

І. А. Пількевич, І. А. Омельчук, Ю. Л. Бондаренко, К. М. Білоус

**ПОКАЗНИКИ МАНЕВРЕНОСТІ УДАРНИХ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ
АПАРАТІВ ІЗ ФІКСОВАНИМ КРИЛОМ ЯК ФАКТОР ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ЖИВУЧОСТІ**

Сучасний розвиток інформаційних систем створює умови для розроблення новітніх засобів, що дозволяють автоматизувати та дистанціювати оператора й об'єкт управління, і тим самим більш ефективно реалізувати процеси керування. Разом зі зростанням складності автоматизованих систем й інформаційних технологій, що застосовуються, збільшується їх функціональність та з'являються нові можливості щодо використання. Інтенсивне впровадження роботизованих систем, спричинене збройною агресією, відбувається й у військовій сфері, зокрема для транспортувальних, розвідувальних та атакувальних дій. Функціонування відеопередавача на борту мобільного роботизованого комплексу дозволило забезпечити канал зворотного зв'язку з оператором, що значно покращило можливості цих систем. Вагомих здобутків в окресленому напрямі досягнуто у створенні безпілотних літальних апаратів ударного та розвідувального класів. Для них важливим є забезпечення виконання бойової задачі в умовах активної протидії противника. Саме для цього їх оснащено низкою застосунків для захисту від засобів радіоелектронної боротьби та вогневого ураження. Засоби протидії радіоелектронному впливу мають на меті убезпечити канали отримання координат та управління, а від вогневого ураження засобами протиповітряної оборони захисту апарат можливо завдяки конструктивним особливостям, які удосконалюють його маневрені характеристики. Системи озброєння протиповітряної оборони мають певні технічні можливості щодо часу реагування на повітряні цілі, зокрема їх виявлення, передавання цілевказівок, а також постріл ракети, яка в польоті проводить пошук цілі та здійснює донаведення, що теж потребує часових ресурсів. Оскільки ці можливості обумовлені тактико технічними характеристиками, то актуальним є вдосконалення маневреності БпЛА, що дозволить змінювати його положення в просторі за час, який дорівнює або є меншим, ніж потрібний на реагування системи протиповітряної оборони противника, тобто дасть йому змогу ухилитися від ураження. Можливими способами розв'язання цієї задачі є впровадження в систему керування БпЛА літакового типу вдосконалених сервоприводів електромагнітного типу, які мають меншу порівняно з наявними типами інерційність та можуть забезпечити швидко й однозначно переставлення кермових поверхонь на певний фіксований кут й утримання їх у такому положенні протягом чітко визначеного часу, а також використання елементів механізації крила. Зміна положення апарата в просторі в такому разі відбувається за рахунок відхилення кермових поверхонь на усталений кут з різним часом утримання у відхиленому положенні.

© І. А. Пількевич, І. А. Омельчук, Ю. Л. Бондаренко, К. М. Білоус, 2025

Ключові слова: роботизований комплекс; інформаційна система; бойове застосування; система автоматики; керованість.

Постановка проблеми в загальному вигляді. Розвиток сучасних військових технологій створює нові реалії ведення бойових дій, та зумовлює впровадження в бойову практику застосування великої кількості дистанційно керованих систем різного призначення. Однак актуальними на сьогоднішній день є пошук способів покращення живучості безпілотних літальних апаратів (БпЛА) за рахунок удосконалення їх маневрених характеристик [1]. На сьогоднішній день проблема збереження літальних апаратів (ЛА) вимагає всебічного розгляду з урахуванням розвитку технічних характеристик систем протиповітряної оборони противника. До таких характеристик, зокрема, належать час реагування вогневого комплексу та виявлення цілі, імовірність її ураження, швидкість пострілу та польоту ракети (боєприпасу) тощо. Але в разі обстрілу БпЛА засобами протиповітряної оборони противника велике значення має швидкість зміни його координат в просторі та величина цих змін, тому вдосконалення конструкції БпЛА для покращення маневреності є важливим завданням для забезпечення їх живучості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання живучості є широко обговорюваним в наукових колах. Так, у [3] досліджено можливості ефективного застосування БпЛА для проведення рекогносцирування на місцевості в умовах ведення бойових дій, які ґрунтуються на заходах підготовки та безпосереднього його проведення. Опубліковані результати дослідження показали, що застосування цієї технології має великий потенціал у покращенні оперативної розвідки та для забезпечення безпеки військовослужбовців.

У матеріалах дослідження [4] розглянуто підхід до створення імітаційної моделі для оцінювання дій ударних БпЛА. У запропонованій математичній моделі промодельовані два процеси: політ апарата, який може бути описаний диференціальними рівняннями руху, та засічка цілі з подальшим ураженням його засобами. Ця модель пов'язує такі параметри, як: розміри зони бар'єру, інтенсивність виявлення цілей, кількість задіяних ударних БпЛА, характеристика їх озброєння та швидкість. Аналізуючи та змінюючи ці параметри, можна встановити потрібні закономірності між ними й застосовувати їх для розроблення раціональних стратегій використання ударних БпЛА в умовах ведення бойових дій.

