Гордєєв С.М., Телевний І.В., Нікітченко В.І. Державний науково-дослідний інститут
випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки

Клюфас С.І. Товариство з обмеженою відповідальністю “Авікос”

Скляр В.Г. Товариство з обмеженою відповідальністю “Науково-виробнича фірма “Адрон”

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕНЬ ПІДРИВНИХ ПРИСТРОЇВ ТЕРМОБАРИЧНИХ БОЙОВИХ ЧАСТИН БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

У статті проведено аналіз основних бойових характеристик безпілотних літальних апаратів типу “камікадзе” закордонного та вітчизняного виробництва. Визначено їх основні варіанти комплектації та озброєння. Запропонований порядок проведення досліджень характеристик підривних пристроїв термобаричних бойових частин безпілотних літальних апаратів типу “камікадзе” та порядок оцінювання їх характеристик.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат типу “камікадзе”, дослідження, конструктивні вимоги, термобарична бойова частина, підривний пристрій, тактико-технічні характеристики.

Постановка проблеми

На сьогодні в Україні проводяться розробки значної кількості безпілотних літальних апаратів (БпЛА) з метою їх використання в Збройних Силах України. БпЛА в структурних підрозділах Збройних Сил України в основному вирішують завдання щодо розвідки території противника. Також БпЛА застосовувалися для завдання ударів по наземним цілям, здійснення постановки завад, корегування вогню артилерії та цілевказівки тощо.

Для ураження наземних цілей можуть використовуватися БпЛА типу “камікадзе” з інтегрованими в них термобаричними бойовими частинами (ТБЧ). БпЛА типу “камікадзе” здатні здійснювати відносно тривалий політ над полем бою, за попереднім цілевказанням або самостійно виявляти ціль і знищувати її, пікіруючи на ціль подібно до керованої ракети.

На результати виконання бойового завдання БпЛА типу “камікадзе” по ураженню типових цілей безпосередньо впливають характеристики інтегрованої в нього ТБЧ. Характеристики уражаючої дії інтегрованої ТБЧ, в основному, залежать від її типу і підривного пристрою.

Для забезпечення максимального збитку типовим цілям при бойовому застосуванні БпЛА типу “камікадзе” до характеристик підривного пристрою, як виконавчого механізму, що безпосередньо здійснює підрив ТБЧ, висуваються досить жорсткі вимоги. Тому, від отримання достовірних оцінок характеристик ТБЧ і підривного пристрою, при проведенні досліджень, залежить ефективність використання БпЛА типу “камікадзе”.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

У [1] розглянуті питання розвитку безпілотної авіації за кордоном. Акцентовано увагу на тенденції застосування БпЛА. Аналіз військових дій в сучасних збройних конфліктах підтвердив зростаючу роль безпілотних систем, які мають скорочений цикл бойового застосування – “виявлення – ураження”. У [2] проаналізовано перспективні напрямки розвитку та застосування БпЛА. Визначено, що безпілотний апарат з інтегрованою ТБЧ, здатний здійснювати тривалий політ над полем бою, самостійно виявляти ціль і, за потреби, знищувати її, пікіруючи на неї подібно до керованої ракети (БпЛА типу “камікадзе”). Підтверджено, що на сьогодні це один з найперспективніших і ефективних видів озброєння. У [3] приведено особливості досліджень ударних БпЛА як комплексного дослідного зразка та визначено основні умови його бойового застосування. Особливості дослідження боєприпасів з термобаричними вибуховими речовинами подано в [4]. Аналіз особливостей функціонування та розробки термобаричних боєприпасів приведений в [5]. Перелік досліджень підривних пристроїв загального призначення згідно МІЛ [6] містить перелік

зовнішніх кліматичних та механічних чинників (зокрема дослідження стійкості дослідних зразків до механічних ударів, вібрацій, температурних чинників), окремі дослідження щодо безпеки функціонування і зведення. Окремо в [6] приділена увага до проведення льотних досліджень та стійкості дослідних зразків до зовнішніх електричних і магнітних впливів. Рекомендації щодо розробки підривних пристроїв загального призначення наведені в [7-10].

Але, питання особливостей досліджень підривних пристроїв ТБЧ, інтегрованих в БпЛА типу “камікадзе”, які розробляються підприємствами України, з урахуванням умов застосування БпЛА розглянуті не достатньо повно.

Мета статті. У статті запропоновано порядок оцінювання основних характеристик підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” з урахуванням умов бойового застосування БпЛА.

