

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ВІДДАЛЕНОГО ДЕСАНТУВАННЯ ПАРАШУТНО-РЕАКТИВНОЇ СИСТЕМИ

Сьогодення змушує вирішувати завдання із забезпечення виконання заходів переходу українських Десантно-штурмових військ на стандарти НАТО. Підвищується взаємопартнерство наших воїнів з арміями держав-членів Альянсу. Під час вторгнення з Росії на територію нашої держави наші десантники навчаються вести бойові дії в умовах застосування противником ракетно-авіаційної зброї, високоточних засобів ураження та засобів РЕБ та засобів протиповітряної оборони (ППО). Десантно-штурмові війська розширяють свої можливості – військово-транспортні літаки ЗС України обладнуються для віддалених способів десантування бойової техніки з гранично малих висот.

На шляху набуття військових критеріїв членства в НАТО удосконалюється забезпечення вітчизняних десантних підрозділів. Наявні парашутні системи та керовані системи віддаленого десантування вантажів вже мають код номенклатури відповідно до стандартів НАТО. Такі ж системи стоять на озброєнні ЗС США, провідних країн Європи та Близького Сходу. Вони дозволяють здійснювати точну доставку на поле бою і в тил противника особового складу та вантажів без перетину літаками зони ураження комплексами ППО противника. Апробовано нові умови десантування вантажів парашутним способом, при цьому встановлено мінімально допустиму висоту – 50 метрів. Також ініційовано внесення змін в бортове обладнання літаків військово-транспортної авіації, що дасть можливість десантувати техніку та вантажі з гранично малих висот – 5 метрів.

В роботі розглядаються питання визначення характеристик здійснення десантування важкої техніки з використанням парашутно-реактивної системи (ПРС) з великої висоти та видаленої дистанції від площадки приземлення, що не дає виявити ні сам літак і ПРС системами ППО противника у момент десантування. У роботі пропонується спосіб віддаленого десантування що дозволяє за рахунок збільшення висоти скидання здійснювати горизонтальне переміщення до площадки приземлення на значному віддаленні від точки скидання. Отримані результати дозволяють сформулювати конкретні вимоги до розробки методики оцінки дальності зносу вітром парашутної системи.

Ключові слова: десантування важкої техніки, район застосування, парашутно-реактивні системи, доставка важкої техніки, метод віддаленого десантування.

Вступ та постановка проблеми. Десантування важкої техніки і вантажів з літаків пов'язано з необхідністю доставки її у район застосування за призначенням у найкоротші терміни. На сьогодні найбільшу швидкість, надійність та точність приземлення техніки, яка десантується, забезпечують парашутно-реактивні системи (ПРС). Десантування важких об'єктів з літаків пов'язано з необхідністю їх доставки у район застосування за призначенням у найкоротші терміни [1–3].

При десантуванні важкої техніки з літаків найбільшу швидкість, надійність та точність приземлення об'єкту забезпечують парашутно-реактивна система (ПРС). Застосування ПРС особливо ефективно для десантування об'єктів масою які знаходяться в діапазоні від 6 т до 21 т, висота десантування $H = 300 \dots 5000$ м. Скидання важкої техніки з використанням ПРС здійснюється за рахунок прольоту літака над розрахунковою точкою скидання з висоти,

дозволеної можливостями розкриття парашуту ПРС.

Літаку необхідно знаходитися достатньо низько і безпосередньо в районі десантування для здійснення точної доставки важкої техніки за допомогою ПРС. Використання ПРС для доставки важкої техніки з встановленою висотою (максимальною) скидання не завжди виявляється ефективною через можливість використання противником засобів протиповітряної оборони (далі ППО), скільки більшість сучасних погроз іде від наземного вогню (засобів ППО) противника. Здатність сучасних переносних зенітно ракетних комплексів (далі ПЗРК) дозволяє вражати літаки на максимальній висоті (операційна дальність) до 4600 м, що не дозволяє успішно проводити десантування важкої техніки і вантажів на визначені площадки приземлення. Крім того під час здійснення десантування з малої висоти літак може вказати місто знаходження своїх військ.