Авторами статті [5] розкрито сутність концепції мережецентричного ведення бойових дій та викладено основні вимоги, що ставляться до мережецентричних систем управління військового призначення в ході їх використання в сучасних умовах для забезпечення автоматизованого управління ударними роботизованими комплексами збройних сил.

У публікації [6] запропоновано науково-методичний підхід до обрахунків параметрів стрільби, який дозволяє виявляти й розпізнавати повітряні цілі (ПЦ) типу ЛА-камікадзе та визначати ступінь їх небезпеки для розрахунку, що в підсумку мінімізує час на прийняття командиром підрозділу, який обладнаний турельними кулеметними установками, швидкого та обґрунтованого рішення щодо знищення такої цілі.

У розробленій моделі [7] проаналізовано стрільбу зенітно-ракетним комплексом (ЗРК) по різних ПЦ у ході відпрацювання цілевказівок із батарейного командного пункту. Також запропоновано методику числового моделювання визначення показників ефективності пострілу ракетою у вигляді оцінних значень умовної ймовірності ураження ПЦ. Для побудови моделі було враховано як конструктивні, так і технічні характеристики станції та системи бойової машини (БМ) ЗРК малої дальності, а також характеристики ракети. Показано вплив різноманітних завад із різною щільністю сигналу на стрільбу ракетою. Наведено розрахунки можливого маневру цілі з урахуванням її ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) та величини перевантажень під час виконання маневру.

У [8] описано методику числового моделювання оцінювання значень умовних ймовірностей ураження ЗРК рухомих ПЦ у ході стрільби ракетами з телевізійним оптичним візором БМ. Розрахункові умовні ймовірності ураження ПЦ, що рухається в просторі, пов'язані з похилою відстанню до дальньої межі зони ураження ЗРК та залежать від параметрів середовища, у якому рухається об'єкт, і характеристик цілі. Розкрито також математичний апарат, який показує, що ефективність застосування ЗРК залежить від площі проєкції ЛА в картинній площині стрільби, умов стрільби ракетою та маневрених можливостей цілі. Для оцінювання умов стрільби ракетою та ймовірності ураження ПЦ автори ввели деякі розрахункові коефіцієнти математичної моделі, які включають її параметри: колір цілі, характеристики атмосфери, коефіцієнт якості бойової роботи особового складу, величину ЕПР рухомої цілі, рівень оптичних та радіолокаційних завад під час стрільби, швидкість ЛА й можливі допустимі його перевантаження під час маневрування.

У статті [9] описано методику оцінювання живучості системи управління вогнем зенітного підрозділу (частини), у якій зосереджено увагу на вирішенні завдання з оцінювання показника живучості системи управління вогнем. Як показник, що характеризує ступінь збереження боєздатності системи, було запропоновано використання ймовірності неуразнення елементів системи за час t , тобто ймовірність збереження працездатності протягом заданого часу.

Формулювання завдання дослідження. Виходячи з огляду публікацій та порушених питань, що виникають у ході аналізу чинників, які впливають на живучість БпЛА як систем озброєння, можна зробити висновки про те, що важливою складовою збереження їх функціонування є збільшення часу, протягом якого відбувається захоплення цілі та донаведення засобів протиповітряної оборони противника. Отже, триваліше перебування БпЛА в повітрі без його ураження противником забезпечить більшу ймовірність виконання поставленого завдання. Удосконалення динамічних характеристик БпЛА відіграє важливу роль у забезпеченні його живучості. Цього можна досягнути вирішенням таких завдань: збільшення швидкості польоту БпЛА шляхом покращення тягових характеристик рушіїв; зменшення інерційності виконавчих механізмів за рахунок застосування швидких поворотних систем сервоприводів; використання елементів механізації крила та модифікації способу керування його рульовими поверхнями [2].

Статтю присвячено розв'язанню актуальної науково-прикладної задачі щодо підвищення рівня живучості БпЛА шляхом збільшення їх швидкості та маневреності з урахуванням чинників, які впливають на ймовірність їх ураження засобами протиповітряної оборони противника.

Виклад основного матеріалу. ЛА – це рухомий об’єкт, який підпорядковується певним математичним моделям, що описують параметри його руху. Такі моделі було проаналізовано в [4], де промодельовані два процеси: політ БпЛА та виявлення ним об’єктів ураження противника. Ця модель дозволяє описати динаміку польоту та вказує на те, що якість визначення цілей безпосередньо залежить від швидкості ЛА.

Крім того, актуальність розробки новітніх методів керування ЛА обумовлена використанням автоматизованих систем виявлення та ураження [5]. Ці системи засобів розвідки, виявлення, управління та вогневого ураження об’єктів противника, об’єднані в єдину автоматизовану систему, отримали в загальній теорії війни назву мережецентричної концепції, яка спрямована на підвищення бойових можливостей збройних формувань у сучасних війнах. Об’єднання підрозділів у єдину мережу дозволяє забезпечити взаємодію в районі проведення бойової операції сил та засобів розвідки, управління й вогневого ураження, створити єдину інформаційну систему, що підвищує ефективність ведення бойових дій військового угруповання. Безпека і живучість таких систем досягається застосуванням відповідних засобів захисту від нападу противника, зокрема систем протиповітряної оборони, захисту від технічних засобів розвідки, кібератак тощо. Мережецентрична концепція вимагає також покращення льотних характеристик ЛА, що дозволить їм виконувати бойові задачі в умовах цих автоматизованих систем. У такому разі підвищення швидкісних характеристик БпЛА відіграє важливу роль для забезпечення його живучості в умовах активної протидії противника.