Виклад основного матеріалу

Аналіз останніх збройних конфліктів підтвердив ефективність застосування БпЛА типу “камікадзе” по знищенню різноманітних цілей. БпЛА типу “камікадзе” виявилися ефективними для ураження не тільки типових цілей, а й засобів протиповітряної оборони (ППО), які призначені для боротьби з повітряними цілями, в тому числі і БпЛА. Підтвердженням ефективності застосування БпЛА є ураження 24 січня 2019 року на території Сирії російського зенітного ракетно-гарматного комплексу “Панцирь-С1” ізраїльським БпЛА типу “камікадзе” SkyStriker [11] та застосування [12] по двох великих нафтових об’єктах Саудівської Аравії 14 вересня 2019 року БпЛА, чим було завдано значних матеріальних збитків.

Широке застосування БпЛА типу “камікадзе” викликане їх відносно дешевим виробництвом, простотою в експлуатації та надійністю при одноразовому використанні. Іншою незаперечною перевагою БпЛА типу “камікадзе” є складність їхнього виявлення засобами зенітних ракетних комплексів через відносно невеликі розміри, використання сучасних композитних матеріалів тощо.

Типовими представниками закордонних зразків є БпЛА “SkyStriker”, “IAI Harop” – розробки Ізраїль та БпЛА “Switchblade”, “Textron T-RAM” – розробки США. Загальні характеристики та умови їх бойового застосування наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Загальні характеристики та умови бойового застосування БпЛА
закордонного виробництва типу “камікадзе”

Основні характеристики	Тип БпЛА типу “камікадзе”			
	SkyStriker	IAI Harop	Switchblade	Textron T-RAM
Дальність польоту	до 370 км	до 1000 км	до 10 км	до 5 км
Швидкість	до 190 км/год	до 185 км/год	до 158 км/год	до 100 км/год
Час польоту	1-2 год.	до 6 год	до 10 хв	30 хв
Маса БпЛА	35 кг	135 кг	2,7 кг	1 кг
Бойове навантаження	5 (10) кг	до 23 кг	до 250 г	до 250 г

На теперішній час в Україні розробляються ряд перспективних зразків ударних безпілотних авіаційних комплексів (УБАК) [13]. УБАК може включати декілька спеціалізованих автомобілів для проведення розвідки, транспортування БпЛА, керування ними при розвідці цілей та бойовому застосуванні тощо. Також, до складу УБАК можуть входити різні типи БпЛА – розвідувальні та БпЛА типу “камікадзе” тощо. Основні характеристики перспективних вітчизняних БпЛА типу “камікадзе” наведені в таблиці 2.

З аналізу умов бойового застосування БпЛА типу “камікадзе” закордонної та вітчизняної розробок до підривних пристроїв ТБЧ, інтегрованих в БпЛА, можна висунути наступні загальні основні вимоги.

Конструктивно до складу підривних пристроїв повинні входити:

корпус;

запобіжно-виконавчий механізм;

детонатор.

Таблиця 2

Загальні характеристики та умови бойового застосування БпЛА
типу “камікадзе” вітчизняного виробництва

Основні характеристики	Тип БпЛА типу “камікадзе”	
	Тип 1	Тип 2
Дальність польоту	30-40 км	до 10 км
Швидкість	до 120 км/год	до 150 км/год
Висоти застосування	800-1200 м	50-500 м
Час польоту	60 хв	30 хв
Маса БпЛА	до 10 кг	до 4 кг
Бойове навантаження	до 3,5 кг	до 1,8 кг

Підривний пристрій повинен встановлюватися в інтегровану БЧ при її підготовці до бойового застосування та забезпечувати надійну ініціацію БЧ.

Характеристики підривного пристрою не повинні накладати обмеження на льотно-технічні характеристики БпЛА типу “камікадзе”.

Підривний пристрій повинен бути готовим до спрацювання після зняття всіх блокувань на етапі атаки БпЛА типу “камікадзе” на ціль.

Технічні вимоги до підривних пристроїв повинні бути наступними:

мати не менше трьох ступенів запобігання;

бути ударного типу та всюдибійним;

зводитися на етапі атаки на ціль;

функціонувати при встановленні як в головній, так і хвостовій частині БЧ;

мати пристрій самоліквідації, відлік часу самоліквідації повинен починатись від моменту припинення польоту БпЛА типу “камікадзе” при повністю зведеному підривному пристрої;

повинен мати електричний (механічний) зв’язок з БпЛА типу “камікадзе”.

Після повного зведення запобіжно-виконавчий механізм підривного пристрою не повинен видавати передчасний (хибний) імпульс на детонатор.

Для зняття (відновлення) ступенів запобігання можуть використовуватися фактори наступної дії:

механічної (чека);

електричної (імпульс або сигнал іншої форми);

аеродинамічної (осьові перевантаження БпЛА типу “камікадзе”);

конструктивні (висота, швидкісний напір, час польоту, положення БпЛА типу “камікадзе”).

Спрацювання повністю зведеного підривного пристрою повинно здійснюватися на швидкості зустрічі БпЛА типу “камікадзе” з ціллю.