Для досягнення максимальної ефективності, десантування важкої техніки необхідно проводити на дистанції видалені до 50 км від площадки приземлення з великої висоти і наступному горизонтальному зміщенні без заходу літаків в зону дії засобів ППО. Десантування з великої висоти практично не дає виявити ні сам літак, ні момент скидання важкої техніки і дозволяє тримати літак за межею виявлення і загрози знищення системами ППО противника. На даний час сучасна технологія зробило можливим реалізацію багатьох інноваційних методів точного скидання, а саме парашутним системам високоточної доставки вантажів.

Аналіз останніх досягнень і публікації. В іноземній літературі ці системи отримали найменування навідні системи точної повітряної доставки вантажів. Досягнення програми (Joint Precision Aerial Delivery Systems, JPADS) стало створення уніфікованих систем управління, що дозволяє комбінувати їх з різними основними парашутами систем високоточної повітряної доставки.

Історично, повітряна доставка легкої техніки та важких озброєнь виконувалася за допомогою безшумних і порівняно дешевих планерів, здатних швидко долати відстань від лінії фронту до місця приземлення та забезпечувати одночасне приземлення техніки і особового складу в одному місці (що є проблематичним при парашутному способі десантування). Однак розвиток радіолокаційних систем та ракетних систем ППО нівелювали всі переваги даного підходу до десантування.

Як було сказано вище, проблема віддаленого десантування важкої техніки наразі є відкритою, і жодна з провідних армій світу не демонструвала помітних успіхів у цьому напрямку у відкритих джерелах.

Метою статті є розгляд окремих питань та можливі шляхи часткового розв'язання проблеми щодо уникнення наземних загроз (засобів ППО) літаками під час здійснення десантування, які можуть виявитися корисними за планування десантних операцій для підвищення безпечності традиційного парашутного десантування, а також для подальших досліджень та розробці методів віддаленого десантування.

Виклад основного матеріалу. Найбільш простим шляхом десантування техніки без необхідності безпосереднього прольоту військово-транспортного літака над визначеною площадкою приземлення є використання ефекту горизонтального вітру на поведінку парашутно-реактивної системи (далі – ПРС) протягом зниження.

Для оцінки зростання швидкості вітру з висоти (вертикального градієнту) ми застосуємо модель степеневого профілю (рис. 1) яка є більш точною за інші прості моделі на висотах, що перевищують 100 м (тобто протягом переважної частини спуску), та відповідає нейтральному чи стабільному стану повітря над типовою пересіченою сільськогосподарською місцевістю, лісною місцевістю чи населеного пункту забудованого переважно одноповерховими будівлями [5–7].

$$w(h) = w_{\text{ref}} \left(\frac{h}{h_{\text{ref}}} \right)^{\alpha} \quad (1)$$

Під час русу парашута крізь шари повітря, що здійснюють горизонтальний рух з деякою швидкістю, парашут поступово набуватиме тієї ж швидкості горизонтального руху, а швидкість його зниження залишається приблизно сталою (за умови сталої швидкості вітру або її достатньо плавної зміни). Детальний математичний розгляд цього питання можна знайти в звіті.

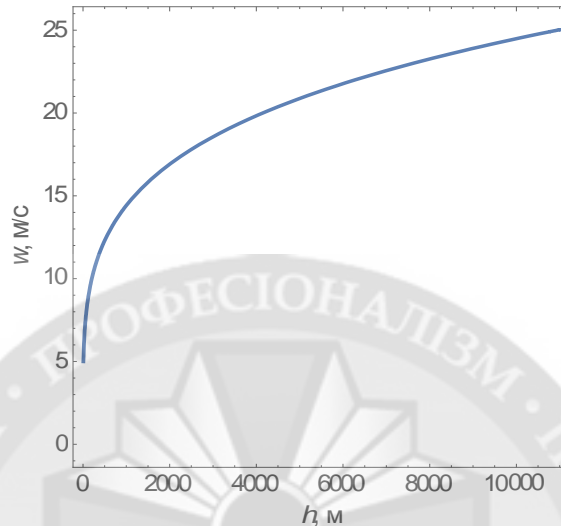


Рисунок 1 – Залежність швидкості горизонтального вітру від висоти над землею ($h_{\text{ref}}=10$ м, $w_{\text{ref}}=5$ м/с, $\alpha=0.23$)

Чим повільніше знижується ПРС, тим швидше горизонтальна компонента її швидкості прямуватиме до горизонтальної швидкості руху повітряних мас. Так при типових швидкостях зниження БМД-2 на системі ПРСМ-915 перехідний період (протягом якого відбуваються встановлення горизонтальної швидкості ПРС) може становити 4-6 с (залежно від величини зміни швидкості вітру), а для багатокупольних систем (далі – БКС) цей процес може відбуватися менше ніж за 2-3 с.