Основною зброєю протидії БпЛА умовах широкомасштабної війни є пересувні БМ, обладнані швидкострільними турельними кулеметними установками в складі мобільних вогневих груп [6]. Ці вогневі підрозділи мають певну специфіку спостереження ПЦ, яке ведеться з точки O на землі (горизонтальна площина XZ на схемі (рис. 1), де вісь OX проходить крізь точку C' , яка є проєкцією точки C на земну поверхню), що дозволяє визначити напрямок руху цілі за допомогою її ракурсу q – видимого скорочення довжини фюзеляжу повітряного об’єкта.

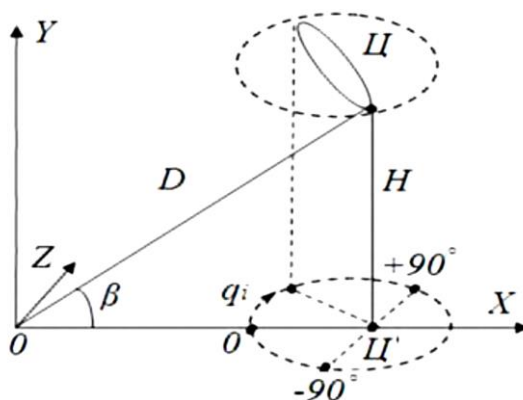


Рис. 1. Схема визначення ракурсу цілі [6]

Висота польоту цілі H визначається візуально або береться середнє значення висоти польоту розпізнаної цілі, однак це призводить до похибки та прийняття хибного рішення про ступінь її небезпеки для розрахунку БМ.

Важливе значення має час T , який є в розпорядженні розрахунку БМ для знищення цілі, що атакує. Але в разі швидкої зміни висоти ПЦ розрахунок БМ не зможе навести зброю на ціль. Оскільки кут β у разі спостереження та прицілювання буде змінюватися, то для націлювання необхідний додатковий час, що дасть змогу повітряному апарату покинути зону ураження вогневого розрахунку. Саме додатковий час на прицілювання є показником покращення живучості БпЛА під час його обстрілу з кулеметної установки.

Найбільш уразливим ЛА є в момент обстрілу його ракетою. Швидкість польоту ракети значно вища за швидкість БпЛА, тому для забезпечення неуразливості під час ракетного обстрілу є невелика кількість інструментів. Математична модель, наведена в дослідженні [7], дає можливість проаналізувати причини виникнення помилок під час пострілу ракетою та врахувати їх як фактори покращення живучості ЛА. Так, протидія ракетному комплексу у вигляді застосування радіоелектронних завад та маневрування цілі змінюють межі зони ураження в разі пострілу. Тому для числового моделювання визначення показника ефективності стрільби ракетою враховують технічні характеристики та параметри як самих ракет, так і систем БМ. Аналіз похибок наведення ракети та похибок системи підриву її бойової частини дає змогу отримати значення показника ефективності стрільби, а саме значення умовних імовірностей ураження ПЦ під час пострілу в разі стрільби однією ракетою по ЛА.

Для моделювання було прийнято такі припущення: БМ та ракети в повній бойовій готовності, техніка справна, тобто відмови відсутні під час стрільби ракетами, сигнал про постріл надходить на БМ вчасно. Аналіз ефективності стрільби ракетами в ході проведення моделювання авторами [7] здійснювався для польоту ПЦ за висотами: 500 м, 1000 м та 5000 м. Також було прийнято типові значення: швидкість руху типової цілі (ТЦ) становить 230 м/с, швидкість БпЛА – 40 м/с. Крім того, враховано те, що противник застосовує завади сильної щільності (12 дБ). У моделі було передбачено можливий маневр цілі з перевантаженнями у $\sim 4 g$ та положення про те, що ЛА мають різну ЕПР від 10^{-3} м^2 до 10^2 м^2 .

Швидкість польоту та виконання маневру БпЛА також призводить до зростання систематичної складової динамічної похибки першого роду за рахунок маневрування ПЦ. Цю похибку $v(n_u, t)$ можна визначити за достатньо наближеним виразом за умови, що середньоквадратичне відхилення похибки першого роду в разі маневру ПЦ залишається незмінним та $v(n_u, t) \geq 0$:

$$v(n_u, t) = \left\{ 0,5n_u g \left\{ t^2 - \left[\frac{n_p}{n_u} (t - \tau_k) \right] \right\} \text{ if } t \geq \tau_k, 0,5n_u g t^2 \text{ otherwise,} \right. \quad (1)$$

де n_u – перевантаження ПЦ за одностороннього колового віражу в горизонтальній площині її польоту без зміни висоти та швидкості (змінюється в межах від 0 до 10);

t – час від початку маневру ПЦ до точки зустрічі з ракетою (змінюється в межах від 0 с до 5 с);

g – прискорення вільного падіння ($9,807 \text{ м/с}^2$);

τ_k – постійна контуру управління ракетою (змінюється в межах від 0,5 с до 0,9 с, прийнято для числового моделювання $\sim 0,8$ с);

n_p – перевантаження ракети, яке вона має в траєкторії захвату цілі (змінюється в межах від 5 до 27, для моделювання прийнято 15).