Електроживлення підривного пристрою повинно здійснюватися від бортової мережі БпЛА типу “камікадзе” або іншого зовнішнього джерела.

За вимогами до живучості та стійкості щодо впливу зовнішніх факторів підривний пристрій повинен, в основному, відповідати вимогам ГОСТ В 20.39304-76 (зі змінами № 1-5) для групи апаратури (група 3.2.1, загально-кліматична, зона А).

Підривний пристрій повинен забезпечувати безпеку (виключати зведення і випадкове спрацювання) при зберіганні, службовому поводженні, бойовому застосуванні, зокрема:
при транспортуванні (як окремо, так і у складі виробу);
при спорядженні, розспорядженні;
при перевірках підривного пристрою (автономно) і перевірках інтегрованої ТБЧ;
при випадковому падінні в упаковці або у складі інтегрованої ТБЧ під час навантажувально-розвантажувальних робіт, при випадковому падінні під час підготовки до бойового застосування;

при порушеннях в роботі елементів БпЛА типу “камікадзе” та інтегрованої ТБЧ.

Елементи підривних пристроїв, що схильні до впливу атмосферних умов, повинні бути герметичними, мати антикорозійне покриття і не змінювати бойових і експлуатаційних характеристик під впливом атмосферних умов.

Вибухова речовина у складі підривних пристроїв повинна зберігати хімічну і фізичну стійкість, не вступати у взаємодію з матеріалами їх оболонок і повинна забезпечувати безпеку і надійність впродовж заданого терміну.

Вибухова речовина повинна залишатися стійкою і безпечною в діапазоні температур, які мають місце при експлуатації та бойовому застосуванні БпЛА типу “камікадзе”.

Призначений строк служби та умови зберігання підривних пристроїв повинні бути тотожними з призначеними строками зберігання та умовами зберігання інтегрованої ТБЧ.

Підривні пристрої повинні бути безпечними в експлуатації і не вимагати регламентних і спеціальних робіт та інших перевірок впродовж всього гарантійного терміну.

Підготовка підривних пристроїв до бойового застосування повинна включати мінімальну кількість операцій.

Всі робочі електричні ланцюги, що виходять на рознімання запобіжно-виконавчого механізму, у початковому положенні повинні бути розімкнуті.

З метою спрощення отримання (підтвердження) вищевказаних характеристик підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” їх (характеристики) доцільно розділити на групи в залежності від способу їх отримання, а саме:

оцінки щодо застосування сировини, матеріалів і комплектуючих елементів, виконання техніко-економічних вимог, відповідності вимогам щодо стандартизації та уніфікації, відповідності вимогам до ергономіки та технічної естетики тощо;

лабораторні дослідження щодо отримання оцінок характеристик міцності та безпеки речовин та дослідних зразків (кліматичні та механічні оцінки) тощо;

полігонні випробування щодо отримання оцінок для яких доцільно експерименти проводити в полігонних умовах з використанням дослідних зразків в реальних, максимально наближених до бойових, умовах.

Вищевказаний порядок отримання характеристик пристроїв БпЛА типу “камікадзе” дозволяє спростити та упорядкувати оцінки технічних, експлуатаційних та бойових характеристик підривних пристроїв інтегрованих ТБЧ.

Нижче наведено основні особливості проведення досліджень підривних пристроїв інтегрованих БЧ БпЛА типу “камікадзе”.

Для оцінки загальних характеристик щодо застосування сировини, матеріалів і комплектуючих елементів, виконання техніко-економічних вимог, відповідності вимогам щодо стандартизації та уніфікації, відповідності вимогам до ергономіки та технічної естетики доцільно використовувати нормативну базу, яка застосовується для оцінки підривних пристроїв БЧ загального призначення.

Визначення показника безвідмовної роботи дослідних зразків підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” потребує значної кількості експериментальних даних [14, 15]. Тому, для контролю показника ймовірності безвідмовного спрацювання дослідних зразків у заданих умовах експлуатації доцільно застосувати експериментальний метод з наступними вихідними даними: ймовірність безвідмовної роботи 0,95, довірчий інтервал не менше 0,5.

Оцінка кількісних показників надійності у процесі дослідження проводиться одноступеневим методом з обмеженою кількістю відмов.

Вищевказаний порядок дозволить мінімізувати кількість дослідних зразків з одночасним забезпеченням заданої достовірності отриманих результатів. Статистичні дані показника ймовірності безвідмовного спрацювання дослідних зразків доцільно отримати під час штатної (підконтрольної) експлуатації.

Лабораторні експерименти.

У лабораторних умовах проводиться підтвердження характеристик стійкості підривних пристроїв інтегрованих ТБЧ БпЛА типу “камікадзе”, до зовнішніх кліматичних та механічних чинників.