Для оцінки величини зносу (зміщення) ПРС вітром протягом зниження окрім вертикального градієнту горизонтальної компоненти швидкості вітру (1) треба врахувати й зміну швидкості зниження системи внаслідок зміни щільності атмосферного повітря з висотою (цей крок не є необхідним при десантуванні з висот до 1 км), для чого у даній роботі буде застосована міжнародна стандартна атмосфера (International Standard Atmosphere, ISA) – універсальна модель атмосфери, що оцінює значення тиску, температури і щільності атмосферного повітря на заданій висоті виходячи з відомих значень температури і тиску повітря на рівні моря (рис. 2).

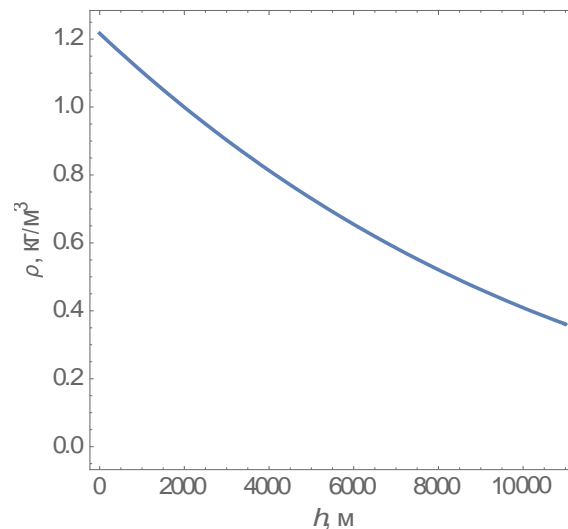


Рисунок 2 – Залежність густини атмосферного повітря від висоти (при температурі й атмосферному тиску на рівні моря $T_{ref} = 17^{\circ}\text{C}$ і $P_{ref} = 101325 \text{ Па}$)

Для спрощення розрахунків і враховуючи плавні зміни швидкості вітру (1) та щільності атмосфери, яка визначає вертикальну швидкість зниження ПРС, далі у цій роботі останню величину ми вважатимемо рівною термінальній швидкості зниження на відповідній висоті за відсутності вітру, а горизонтальну швидкість ПРС рівною горизонтальній швидкості вітру на відповідній висоті (внаслідок цих спрощень отримані нижче значення повного горизонтального зносу по суті є верхньою межею реальних значень величини горизонтального зносу). Величина термінальної швидкості зниження парашутно-реактивної системи v_{\downarrow} визначається балансом сили опору $F_{оп} = \beta v^2$ повітря та сили тяжіння $F_{тяж} = mg$, отже:

$$v_{\downarrow} = \sqrt{\frac{mg}{\beta}}, \quad (2)$$

де β – коефіцієнт опору, який визначається характеристичною площею купола A , густиною повітря ρ та коефіцієнтом форми парашутно-реактивної системи c_d (для типових парашутів $c_D \approx 0.8 \dots 1$):

$$\beta = \frac{1}{2} \rho c_d A. \quad (3)$$

Згідно з використаною моделлю атмосфери температура повітря T_{ISA} зменшується на 6.5°C з підйомом на кожен наступний кілометр (на висотах до 11 км), а зниження тиску P внаслідок зменшення товщини розташованого вище шару повітря описується диференціальним рівнянням:

$$\frac{dP_{ISA}}{dh} = -\frac{P_{ISA}g}{R_{sp}T_{ISA}},$$

де $R_{sp} \approx 287.1 \text{ Дж} \cdot \text{кг}^{-1}\text{К}^{-1}$ – індивідуальна газова стала для повітря, а густина повітря визначається з його тиску і температури на даній висоті формулою:

$$\rho_{ISA} = \frac{P_{ISA}}{R_{sp}T_{ISA}}. \quad (4)$$

Повна величина горизонтального зносу Δx_{h_0} парашутно-реактивної системи внаслідок дії вітру може бути визначена шляхом інтегрування:

$$\begin{aligned} \Delta x_{h_0} &= \int_0^t v_x(t) dt = - \int_{h_0}^0 \frac{v_x(h)}{v_d(h)} dh = \\ &= \int_0^{h_0} w_{\text{ref}} \left(\frac{h}{h_{\text{ref}}} \right)^\alpha \sqrt{\frac{c_d A \rho_{\text{ISA}}(h)}{2mg}} dh = \\ &= \frac{w_{\text{ref}}}{h_{\text{ref}}^\alpha} \sqrt{\frac{c_d A}{2mg}} \int_0^{h_0} h^\alpha \sqrt{\rho_{\text{ISA}}(h)} dh. \end{aligned} \quad (5)$$