За результатами проведених розрахунків отримано достатньо великі значення:

$$v(3;1) \approx 11,8 \text{ м та } v(5;1,2) \approx 23,5 \text{ м.}$$

Як видно з наведених розрахунків, значення систематичної похибки для ураження ракетою зростає в разі використання ПЦ активного маневрування, що дає змогу забезпечити живучість БпЛА, який має достатні маневрені можливості, щоб забезпечити необхідний рівень перевантажень під час виконання маневру.

Схожу математичну модель було запропоновано також у дослідженні [8], де проаналізовано ситуацію стрільби ракетою з телевізійним оптичним візором.

Одним із показників такої моделі є середнє значення систематичної складової динамічної похибки першого роду пострілу ракетою в разі стрільби по ПЦ, яка маневрує [8]. Цей показник можна розрахувати за виразом

$$m_c(n_u) = \frac{1}{t_1(n_u)} \int_0^{t_1(n_u)} v(n_u, t) dt, \quad (2)$$

де $t_1(n_u) = \frac{\tau_k}{\left(1 - \sqrt{\frac{n_u}{n_p}}\right)}$ – час, за якого величини $v(n_u, t)$ дорівнюють нулю.

За результатами математичного моделювання отримано

$$m_c(3) \approx 5,7 \text{ м, } m_c(5) \approx 12,4 \text{ м, } m_c(9) \approx 42 \text{ м.}$$

Отже, за умови, якщо радіус стійкого спрацювання радіозавод становить, наприклад 14 м, то збільшення лише однієї систематичної складової динамічної похибки на близько 12–42 м призведе до суттєвого зниження ефективності стрільби ракетою, але при цьому можливості БпЛА мають забезпечувати досягнення прискорень виконання маневру з перевантаженням до 9 g.

Як описано в моделі [9], живучість системи характеризується її можливостями зберігати або швидко відновлювати свою боєздатність в умовах застосування противником різних засобів ураження. Цю модель використовують для розрахунку ймовірності ураження системи управління вогнем зенітного підрозділу, але можна її застосувати для обрахунку ймовірності ураження БпЛА. Як показник ступеня збереження боєздатності БпЛА можна використовувати ймовірність неуразнення його елементів вогнем противника за час t :

$$P(t) = (1 - P_u)^{\frac{t}{t_u}}, \quad (3)$$

де $t_{\text{ц}}$ – тривалість циклу розвідка-ураження засобами вогневого ураження противника;

$P_{\text{ц}}$ – імовірність ураження елементів системи управління за час $t_{\text{ц}}$.

Як бачимо, ця модель дає аналітичну залежність між імовірністю ураження БпЛА та його характеристиками щодо швидкості руху та маневреними можливостями, оскільки на час $t_{\text{ц}}$ впливає швидкість зміни координат ЛА в просторі.

Час $t_{\text{ц}}$ за умови, що удар завдано розвідувально-ударним (розвідувально-вогневим) комплексом або артилерійським вогнем, оцінюємо таким чином: за час t_p здійснюється розвідка цілей, як правило, за допомогою радіолокаційних станцій; за час $t_{\text{цв}}$ проходить передача даних цілевказівки; за час $t_{\text{мід}}$ готуються дані для ведення вогню (пуску ракет); за час t_y завдається удар (політ ракет або снарядів до цілей). У такому разі тривалість циклу розвідка-ураження для цієї моделі становить

$$t_{\text{ц}} = t_p + t_{\text{цв}} + t_{\text{мід}} + t_y, \quad (4)$$

де t_p – час розвідки цілей;

$t_{\text{цв}}$ – час передавання цілевказівки;

