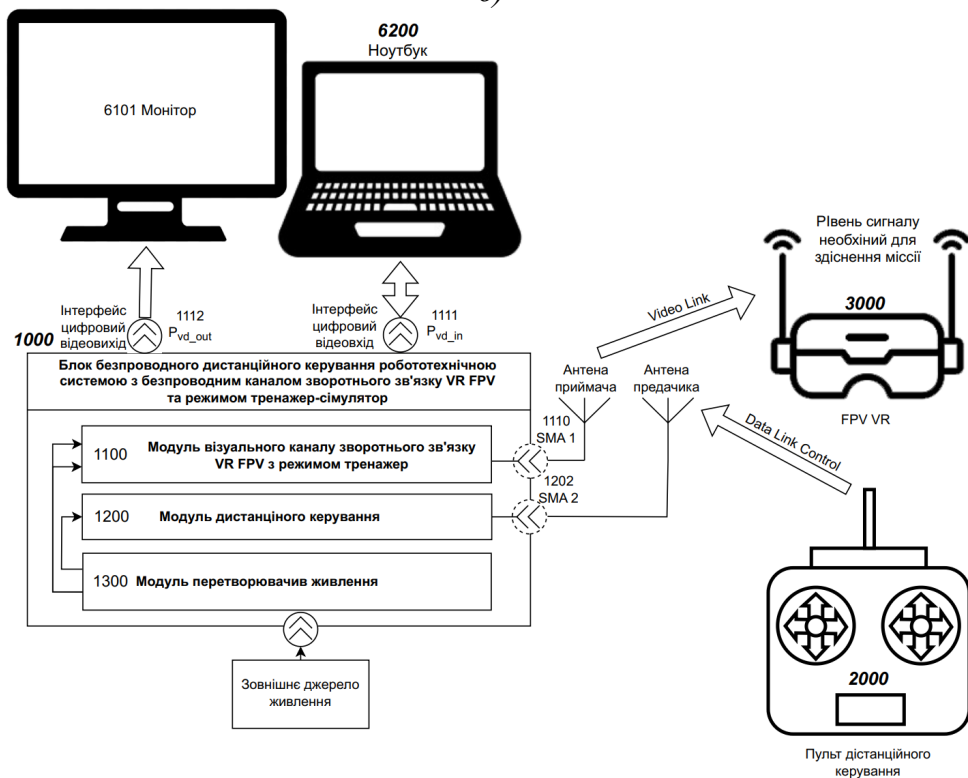
В цьому режимі апаратура працює з пониженою потужністю передавача відеоканалу. Відстань користувача близька до ПЕОМ (режим біля комп'ютера/ ноутбука)



a)



б)



в)

Рис. 6. Схема режим керування безпілотним мобільним роботом з застосуванням пристрою керування безпілотним мобільним роботом з каналом зворотного зв'язку VR FPV та режимом тренажер з ПЕОМ в режимі симуляції керування мобільним роботом:

а – із застосуванням ПЕОМ 6100 "Персональний комп'ютер";

б – із застосуванням ПЕОМ 6200 "Ноутбук";

в – із застосуванням і ПЕОМ 6200 "Ноутбук" та додатковим місцем спостерігача-інструктора

2. Режим "Виносна система керування FPV БПЛА" (рис. 7) Потужність і режим роботи всіх блоків повні. В цьому режимі такі фактори як потужність передавачів та відстань оператора залежать від тактичної і оперативної необхідності поставленого завдання.