Оцінку стійкості дослідних зразків до дії зниженої та підвищеної температури середовища проводять у спеціальних камерах холоду та тепла. З метою отримання конкретних результатів експериментів дослідний зразок, в залежності від маси підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе”, доцільно попередньо витримати в камерах деякий час і тільки після цього проводити експеримент з відповідною фіксацією параметрів.

При чому час від моменту виймання дослідних зразків з камери тепла (холоду) до початку проведення експериментів з фіксацією результатів не повинен перевищувати 30 хвилин.

Характеристики зовнішніх факторів, на стійкість до яких здійснюється перевірка дослідних зразків з термобаричними вибуховими речовинами, наведені в таблиці 3.

Таблиця 3

Характеристики зовнішніх факторів впливу

Фактор впливу	Характеристика фактору впливу	Значення фактору впливу
Механічний удар поодинокі дії	Пікове ударне прискорення, м/с^2 (g)	150(15)
	Час дії ударного прискорення, мс	15
Лінійне прискорення	Величина прискорення, м/с^2 (g)	150(15)
Атмосферний знижений тиск	Робочий тиск, кПа (мм рт. ст.)	46,7 (350)
Підвищена температура	Робоча, °C	50
	Робоча короточасна, °C	60
	Гранична, °C	70
Знижена температура	Робоча, °C	Мінус 40
	Гранична, °C	Мінус 50
Підвищена вологість повітря	Відносна вологість при температурі 35°C, %	100
Атмосферні опади (дощ)	Інтенсивність атмосферних опадів, мм/год	40
Атмосферні конденсовані опади (роса і внутрішнє обледеніння)	Знижена температура середі, °C	Мінус 20
	Атмосферний знижений тиск, кПа (мм рт. ст.)	22,67 (170)
	Відносна вологість при температурі 28°C, %, не менше	93
Динамічний пил (пісок)	Відносна вологість, %	50
	Швидкість циркуляції, м/с	10-15
	Концентрація, г/м^3	40

Також дослідні зразки повинні бути стійкими і міцними до дії випадкової широкосмугової вібрації, характеристики якої наведені у таблиці 4.

Таблиця 4

Характеристики випадкової широкосмугової вібрації

Зона	Режим експлуатації	Діапазон частот, Гц	Сумарне середньоквадратичне прискорення, m/s^2 (g)	Спектральна щільність, $\text{g}^2/\text{Гц}$
А	Польотний	10-50	45 (4,5)	0,002-0,010
		50-2000	45 (4,5)	0,010
	Зліт, посадка	10-50	32 (3,2)	0,020
		50-2000	32 (3,2)	0,005

Особливістю перевірки стійкості дослідних зразків до дії атмосферних явищ є проведення рівномірного зрошення водою почергово або одночасно з чотирьох боків та верхнім струменем під кутом $(40-45)^\circ$ з інтенсивністю дощу 50 мм/г впродовж 2 годин. Після проведення перевірок дослідний зразок повинен бути працездатним.

Під час перевірки стійкості підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” до дії зниженого атмосферного тиску доцільно дослідні зразки витримати в термобарокамерах впродовж 1 години при умові пониженого тиску у камері до 12 кПа (90 мм рт. ст.). При цьому повинні бути відсутні вм’ятини, сколи, тріщини, а сам зразок має бути у працездатному стані.

Перевірка стійкості підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” при транспортуванні проводиться в укладально-транспортувальних ящиках автомобільним транспортом по ґрунтових дорогах зі швидкістю до 30 км/год на відстань до 500 км та по шосейних дорогах зі швидкістю до 60 км/год на відстань до 5000 км, залізничним та водним транспортом без обмеження швидкості та відстані, авіаційним транспортом до висоти 12000 метрів без обмеження швидкості та відстані.

Оцінка міцності дослідних зразків при транспортуванні може проводитися на приладі імітації транспортування трясінням. При цьому висота падіння повинна бути (80 ± 2) мм, частота падіння – 60 разів за одну хвилину. Навантаження, що впливають на дослідні зразки при імітації транспортування, не повинні викликати запалювання та детонацію вибухових речовин.

Режими досліджень на випадкову вібрацію та удар для імітації транспортування автомобільним та залізничним транспортом вказані в таблицях 5-8 відповідно.