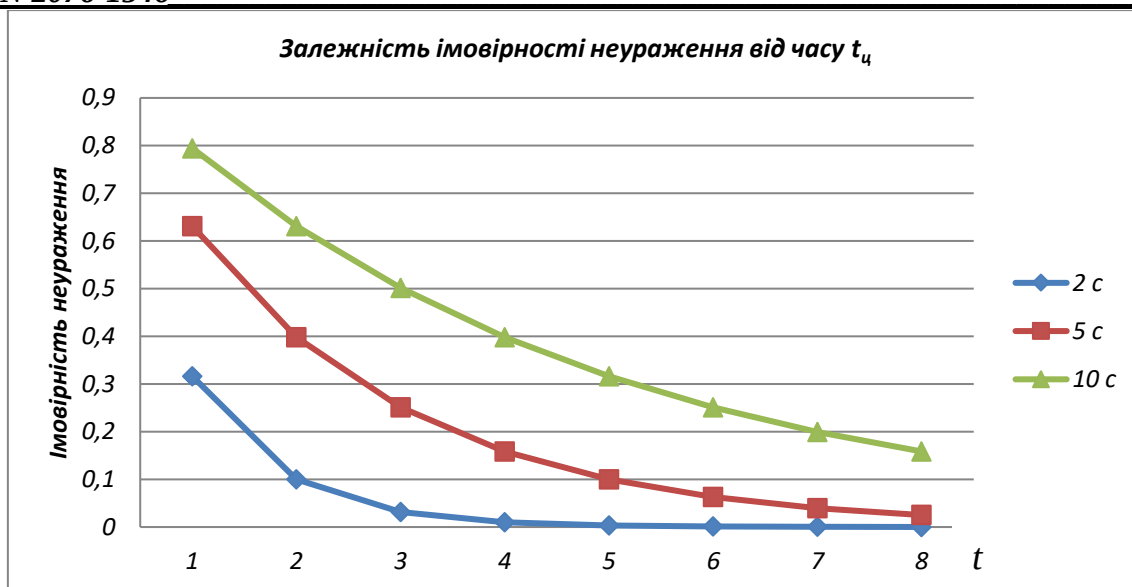
$t_{\text{мід}}$ – час підготовки до пострілу;

t_y – час завдання удару.

Отже, імовірність ураження БпЛА є функцією в часі декількох аргументів, тому, якщо якась зі складових часу $t_{\text{ц}}$ збільшується, то значення результату функції буде зменшуватися. Відповідно, якщо маневрування БпЛА дозволить збільшити час $t_{\text{ц}}$, то ймовірність його ураження буде зменшуватися, що є критерієм покращення живучості. На графіку (рис. 2) показано залежності ймовірності неуразнення цілі від часу за різної тривалості циклу розвідка-ураження $t_{\text{ц}}$. Для демонстрації математичної моделі обрахунку ймовірності неуразнення (9) було обчислено значення $P(t)$ для різних значеннях тривалості циклу $t_{\text{ц}}$. Для демонстрації функції прийнято ймовірність ураження $P_{\text{ц}} = 0,95$ та тривалість $t_{\text{ц}}$, яка становить 2 с, 5 с та 10 с відповідно.

Як видно з графіків, значення функції $P(t)$ залежить від часу $t_{\text{ц}}$, чим триваліший цей цикл, тим більшою є ймовірність неуразнення цілі на одних і тих самих відрізках часу. Так, за тривалості $t_{\text{ц}} = 2$ с на четвертій хвилині ймовірність неуразнення становить 0,01, тоді як за умови збільшення $t_{\text{ц}}$ до 10 с цей показник становить уже 0,398 на тій самій часовій позначці. Отже, результати обрахунків вказують на збільшення ймовірності неуразнення БпЛА та, відповідно, на покращення показника живучості в разі збільшення циклу $t_{\text{ц}}$ за рахунок маневрених можливостей ЛА та його швидкості.

Саме тому створення ЛА, що мають характеристики щодо маневрування достатні для отримання значних переважань у польоті, є актуальним завданням сьогодення, яке потребує подальшого вивчення.

Рис. 2. Графік залежності функції (3) від часу t_u

У польоті ЛА може виконати маневр як за напрямком, так і за висотою. Але в умовах дистанційного керування зміна напрямку призводить до відхилення від курсу, що спричиняє втрати часу через відновлення орієнтування пілота на місцевості в умовах обмеженого кута огляду камери БпЛА. Тому для виконання завдання оператором більш оптимальним є зміна висоти під час польоту, що також є маневром ухиляння з перевантаженням.

Покращення маневрених характеристик ЛА може бути досягнуто різними способами, зокрема за рахунок використання швидкісних електромагнітних систем сервоприводів у конструкції літака, застосування рушіїв, які розвивають більшу тягу, а також способом керування відхиленням кермових поверхонь. Крім того, важливим є також вибір кермових поверхонь, які використовують для управління положенням літака в просторі. Це можуть бути як класичні стабілізатори й елерони, так і елементи механізації крила (рис. 3).

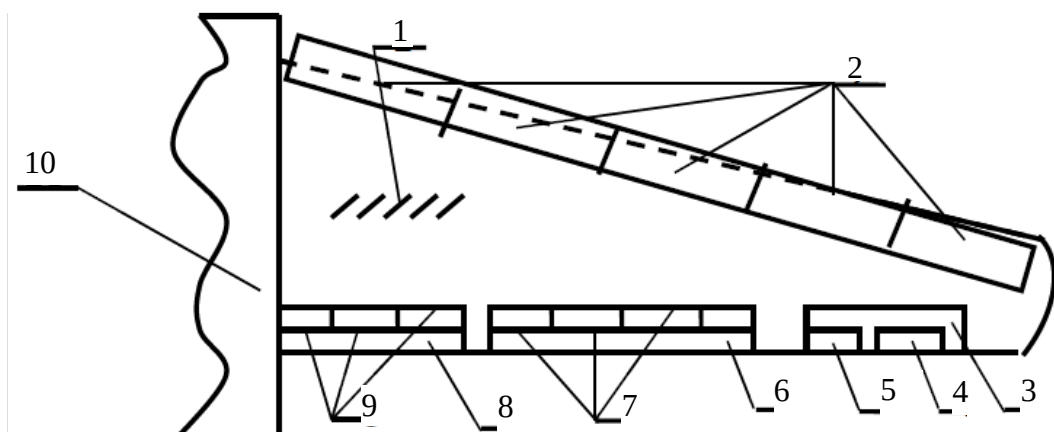


Рис. 3. Елементи механізації крила літака [10]:

1 – турбулізатори; 2 – передкрилок; 3 – елерон; 4 – тример елерона; 5 – сервокомпенсатор елерона; 6 – зовнішній закрилок; 7 – інтерцептори; 8 – внутрішній закрилок; 9 – гальмівні щитки; 10 – фюзеляж

У процесі виконання різних маневрів літака, особливо під час злету та посадки, виникає необхідність керувати лобовим опором та підйомною силою його крила за допомогою передкрилків, наявність яких дозволяє суттєво оптимізувати режими злету та посадки. Якщо кут атаки передкрилка збільшувати, то лобовий опір знижується. Підйомна сила передньої частини передкрилка стає негативною порівняно з більшою величиною підйомної сили центральної частини крила. Аналогічний ефект зменшення лобового опору та збільшення підйомної сили крила літака можна реалізувати більш простим способом, ніж із використанням передкрилків, а саме шляхом застосування щитків Крюгера й носика крила, що відхиляється (рис. 4а та 4б відповідно).

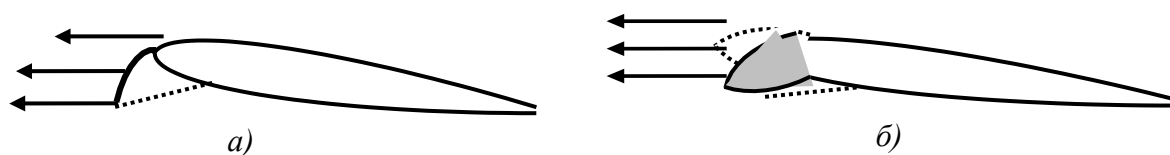


Рис. 4. Елементи механізації крила літака: а) щитки Крюгера; б) носик крила, що відхиляється [10]

Використання носика крила, що відхиляється, у поєднанні з елеронами та кермовими поверхнями стабілізаторів дозволить виконати більш різкі та швидкі маневри ЛА за умови використання автоматичної системи управління. Отже, посилення динаміки та жорсткості управління органами керування ЛА для покращення його маневрених характеристик дасть змогу підвищити живучість апарата, дозволить залишитися неуразеним протягом більшого часу та виконати бойову задачу в умовах протидії противника. Методом збільшення динаміки є використання менш інерційних систем сервоприводу кермових поверхонь та способу керування їх відхиленням, який має бути передбачуваним та доступним для програмування на обчислювальній платформі з обмеженими можливостями.

Висновки

1. Дослідження математичних моделей ефективності ураження ПЦ під час стрільб ракетою підтверджує те, що активне маневрування БпЛА дає змогу забезпечити його живучість.
2. Для забезпечення прискореного виконання маневру БпЛА запропоновано використання електромагнітних систем сервоприводу та елементів механізації крила з метою отримання характеристик, які дозволять його виконувати з перевантаженням до 9 g.
3. Покращення маневрених характеристик БпЛА дозволить йому ухилятися, що дасть змогу збільшити час на прицілювання та донаведення, а отже, підвищить показник живучості.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Пількевич І. А., Омельчук І. А. Спосіб підвищення динамічних властивостей кермових приводів ударних безпілотних літальних апаратів // Тези доповідей X Міжнар. наук.-техн.

конф. («Актуальні проблеми військово-технічної політики та напрями озброєння Збройних Сил України в умовах воєнного стану», м. Київ 04–05 грудня 2024 р.). Київ : ЦНДІ ОБТ ЗС України, 2024. С. 196–197.

2. Пількевич І. А., Омельчук І. А. Система сервоприводів безпілотних літальних апаратів з фіксованим крилом // Збірник тез доп. Міжнар. наук.-практ. семінару («Проблематика, тенденції і перспективи розвитку воєнної науки та освіти в умовах сучасних глобальних викликів та конфліктів», м. Київ, 28–29 листопада 2024 р.). Київ : ЦНДІ ЗС України, 2024. С. 105–106.