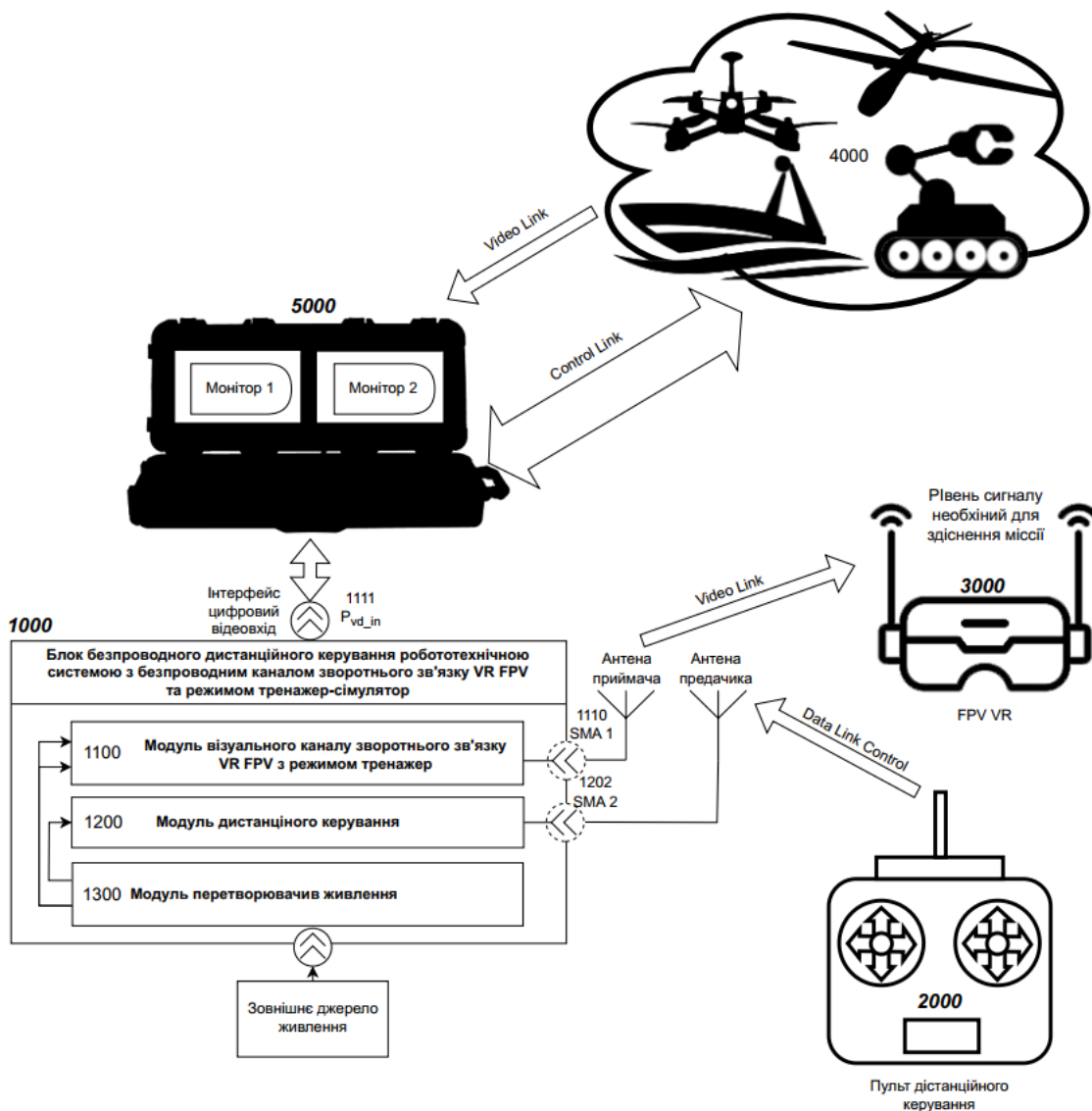


Рис. 7. Схема режим керування безпілотним мобільним роботом з застосуванням пристрою керування безпілотним мобільним роботом з каналом зворотного зв'язку VR FPV та режимом тренажер з наземною станцією керування мобільним роботом