Таблиця 5

Режими досліджень на випадкову вібрацію для імітації автомобільного транспортування

Умови руху	Сумарна дисперсія D_y віброприскорення, $\text{m}^2/\text{с}^2$ (g^2)	Діапазон частот, Гц	Розподіл дисперсії по діапазнам частот, %
Швидкість до 40 км/год по дорозі з бруківки	34,6 (0,36)	1-10	35
Швидкість до 40-60 км/год по ґрунтовій дорозі	24,0 (0,25)	10-20	25
		20-40	25
		40-60	15
Швидкість до 60-80 км/год по шосе з асфальтобетонним покриттям	15,4 (0,16)		

Таблиця 6

Режими досліджень на удар для імітації автомобільного транспортування

Умови руху	Режим випробувань		
	Параметри	Норма	
Грунтова дорога та дорога з бруківки	Пікове ударне прискорення W_y , m/c^2 (g)	49,0 (5,0)	29,4 (3,0)
	Тривалість фронту ударного прискорення, с	0,04-0,10	0,02-0,03
	Кількість ударів 1 км дороги	2	20

Особливостями перевірки стійкості дослідних зразків до дії різких змін температури є врахування впливу десяти температурних циклів, що безперервно слідує один за одним. Кожний цикл необхідно проводити в наступній послідовності. Розміщують дослідний зразок у камеру холоду з температурою мінус $40 \pm 2^\circ C$ та витримують при даній температурі 2 години. Потім переміщують дослідний зразок у камеру тепла з температурою $50 \pm 2^\circ C$ та витримують при цій температурі впродовж 2 годин. По закінченню часу витримки у камері тепла, цикл повторюють (таблиця 9). Час переносу дослідного зразка з камери в камеру не повинен перевищувати 2-3 хвилини. По закінченню останнього циклу дослідні зразки виймають з камери тепла і витримують у нормальних умовах впродовж 3 годин та перевіряють на наявність видимих пошкоджень, перевіряють стан лакофарбового покриття і стан маркування та якість функціонування за призначенням.

Таблиця 7

Режими досліджень на випадкову вібрацію для імітації транспортування по залізничним коліям

Умови руху	Сумарна дисперсія D_y віброприскорення, m^2/c^2 (g^2)	Діапазон частот, Гц	Розподіл дисперсії по діапазонам частот, %
Чотирьох осява платформа, вагон або на піввагон найбільш ймовірна швидкість 80 км/год, максимальна швидкість 150 км/год	19,2 (0,20)	2-10	45
		10-20	25
		20-40	20
		40-60	10

Таблиця 8

Режими досліджень на удар для імітації транспортування по залізничним коліям

Умови руху	Режим випробувань			
	Параметри	Норма		
Удари при маневруванні та формуванні потягу зі швидкістю 16-18 км/год	Пікове ударне прискорення W_x , m/c^2 (g)	58,8 (6,0)	49,0 (5,0)	29,4 (3,0)
	Тривалість фронту ударного прискорення, с	0,01-0,02	0,01-0,02	0,01-0,02
	Кількість ударів 1 км шляху N_x	0,003	0,003	0,003

Таблиця 9

Умови проведення випробувань при прискореному методі

Вид фактору, що діє	Характеристика фактору, що діє	Кількість годин	Кількість циклів
Понижена температура	Температура мінус $40 \pm 2^\circ C$	2	10
Підвищена температура	Температура плюс $50 \pm 2^\circ C$	2	10

Натурні експерименти в полігонних умовах.

Перевірка функціонування та практичної дії дослідних зразків підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” є завершальним етапом дослідження характеристик зразків.

Натурні експерименти необхідно організовувати з урахуванням специфіки умов бойового застосування БпЛА типу “камікадзе”.

Основними дослідженнями повинні бути дослідження щодо забезпечення безпеки експлуатації і бойового застосування та правильного функціонування підривного пристрою. Дослідження характеристик підривного пристрою проводиться як у наземних так і в льотних експериментах.

У наземних експериментах, за наявності в підривному пристрої інерційних елементів, необхідно провести дослідження щодо надійності запалювання піротехнічних сумішей елементами інерційного механізму.

Перевантаження, яке діє на підривний пристрій, можна перевірити шляхом його скидання з деякої висоти і визначення величини перевантаження за формулою:

$$n_x = \frac{x_a}{gm}. \quad (1)$$

Дослідний зразок підривного пристрою необхідно закріпити в спеціальній капсулі циліндричної форми (рисунок 1). Капсула повинна вільно переміщатися в направляючій трубі. Труба з капсулою встановлюється на бетонну плиту. Капсула з підривним пристроєм скидається з висоти H_1 та ударяється об бетонну плиту, і підіймається на висоту H_2 за рахунок пружних деформацій як плити так і самого пристрою.