3. Порядок застосування безпілотних літальних апаратів для проведення рекогносцировки на місцевості в умовах війни / О. О. Болюбаш, А. О. Пономарьов, В. В. Шулежко, А. В. Шулежко // Зб. наук. праць ДНДІ ВС ОБТ. 2024. № 1 (19). С. 7–13. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.01>

4. Алгоритм імітаційної моделі оцінки дій ударних безпілотних літальних апаратів / С. М. Звиглянич, С. В. Орлов, Я. М. Кожушко, М. Ф. Линник // Зб. наук. праць ДНДІ ВС ОБТ. 2024. № 1 (19). С. 50–55. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.06>

5. Розвідувально-ударні системи в мережецентричній війні / Д. А. Іванов, Р. М. Олійник, Ю. М. Живець, В. А. Іванова // Зб. наук. праць ДНДІ ВС ОБТ. 2024. № 1 (19). С. 56–61. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.07>

6. Науково-методичний підхід до визначення ступеня небезпеки повітряної цілі розрахунком бойової машини з турельною кулеметною установкою / В. Р. Баган, В. В. Костюк, О. М. Купріненко, О. В. Жирна // Зб. наук. праць ДНДІ ВС ОБТ. 2024. № 3 (21). С. 14–22. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.21.2024.02>

7. Методика числового моделювання визначення показника ефективності стрільби ракетою по різних повітряних цілях при відпрацюванні цілевказівки з батарееного командного пункту / В. Є. Кудряшов, О. В. Коломійцев, О. М. Рисований та ін. // Зб. наук. праць ДНДІ ВС ОБТ. 2024. № 1 (19). С. 107–116. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.13>

8. Методика числового моделювання визначення значень умовних ймовірностей ураження повітряних цілей при стрільбі ракетою з телевізійним оптичним визиром бойової машини / В. Є. Кудряшов, О. В. Коломійцев, О. В. Кулешов та ін. // Зб. наук. праць ДНДІ ВС ОБТ. 2024. № 1 (19). С. 57–69. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.21.2024.07>

9. Методика оцінювання живучості системи управління вогнем зенітного підрозділу (частини) / В. В. Мегельбей, С. О. Кравченко, Д. С. Іценко та ін. // Зб. наук. праць ДНДІ ВС ОБТ. 2020. № 3. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.3.2020.10>

10. Куць Н. Г. Аеродинаміка механізованого крила літака // Грааль науки : Міжнар. наук. журн. 2022. № 23. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.23.12.2022.44>

Стаття надійшла до редакції 01.06.2025.

REFERENCES

1. Pilkevych, I. A., & Omelchuk, I. A. (2024). Sposib pidvyshchennia dynamichnykh vlastyvostei kermovykh pryvodiv udarnykh bezpilotnykh litalnykh aparativ [A Method of

Increasing the Dynamic Properties of Steering Drives of Strike Unmanned Aerial Vehicles]. In *Tezy dopovidei Kh Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. («Aktualni problemy viiskovo-tekhnichnoi polityky ta napriamy ozbroiennia Zbroinykh Syl Ukrainy v umovakh voiennoho stanu»)* [Abstracts of the X International Scientific and Technical Conference ("Current Problems of Military-Technical Policy and Directions of Armament of the Armed Forces of Ukraine under Martial Law")]. Kyiv, December 4–5, 2024. (pp. 196–197) [in Ukrainian].

2. Pilkevych, I. A., & Omelchuk, I. A. (2024). Systema servopryvodiv bezpilotnykh litalnykh aparativ z fiksovanym krylom [Servo Drive System of Fixed-Wing Unmanned Aerial Vehicles]. In *Zbirnyk tez dop. Mizhnar. nauk.-prakt. seminaru («Problematyka, tendentsii i perspektyvy rozvytku voiennoi nauky ta osvity v umovakh suchasnykh hlobalnykh vyklykiv ta konfliktiv»)* [Collection of Abstracts of the International Scientific and Practical Seminar ("Problems, Trends and Prospects for the Development of Military Science and Education under Modern Global Challenges and Conflicts")]. Kyiv, November 28–29, 2024. (pp. 105–106) [in Ukrainian].

3. Boliubash, O. O., Ponomarov, A. O., Shulezhko, V. V., & Shulezhko, A. V. (2024). Poriadok zastosuvannia bezpilotnykh litalnykh aparativ dlia provedennia rekohnostsyrovky na mistsevosti v umovakh viiny [The Procedure for Using Unmanned Aerial Vehicles for Reconnaissance in the Field in Wartime]. *Zb. nauk. prats DNDI VS OVT [Collection of Scientific Works of the National Research Institute of the Armed Forces of Ukraine]*, 1 (19), 7–13. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.01> [in Ukrainian].

4. Zvyhlianych, S. M., Orlov, S. V., Kozhushko, Ya. M., & Lynnyk, M. F. (2024). Alhorytm imitatsiinoi modeli otsinky dii udarnykh bezpilotnykh litalnykh aparativ [Algorithm of a Simulation Model for Assessing the Actions of Strike Unmanned Aerial Vehicles]. *Zb. nauk. prats DNDI VS OVT [Collection of Scientific Works of the National Research Institute of the Armed Forces of Ukraine]*, 1 (19), 50–55. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.06> [in Ukrainian].

5. Ivanov, D. A., Oliinyk, R. M., Zhyvets, Yu. M., & Ivanova, V. A. (2024). Rozviduvalno-udarni systemy v merezhetsentrychnii viini [Reconnaissance and Strike Systems in Network-Centric Warfare]. *Zb. nauk. prats DNDI VS OVT [Collection of Scientific Works of the National Research Institute of the Armed Forces of Ukraine]*, 1 (19), 56–61. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.07> [in Ukrainian].