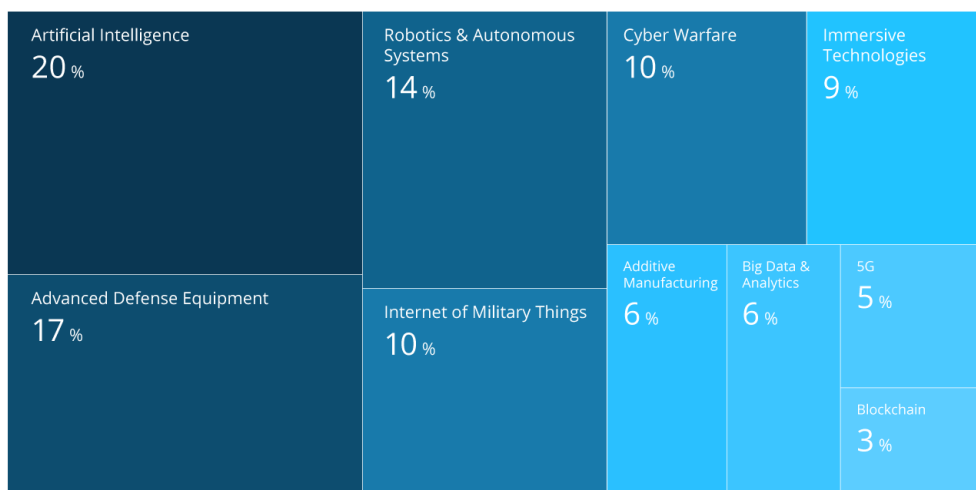
Висновки

В роботі описана загальна складова і запропоновано варіанти використання багаторежимного симулятора мобільного робота. Зворотний зв'язок є невід'ємною частиною систем симуляції керування роботом, забезпечуючи їхню ефективність, стабільність і адаптивність. Застосування в системі зворотного зв'язку коригування в реальному часі дозволяє роботам коригувати свої дії на основі фактичного стану системи. Забезпечує точне керування рухом і виконання завдань. Дозволяє системам адаптуватися до змін у навколишньому середовищі. Така система симуляції з застосуванням комунікаційних технологій має важливу роль для Сил Оборони. Також в сучасному стані розвитку та застосування військових симуляторів відіграє вагомий вплив на підготовку сучасних військовослужбовців.

Сучасні симулятори здатні створювати надзвичайно реалістичні бойові умови, що дозволяє військовослужбовцям відпрацьовувати навички в умовах, максимально наближених до реальних. Використання симуляторів дозволяє значно знизити витрати на підготовку, оскільки не потребує використання реальної техніки, боєприпасів та інших ресурсів. Симулятори забезпечують безпечне середовище для відпрацювання складних та небезпечних маневрів, що знижує ризик травм та втрат під час навчання. Це особливо важливо для рекрутів та під час відпрацювання нових тактик та стратегій. Завдяки використанню сучасних технологій, таких як AI та машинне навчання, симулятори можуть адаптуватися до індивідуальних потреб кожного військовослужбовця, надаючи персоналізовані рекомендації та зворотний зв'язок. Симулятори дозволяють проводити тренування для великої кількості військовослужбовців одночасно, що особливо важливо для підготовки великих підрозділів та координації дій між різними військовими частинами. Сучасні військові та спеціальні симулятори дозволяють швидко створювати та тестувати нові бойові сценарії, що дає можливість військовим бути готовими до різних ситуацій та викликів.

Важливим фактором сучасності є, інтеграція нових технологій (рис. 8) [14].

Impact of Top 10 Military Technology Trends & Innovations in 2025



This tree map illustrates the top 10 innovation trends & their impact on the Military Technology | [StartUs Insights](#) | Copyright © StartUs Insights. All rights reserved.

Рис. 8. Інфографіка прогноз-дослідження від аналітичного агентства StartUs, стосовно військових інноваційних технологій в 2025 році

Майбутні військові симулятори обов'язково можуть включати ряд нових технологій, які ще більше підвищать їхню ефективність та реалістичність. В якості перспективних технологій, які можуть з'явитися в найближчому майбутньому можна зазначити такі як, штучний інтелект (AI), військовий інтернет речей (MIoT), 5G технології, розширена реальність (XR), адитивне виробництво (3D друк), робототехніка та автономні системи. Ці технології мають потенціал значно покращити військові симулятори, зробивши їх більш реалістичними, інтерактивними та ефективними для підготовки військовослужбовців до сучасних та майбутніх викликів.