У результаті вільного падіння швидкість центру мас пристрою в момент досягнення точки А розраховується за формулою:

$$V_1 = \sqrt{2gH_1}. \quad (2)$$

Рис.1. Схема визначення перевантаження

За інерцією центр мас пристрою за рахунок деформації корпусу підривного пристрою і опори переміщується від точки А до точки 3 на відстань h . У точці 3 сила стискування конструкції F найбільша і намагається повернути центр мас у початковий стан рівноваги (точка 1). При цьому сила пружних деформацій, що виштовхує капсулу, розганяє її від швидкості $u_A = 0$ до u_A і далі по інерції до – точки 2. Відстань між точками 2 і 1 залежить від залишкових деформацій системи, а висоту H_2 можна визначити за законом вільного руху (як

при вільному падінні пристрою з точки 2 до плити). Швидкість u_A розраховується за формулою:

$$u_A = \sqrt{2gH_2}. \quad (3)$$

Вплив залишкових деформацій системи оцінюється коефіцієнтом відновлення $k = \frac{H_2}{H_1}$, який буде завжди менше 1. Коефіцієнт k дозволяє визначити швидкість у точці A при зворотному русі:

$$u_A = -V_I k. \quad (4)$$

Ударний імпульс цієї сили S можна отримати із теореми про зміну кількості руху $S = mu_A - mV_I$, тоді у імпульсному вигляді ударний імпульс має вигляд:

$$S = \int_0^{\tau} F dt. \quad (5)$$

З виразу (5) можна визначити середню силу при умові $F = F_{cp} = \text{const}$ за формулою:

$$F_{cp} = \frac{S}{\tau}, \quad (6)$$

де τ – час удару пристрою об плиту.

Із статистики відомо, що при ударі невеликих металевих тіл об плиту великої маси час удару $\tau = 0,01 \dots 0,02$ с, при ударі сталюого шару по сталійній плиті $\tau = 0,0005$ с тощо. Величина τ може бути визначена експериментально або розрахунковим шляхом.

Від сили можна перейти до середнього перевантаження:

$$n_x = \frac{F_{cp}}{gm} = \frac{(u_A - V_I)}{g\tau}. \quad (7)$$

З урахуванням вищевказаних характеристик коефіцієнтів та формули (2), одержимо глибину входу центру мас в перешкоду в залежності від висоти скидання:

$$h = 0,0209(H_I)^{0,5}. \quad (8)$$

Чим більше маса капсули, тим меншою буде потрібна висота скидання пристрою.

Приймемо припущення про рівноприскорений закон руху в перешкоді (бетоні) з постійним середнім прискоренням:

$$j_{cp} = \frac{V_I^2}{2h}. \quad (9)$$

Тоді час подолання перешкоди буде рівним:

$$\tau = \frac{V_I}{j_{cp}}. \quad (10)$$

Приведені формули дозволяють розрахувати середнє перевантаження, що діє на підривний пристрій.

Відповідність характеристик електроживлення підривного пристрою заданим в керівних документах параметрам дозволяє забезпечити надійне електроживлення для спрацювання (задані часові параметри) підривного пристрою інтегрованої ТБЧ БпЛА типу “камікадзе”.

При проведенні оцінки електроживлення підривного пристрою виконується визначення енергетичного балансу між споживачами та джерелами електричної енергії та рівень заряду джерела енергоживлення.

Впродовж випробувань коливання напруги джерела живлення повинні бути згідно з

ГОСТ В 21999-86.

З метою підтвердження безпеки при експлуатації проводяться дослідження на службову безпеку (при падінні підривного пристрою на їх “не спрацювання”) при скиданні виробів з висоти 12 м та 1,5 м по п’ять разів на товсту сталеву пластину [6].

Перед проведенням льотних експериментів у наземних полігонних умовах доцільно провести перевірку ступенів запобігання та блокування підривного пристрою. За результатами перевірки повинна бути підтверджена правильна логіка роботи підривного пристрою при знятті почергово всіх ступенів запобігання (як електричних так і механічних).

У полігонних умовах при перевірці безвідмовності дії підривного пристрою перевіряється здатність його механізмів викликати повне спрацювання інтегрованої ТБЧ при зустрічі БпЛА типу “камікадзе” з перешкодою в будь-яких умовах.

Результати дослідження підривних пристроїв на безвідмовність при бойовому застосуванні БпЛА типу “камікадзе” повинні враховуватися при розрахунках значення надійності підривних пристроїв у цілому.

Підривний пристрій повинен забезпечувати безвідмовність дії ТБЧ на всіх тактичних відстанях бойового застосування БпЛА типу “камікадзе” при різних швидкостях та кутах зустрічі з цілями.

Повнота спрацювання інтегрованої ТБЧ залежать від характеристик піротехнічних зарядів підривних пристроїв.

Оцінка повноти спрацювання інтегрованої ТБЧ здійснюється на основі спостереження результатів полігонних експериментів (колір хмари розриву, сила звуку розриву та результати огляду бойового застосування на мішеневій обстановці).

При правильному функціонуванні підривного пристрою відсутнє передчасне спрацювання інтегрованої ТБЧ на всіх режимах бойового застосування БпЛА і отримано повне спрацювання вибухової речовини при першому їх контакті з ґрунтом.