З формули (5) очевидно випливає, що загальна величина зносу у даному наближенні є пропорційною швидкості горизонтального вітру і зростатиме зі збільшенням стабільності повітряних потоків (параметр α) та/або зменшенням середньої швидкості зниження ПРС (яка визначається головним чином температурою повітря, параметрами купола і масою навантаження).

На рис. 3 наведені результати обчислень величини горизонтального зносу ПРС при десантуванні з різних висот для двох значень величини вітру.

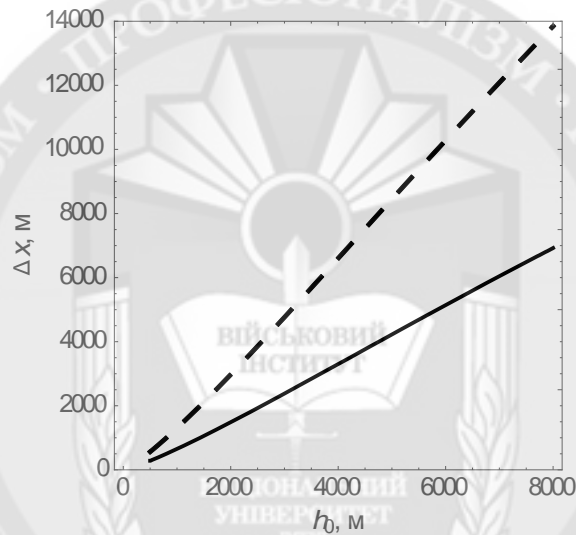


Рисунок 3 – Залежність величини горизонтального зносу вітром від висоти над рівнем моря, з якої проводиться десантування, характеристична площа купола $A = 540 \text{ м}^2$.
 суцільна лінія – для швидкості вітру $w_{\text{ref}} = 5 \text{ м/с}$
 штрихова лінія – $w_{\text{ref}} = 10 \text{ м/с}$

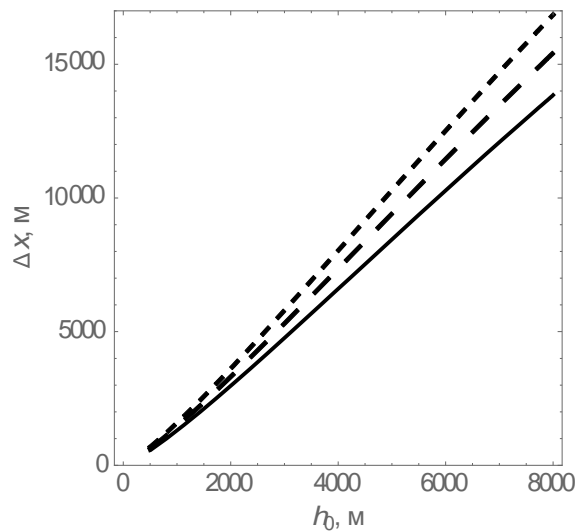


Рисунок 4 – Залежність величини горизонтального зносу вітром від висоти над рівнем моря, з якої проводиться скидання, характеристичній дані: площа купола $A = 540 \text{ м}^2$ (суцільна лінія), $A = 670 \text{ м}^2$ (штрихова лінія) і $A = 800 \text{ м}^2$ (пунктирна лінія), швидкість вітру $w_{ref} = 10 \text{ м/с}$

На двох рисунках: $T_{ref} = 17^\circ\text{C}$, $h_{ref} = 10 \text{ м}$, $\alpha = 0.23$, $m = 8260 \text{ кг}$, $c_D = 0.8$.

Зменшення швидкості вітру та зменшення вертикальної швидкості ПРС протягом більшої частини зниження компенсують одне одного внаслідок збільшення густини повітря. У наслідок чого залежність величини зносу вітром від висоти десантування має приблизно лінійний характер.