6. Bahan, V. R., Kostiuk, V. V., Kuprinenko, O. M., & Zhyrna, O. V. (2024). Naukovo-metodychnyi pidkhid do vyznachennia stupenia nebezpeky povitrianoi tsili rozrakhunkom boiovoi mashyny z turelnoiu kulemetnoiu ustanovkoiu [Scientific and Methodological Approach to Determining the Degree of Danger of an Air Target by Calculating a Combat Vehicle with a Turret Machine Gun Mount]. *Zb. nauk. prats DNDI VS OVT [Collection of Scientific Works of the National Research Institute of the Armed Forces of Ukraine]*, 3 (21), 14–22. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.21.2024.02> [in Ukrainian].

7. Kudriashov, V. Ye., Kolomiitsev, O. V., & Rysovanyi, O. M. et al. (2024). Metodyka chyslovoho modeliuvannia vyznachennia pokaznyka efektyvnosti strilby raketoiu po riznykh povitrianykh tsiliakh pry vidpratsiuvanni tsilevkazivky z batareinoho komandnoho punktu

[Methodology for Numerical Modeling of Determining the Efficiency of Missile Firing at Various Air Targets when Practicing Target Designation from a Battery Command Post]. *Zb. nauk. prats DNDI VS OVT [Collection of Scientific Works of the National Research Institute of the Armed Forces of Ukraine]*, 1 (19), 107–116. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.19.2024.13> [in Ukrainian].

8. Kudriashov, V. Ye., Kolomiitsev, O. V., Kulieshov, O. V. et al. (2024). Metodyka chyslovoho modeliuvannia vyznachennia znachen umovnykh ymovirnostei urazhennia povitrianykh tsilei pry strilbi raketoiu z televiziiynym optychnym vyzyrom boiovoi mashyny [Numerical Modeling Method for Determining the Values of Conditional Probabilities of Hitting Air Targets when Firing a Missile with a Television Optical Sight of a Combat Vehicle]. *Zb. nauk. prats DNDI VS OVT [Collection of Scientific Works of the National Research Institute of the Armed Forces of Ukraine]*, 1 (19), S. 57–69. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.21.2024.07> [in Ukrainian].

9. Mehelbei, V. V., Kravchenko, S. O., Itsenko, D. S. et al. (2020). Metodyka otsiniuvannia zhyvuchosti systemy upravlinnia vohnem zenitnoho pidrozdilu (chastyny) [Methodology for Assessing the Survivability of the Fire Control System of an Anti-Aircraft Unit]. *Zb. nauk. prats DNDI VS OVT [Collection of Scientific Works of the National Research Institute of the Armed Forces of Ukraine]*, 3. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.3.2020.10> [in Ukrainian].

10. Kuts, N. H. (2022). Aerodynamika mekhanizovanoho kryla litaka [Aerodynamics of a Mechanized Aircraft Wing]. *Hraal nauky: Mizhnar. nauk. zhurn. [Grail of Science: International Scientific Journal]*, 23. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.23.12.2022.44> [in Ukrainian].

I. A. Pilkevych, I. A. Omelchuk, Yu. L. Bondarenko, K. M. Bilous

INDICATORS OF MANEUVERABILITY OF SHOCK UNMANNED AIRCRAFT WITH FIXED WING AS A FACTOR IN ENSURING SURVIVABILITY

Modern development of information systems creates the conditions for the development of the latest tools that allow you to automate and distance the operator and the management object, and thus more efficiently implement control processes. With the increase in complexity of automated systems and information technologies, their functionality increases and new opportunities for their use are increased. The intensive introduction of robotic systems caused by armed aggression is also available in the military sphere, in particular for transportation, intelligence and attacking actions. The operation of the video transmitter on board the mobile robotic complex has allowed to provide feedback channel with the operator, which significantly improved the capabilities of these systems. Significant achievements in the outlined direction were achieved in the creation of unmanned aerial vehicles of the shock and reconnaissance class. It is important for them to ensure the combat problem in the face of active opposition of the enemy. It is for this purpose that the aerial apparatus is equipped with a number of applications for protection against electronic warfare and fire damage. The means of counteracting radio electronic influence are intended to protect the channels of obtaining coordinates and control, and from fire damage by means of air defense, protecting the apparatus can be used by the use of structural features that improve its shunting characteristics. Systems of

weapons of air defense have some technical capabilities to respond to air purposes, that is, the detection of a target, the transfer of targets, and a rocket shot, which in flight also searches for targets and completion, which is also spent some time. Since these capabilities are due to their tactical characteristics, it is relevant to improve the characteristics of maneuverability in the UAV, which will allow to change its position in space during a time equal to, or is less than the time of response of the enemy air defense system, that is, it will allow him to perform the evasion maneuver. Possible ways to solve this problem are to introduce an improved electromagnetic type UAV type control system, which have less inertia compared to existing types and can provide rapid and unambiguous reincarnation of steering surfaces at a certain fixed angle and retention in such a clear position. Changing the position of the apparatus in the space in this case is due to the deviation of the steering surfaces on the steady angle with different time in the rejected position.

Keywords: *robotic complex; information system; combat use; automation system; controllability.*