Також, для підтвердження ефективності застосування БпЛА типу “камікадзе” в полігонних умовах проводиться дослідження точносних характеристик безпосередньо БпЛА типу “камікадзе” [5].

Точність влучання характеризується промахом в картинній площині – найкоротшою відстанню між точкою прицілювання та лінією, що співпадає з напрямком вектору швидкості БпЛА типу “камікадзе” в момент влучання в ціль. Координати точок влучання БпЛА типу “камікадзе” визначаються в полігонній системі координат. Кут пікірування (θ) БпЛА типу “камікадзе” при польоті на ціль – це кут між вектором швидкості БпЛА типу “камікадзе” та її проекції на площу X_3OZ_3 . Якщо відомий кут між віссю OX_3 та проекцією напрямку вектору швидкості БпЛА типу “камікадзе” на площу X_3OY_3 – θ^* , тоді:

$$\theta = \arctg(\cos\psi \tg\theta^*) \quad (11)$$

де ψ - кут атаки БпЛА типу “камікадзе” на ціль.

Розрахунок координат промаху в картинній площі проводиться шляхом перетворення координат точки влучання БпЛА типу “камікадзе” послідовним поворотом системи координат на кут ψ та переносом початку координат в точку прицілювання по формулі:

$$\left. \begin{aligned} Y_{\kappa} &= -(X_3 - X_u) \cos\psi \sin\theta + (Y_3 - Y_u) \cos\theta + (Z_3 - Z_u) \sin\psi \cos\theta \\ Z_{\kappa} &= (X_3 - X_u) \sin\psi + (Z_3 - Z_u) \cos\psi \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Координати влучання БпЛА типу “камікадзе” визначаються безпосередньо на мішеневій обстановці.

Результати натурних експериментів у полігонних умовах є вирішальним етапом досліджень з підтвердження основних характеристик підривних пристроїв інтегрованих БЧ

БпЛА типу “камікадзе” та напряму впливають на загальне оцінювання підривних пристроїв у цілому.

Дослідження інших характеристик вищевказаних підривних пристроїв інтегрованих ТБЧ БпЛА типу “камікадзе” доцільно проводити за аналогією з дослідженнями підривних пристроїв БЧ з бризантними вибуховими речовинами.

На теперішній час проблемними питаннями дослідження підривних пристроїв інтегрованих ТБЧ є визначення граничних термінів придатності пристроїв, їх ефективності при використанні БпЛА типу “камікадзе” на граничних умовах бойового застосування тощо.

Висновки

З метою мінімізації кількості дослідних зразків з одночасним забезпеченням заданої достовірності отриманих результатів при проведенні досліджень підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” доцільно всі характеристики розділити на групи в залежності від порядку їх отримання.

Для підтвердження бойових характеристик полігонний етап (натурні експерименти) досліджень підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” необхідно проводити на завершальному етапі отримання (підтвердження) характеристик БпЛА. Отримання достовірних оцінок та характеристик при проведенні досліджень можливо тільки при наявності відповідної спеціальної лабораторної та полігонної баз.

Розробка підривних пристроїв БпЛА типу “камікадзе” вимагає попередніх (теоретичних та експериментальних) досліджень з урахуванням поставлених перед ТБЧ завдань. Розробка методик різних видів досліджень повинна проводитися з урахуванням особливостей умов бойового застосування БпЛА.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Безпілотний літальний апарат [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%>.
2. “Дрони-камікадзе” набирають популярності в світі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://topwar.ru/103605-drony-kamikadze-priobretayut-populyarnost-v-mire.html>.
3. Солодчук М. Особливості випробувань ударних безпілотних авіаційних комплексів типу “камікадзе” з термобаричною бойовою частиною / М.Солодчук, І.Телевний, М.Герасченко, О.Сподін, В.Брайко // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2019. – Вип. № 2(2). – С. 150-157.
4. Телевний І. Особливості дослідження боєприпасів з термобаричними вибуховими речовинами / І.Телевний, В.Нікітченко, С.Клюфас, А.Дмитрієв // Збірник наукових праць Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба. – 2020. – Вип. 1 (61). – С. 145-151.
5. Брайко В. Особливості функціонування та розробки термобаричних боєприпасів / В.Брайко, О.Сподін, В.Скляр, Ю.Камак, В.Нікітченко // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки. – Чернігів: Брагинець О.В., 2019. – Вип. № 2(2). – С. 41-47.
6. Отделение стандарта методов испытаний защиты: блокировки и компоненты блокировки, испытания на окружающую среду и эффективность: MIL-STD-331 C (с изменением 1). – 2009. – (Система стандартів Міністерства оборона США).
7. Требования по безопасности и методы испытаний космических систем электровзрывоопасных систем: MIL – STD-1576. – 1984. – (Система стандартів Міністерства оборона США).
8. FUZES: MIL-HDBK-757. – 1994. – (Система стандартів Міністерства оборона США).