Напрями подальших досліджень: Описаний в роботі симулятор поданий в органи патентного права на отримання патенту на корисну модель. Напрямами подальшого дослідження є вдосконалення апарату для застосування в якості універсального ретранслятора керування мобільними роботами, та впровадження системи зв'язку керування глибоководними апаратами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Lateef F. Simulation-based learning: Just like the real thing [Electronic resource] / F. Lateef // Journal of Emergencies, Trauma, and Shock. 2010. Vol. 3, No. 4. P. 348. Mode of access: <https://doi.org/10.4103/0974-2700.70743>.
2. Hurrel S. Simulation-based learning benefits and challenges for eLearning [Electronic resource] / S. Hurrel // Helping You Be Powered By Knowledge | Neovation. Mode of access: <https://www.neovation.com/learn/90-simulation-based-learning-benefits-and-challenges-for-elearning>.
3. Красота-Мороз Г. Симуляційний тренінг як сучасна педагогічна технологія розвитку компетентностей військовослужбовців сил спеціальних операцій в системі професійної військової освіти [Електронний ресурс] / Г. Красота-Мороз, Д. Оленів // Військова освіта. 2023. С. 186–195. Режим доступу: <https://doi.org/10.33099/2617-1783/2023-47/186-195>.
4. Петришин Б. Сучасні технології у підготовці військових: тактичні симулятори SKIFTECH [Електронний ресурс] / Б. Петришин // Рубрика. Режим доступу: <https://rubryka.com/article/symulyatory-skiftech/>.
5. The Critical Role of Virtual Reality & Simulation in Military Training Â» Karve [Electronic resource] // Karve â Your Strategic Growth Partner. – Mode of access: <https://www.karveinternational.com/insights/the-critical-role-of-virtual-reality-simulation-in-military-training> (date of access: 10.10.2024).
6. Які симулятори використовують бійці ЗСУ для навчання на Stinger, Javelin та навіть польський ПЗРК Grom | Defense Express [Електронний ресурс] // Військовий портал Defense Express - все про військову справу. Режим доступу: https://defence-ua.com/people_and_company/jaki_simuljatori_vikoristovujut_bijtsi_zsu_dlja_navchannja_na_stinger_javelin_ta_navit_polskij_pzrk_grom-13136.html.
7. Logics7 розробила понад 30 симуляторів зброї для підготовки ЗСУ [Електронний ресурс] // Militarnyi. Режим доступу: <https://mil.in.ua/uk/news/logics7-rozrobila-ponad-30-symulyatoriv-zbroyi-dlya-pidgotovky-zsu/>.
8. Івахненко Д. Ігрові симулятори, на яких можна почати опановувати бойові навички [Електронний ресурс] / Д. Івахненко, Д. Гадомський // Texty.org.ua – статті та журналістика даних для людей Текст.org.ua. Режим доступу: <https://texty.org.ua/articles/111677/ihrovi-symulyatory-u-yakyh-mozhna-pochaty-oranovuvaty-bojovi-navychky/>.
9. Симулятори бойових дій купити | ТОВ "Інтерактивні системи плюс" [Електронний ресурс] // ТОВ "Інтерактивні системи плюс". Режим доступу: <https://isp.com.ua/>.
10. Moiseienko O. How Virtual Reality Technologies in Ukraine are Enhancing Modern Warfare And Helping To Train Soldiers [Electronic resource] / O. Moiseienko // UNITED24 Media. Mode of access: <https://united24media.com/war-in-ukraine/how-virtual-reality-technologies-in-ukraine-are-enhancing-modern-warfare-and-helping-to-train-soldiers-1466>.
11. Система імітації бою MILES в ЗСУ [Електронний ресурс] // Militarnyi. Режим доступу: <https://mil.in.ua/uk/systema-imitatsiyi-boyu-miles-v-zsu>.
12. Bell, B. S. Current issues and future directions in simulation-based training in North America // B. S. Bell, A. M. Kanar, S.W.J. Kozlowski - The International Journal of Human Resource Management, 19(8), 2008, pp. 1416–1434.
13. Перемот О. Що потрібно знати, як довго тренуватися та чи допоможе ігровий досвід. [Електронний ресурс] / О. Перемот // GameDevDOU. Режим доступу: <https://gamedev.dou.ua/articles/frv-simulator-steam-games/>.
14. Top 10 Military Technology Trends for 2025 | StartUs Insights [Electronic resource] // StartUs Insights. Mode of access: <https://www.startus-insights.com/innovators-guide/top-10-military-technology-trends-2022>.
15. Forrester J. W. Industrial Dynamics / J. W. Forrester Massachusetts : MIT Press. 1996. 480 p.
16. Sterman J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World with CD-ROM / J. Sterman. – London: McGraw-Hill Education, 2000. 1008 p.