В процесі дослідження спостерігається, що протягом більшої частини траєкторії зниження ПРС зменшення швидкості вітру та зменшення вертикальної швидкості ПРС (внаслідок збільшення густини повітря) компенсують одне одного. В наслідок чого залежність величини зносу вітром від висоти десантування має приблизно лінійний характер.

На рис. 5 наведені траєкторії зниження парашутно-реактивної системи ПРСМ-915 з сумарною масою 8260 кг , площею купола $A = 540 \text{ м}^2$ при температурі повітря на рівні моря $T_{ref} = 17^\circ\text{C}$. Траєкторії ПРС побудовані для різних значень висоти, з якої проводиться скидання при здійсненні десантування, та горизонтальної швидкості вітру.

Бачимо, що за швидкості вітру $w_{ref} = 10 \text{ м/с}$, висотою скидання $h_0 = 1 \text{ км}$ відношення що визначає ефективність зносу $\Delta x_{h_0}/h_0$, становить 1.3 та величина горизонтального зносу вітром буде 1,3 км. Тобто повна величина зносу об'єкту десантування вітром є на 30% більшою за висоту скидання під час здійснення десантування.

При $h_0 = 4 \text{ км}$ значення $\Delta x_{h_0}/h_0$ зростає до 1.65 та величина горизонтального зносу вітром буде 6,5 км, а при $h_0 = 8 \text{ км}$ значення $\Delta x_{h_0}/h_0$ сягає 1.73, величина горизонтального зносу вітром буде 14 км

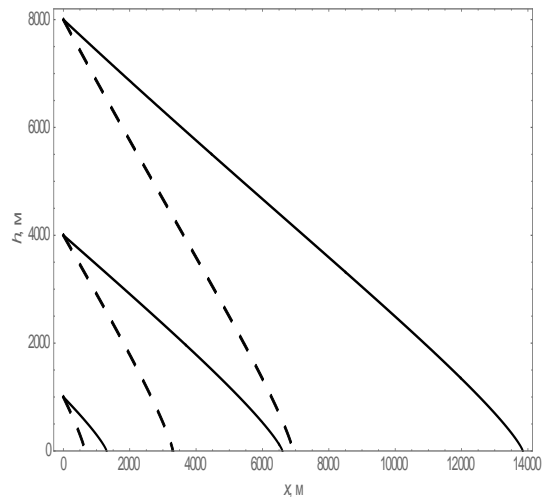


Рисунок 5 – Траєкторії зниження парашутної у вертикальній площині, паралельній до напрямку горизонтального вітру, за різних значеннях висоти десантування (1000 м, 4000 м і 8000 м відповідно) та двох значеннях швидкості горизонтального вітру: штрихові лінії – 5 м/с; суцільні лінії – 10 м/с

Збільшення площі купола парашута ПРС до 800 м^2 дозволило б збільшити показник $\Delta x_{h_0}/h_0$ до 2,1 (за незмінних інших умов) за рахунок збільшення тривалості зниження. А у випадку специфічних погодних умов, коли швидкість вітру більш інтенсивно зростає зі збільшенням висоти, можна очікувати величин зносу навіть у 2...2,5 більших за початкову висоту десантування.

Результати дослідження демонструють можливість ПРС за рахунок збільшення висоти скидання здійснювати горизонтальне переміщення до площадки приземлення на значному віддаленні від точки скидання. Однак розрахувати конкретну величину переміщення без поточного знання багатьох параметрів, що впливають на швидкість зносу вітром, є значно складнішим. Ці параметри включають головним чином повітряні потоки, з якими зустрічається ПРС, що можуть допомагати або заважати горизонтальному переміщенню.

Сучасні технології зробили можливою реалізацію багатьох інноваційних методів скидання вантажу. З метою зменшення впливу нерівномірності повітряних потоків на точність десантування сьогодні застосовуються системи підвищення точності висотного скидання HARP (high-altitude release point), які враховують динаміку руху повітря, системну балістику та швидкість повітряного судна.

Балістична таблиця (на основі середніх балістичних характеристик цієї парашутної системи) визначає точку скидання бойової машини та розраховує траєкторію вільного падіння при скиданні з великої висоти, враховуючи типові профілі повітряних потоків між точкою скидання і площадкою приземлення.