9. Подробные характеристики: предохранитель, артиллерия, электронное время, M762A1 и предохранитель, электронное время, меньше бустера M767A1: MIL-DTL-32264. – 2007. – (Система стандартів Міністерства оборона США).
10. Friedrich Sauerlaender. Design Methodology for Safe and Arm Devices.
11. Российский “Панцирь” уничтожен тихоходным израильским “дрон-камикадзе” [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://censor.net.ua/news/3108066/rossiyiskiyi_pantsir_unichtojen_tihohodnym_izrailskim_dronomkamikadze_rossiyiskie_smi.
12. У Саудівській Аравії внаслідок атак хуситів обвалився видобуток нафти. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dw.com/uk/%D1%83%D1%81%>.
13. Дрон-камикадзе. беспилотник “Гром”, который разработали в Украине [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.dsnews.ua/politics/dron-kamikadze-bespilotnik-grom-kotoryu-razrabotali-06032020112500>.
14. Отделение стандартов критериев разработки защиты: конструкция предохранителей, критерии безопасности: MIL-STD-1316F. – 2017. – (Система стандартів Міністерства оборона США).
15. Системы взрыва – требования к конструкции безопасности: NATO-STANAG 4187. – 2007. – 28 с. – (Угода по стандартизації прийнята у НАТО).

Гордєєв Сергій Миколайович

науковий співробітник науково-дослідного відділу Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7171-7725>
e-mail: gordeevsergey1969@gmail.com

Телевний Ігор Володимирович

заступник начальника Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки з випробувань, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-0761-3013>
e-mail: niv_dndi@ukr.net

Нікітченко Віктор Іванович

кандидат технічних наук, начальник науково-дослідного відділу, Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки, Чернігів, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8973-8711>
e-mail: nazar200914@gmail.com

Клюфас Степан Іванович

директор товариства з обмеженою відповідальністю “Авікос”, Львів, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-9239-2755>
e-mail: klyufas20@gmail.com

Sergey Gordeev

Researcher of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7171-7725>
e-mail: gordeevsergey1969@gmail.com

Igor Televniy

Deputy Chief of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification (on Testing), Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-0761-3013>
e-mail: niv_dndi@ukr.net

Viktor Nikitchenko

Candidate of Technical Sciences, Chief of Section of State Scientific Research Institute of Armament and Military Equipment Testing and Certification, Chernihiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8973-8711>
e-mail: nazar200914@gmail.com

Stepan Klyufas

Director of “Avikos” Ltd. Lviv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-9239-2755>
e-mail: klyufas20@gmail.com

Скляр Василь Григорович

провідний конструктор товариства з
обмеженою відповідальністю “Науково-
виробнича фірма “Адрон”, Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8253-7415>
e-mail: vasia.skliar@gmail.com

Vasyl Skliar

Lead Designer of Adron Research and
Development Co. Ltd., Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8253-7415>
e-mail: vasia.skliar@gmail.com

**RESEARCH PECULIARITIES OF WARHEAD FUSES FOR “KAMIKAZE” TYPE UAVs
S Gordeev, I Televniy, V Nikitchenko, S Klyufas and V Skliar**

To defeat surface targets "kamikaze" type UAVs with computer-integrated warheads are used. After preliminary target designation or finding it independently, "kamikaze" type UAV can destroy it, diving on the target as guided ammunition. Defeat characteristics of built-in warhead mainly depend on warhead itself and its fuse.

The results of the combat mission of a UAV type "kamikaze" to hit typical targets are directly affected by the characteristics of the integrated warhead. The characteristics of destructive effect of the integrated warhead mainly depend on its type and explosive device.

To simplify fuse's characteristics proving process there is sense to divide them on groups, depending on method of their obtainment.

To evaluate common parameters, concerning raw material use, components, proving of technical and economic requirements, correspondence to standardization and unification requirements, ergonomic and esthetic requirements is better to use existing standards and procedures for warhead and fuse evaluation. Laboratory tests prove mainly climatic and mechanical factors resistance. Proving of warhead and fuse effectiveness should be executed on fire range on final stage of "kamikaze" UAV test.

Reliable evaluation results and characteristics are possible after investigation with special laboratory and fire range infrastructure.

At present, the problematic issues of research of integrated warheads explosive devices are the determination of devices expiration service terms and their effectiveness when using UAVs of the "kamikaze" type under utmost permissible operation conditions etc.

“Kamikaze” UAV warhead fuse directly influences on target damage level and should be developed and tested under exacting requirements. Therefore, reliable fuse characteristics, reached during investigation (including fire range test) define whole “kamikaze” UAV effectiveness of operational use.

Keywords: “kamikaze” UAV, research, structural requirements, warhead, fuse, tactical and technical characteristics.