Після скидання бойової машини повітряні потоки впливають на напрямок її переміщення та тривалість падіння. Комп'ютер на борту повітряного судна розраховує вплив повітряних потоків, використовуючи данні про швидкість польоту, тиск і температуру з бортових датчиків та навігаційних сенсорів. Початкові дані водяться з прогнозу погоди та стану повітря у районі скидання.

Якщо фактичний профіль повітря не змінено та не введено у польотний комп'ютер, то за замовчанням для обчислення помилок у розрахунках HARP застосовується припущення про лінійний профіль повітря. Після того, як ці розрахунки виконані або данні ведені, їх результати записуються у базу даних десантування для використання під час розрахунків у подальших операціях.

Також з метою значного покращення точності скидання з великих висот можливо використання доплерівського лазерного локатора ІК-діапазону для вимірювання швидкості повітряних потоків на різних висотах та створення в реальному часі 3D карт вітрів у районі між повітряним судном і поверхнею площадки приземлення. Такі системи здатні здійснювати вимірювання з типової помилкою менше одного метру в секунду.

Висновки. Отже, у статті розглянуто окремі питання та можливі шляхи часткового розв'язання задачі віддаленого десантування, які можуть виявитися корисними за планування десантних операцій для підвищення безпечності традиційного парашутного десантування, а також у подальших дослідженнях та розробці способів віддаленого десантування ПРС.

За результатами досліджень запропоновано спосіб віддаленого десантування важкої техніки з використанням парашутно-реактивної системи що дозволяє визначити найбільш слабкі властивості системи, оцінити її загальний рівень, який характеризується набором природно-кліматичних показників, зокрема швидкостей вітру на різних висотах, і розробити заходи для підвищення ефективності застосування систем за призначенням.

Використання результатів досліджень на практиці, дозволить підвищити операційні спроможності Десантно-штурмових військ Збройних Сил України, а саме забезпечити швидке розгортання на загрозованих напрямках для стримування противника шляхом віддаленого десантування важкої техніки, що в свою чергу значно підвищить бойовий потенціал бойових підрозділів в оперативно-тактичній глибині оборони противника.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Куянов О. Ю., Александров В. Є. Основні напрямки розвитку засобів десантування озброєння та військової техніки. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2010. №1(1). С. 49-54.
2. Дмитрієв В. А. Методи випробувань парашутних систем для повітряного десантування. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2013. №1(3). С. 41-43.
3. Патент № 111571. Автономна дистанційно керована транспортна модульна платформ супроводження повітряного десанту. Опубл.від 10.05.2016.
4. Manual of the ICAO Standard Atmosphere (extended to 80 kilometres (262 500 feet)) (3rd ed.). International Civil Aviation Organization. 1993. ISBN 92-9194-004-6.
5. Bañuelos-Ruedas F., Angeles-Camacho C. Rios-Marcuello S. Methodologies Used in the Extrapolation of Wind Speed Data at Different Heights and Its Impact in the Wind Energy Resource Assessment in a Region, pp. 97-114.
6. Hsu S., Meindl E., Gilhousen D. Determining the power-law wind-profile exponent under near-neutral stability conditions at sea, J. Appl. Meteorol., Vol. 33, pp. 757-765, 1994.
7. Farm W. Technical Regulations, Potential Estimation and Siting Assessment, Ed. G.O. Suvire, 2011, 248 p.
8. Иванов П. И., Куянов А. Ю., Иванов Р. П. Оценка рассеивания расчетной точки десантирования объекта с летательного аппарата-носителя. *Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України*. 2013. № 1(10). С. 42-45.
9. Дмитрієв В. А. Система та методи визначення показників безпеки парашутного десантування особового складу. *Системи озброєння і військова техніка*. 2012. №2 (30). С. 143-146.
10. Дмитрієв В. А. Обґрунтування показників безпеки приземлення військової техніки і вантажів при парашутному десантуванні. *Системи озброєння і військова техніка*. 2013. №3 (35). С. 86–90.
11. Дмитрієв В. А. Методика оцінки ефективності застосування парашутних систем для повітряного десантування. *Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту випробувань і сертифікації озброєння та військової техніки*. 2020. Вип. 1(3), с. 29-33. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.3.2020.04>.
12. Боднар С. І., Сила І. М., Ряполов І. Є. Методика оцінки характеристик аеродинамічного навантаження двохоболочкових плануючих парашутів. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: матеріали тез доповідей XIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Чернігів, 25–26 трав. 2023 р. Чернігів, 2023. Т. 1. С. 179.*

REFERENCES:

1. Kuyanov O. Yu., Aleksandrov V. Ye. Osnovni napryamky rozvytku zasobiv desantuvannya ozbroynyya ta viyskovoyi tekhniky. *Nauka i tekhnika Povitryanykh Syl Zbroynykh Syl Ukrainy*. 2010. №1(1). S. 49-54.
2. Dmytriyev V. A. Metody vyprobuvan parashutnykh system dlya povitryanoho desantuvannya. *Nauka i tekhnika Povitryanykh Syl Zbroynykh Syl Ukrainy*. 2013. №1(3). S. 41-43.
3. Patent № 111571. Avtonomna dystantsiyno kerovana transportna modulna platforma suprovodzhennya povitryanoho desantu. *Opubl. vid 10.05.2016*.
4. Manual of the ICAO Standard Atmosphere (extended to 80 kilometres (262 500 feet)) (3rd ed.). International Civil Aviation Organization. 1993. ISBN 92-9194-004-6.
5. Bañuelos-Ruedas F., Angeles-Camacho C. Rios-Marcuello S. Methodologies Used in the Extrapolation of Wind Speed Data at Different Heights and Its Impact in the Wind Energy Resource Assessment in a Region, pp. 97-114.
6. Hsu S., Meindl E., Gilhousen D. Determining the power-law wind-profile exponent under near-neutral stability conditions at sea, *J. Appl. Meteorol.*, Vol. 33, pp. 757-765, 1994.
7. Farm W. Technical Regulations, Potential Estimation and Siting Assessment, Ed. G.O. Suvire, 2011, 248 p.
8. Ivanov P. I., Kuyanov A. Yu., Ivanov R. P. Otsinka rasseyvannya rozrakhunkovoyi tochky desantuvannya ob'yekta z letalnoho aparata-nosiya. *Nauka i tekhnika Povitryanykh Syl Zbroynykh Syl Ukrainy*. 2013. № 1(10). S. 42-45.
9. Dmytriyev V. A. Systema ta metody vyznachennya pokaznykiv bezpeky parashutnoho desantuvannya osobovoho skladu. *Systemy ozbroynyya i viyskova tekhnika*. 2012. №2 (30). S. 143-146.
10. Dmytriyev V. A. Obgruntuvannya pokaznykiv bezpeky pryzemlennya viyskovoyi tekhniky i vantazhiv pry parashutnomu desantuvanni. *Systemy ozbroynyya i viyskova tekhnika*. 2013. №3 (35). S. 86-90.
11. Dmytriyev V. A. Metodyka otsinky efektyvnosti zastosuvannya parashutnykh system dlya povitryanoho desantuvannya. *Zbirnyk naukovykh prats Derzhavnoho nauково-doslidnoho instytutu vyprobuvan i sertyfikatsiyi ozbroynyya ta viyskovoyi tekhniky*. 2020. Vyp. 1(3), s. 29-33. <https://doi.org/10.37701/dndivsovt.3.2020.04>.
12. Bodnar S. I., Sylva I. M., Ryapolov I. Ye. Metodyka otsinky kharakterystyk aerodynamichnoho navantazhennya dvokhobolochkovykh planuyuchykh parashutiv. *Kompleksne zabezpechennya yakosti tekhnolohichnykh protsesiv ta system: materialy tez dopovidey XIII Mizhnar. nauk.-prakt. konf., m. Chernihiv, 25-26 trav. 2023 r. Chernihiv, 2023. T. 1. C. 179*.

METHODOLOGY FOR DETERMINING THE REMOTE LANDING OF A PARACHUTE-JET SYSTEM

The article discusses certain issues and possible ways to partially solve the problem of remote landing, which may be useful in planning airborne operations to improve the safety of traditional parachute landing, as well as in further research and development of remote landing methods for airborne vehicles.

Based on the results of the research, a method of remote landing of heavy equipment using a parachute-jet system is proposed, which allows to identify the weakest properties of the system, assess its overall level, characterised by a set of natural and climatic indicators, in particular wind speeds at different altitudes, and develop measures to improve the efficiency of the system's intended use. The results of the study demonstrate the ability of the WFD to move horizontally to the landing site at a considerable distance from the point of discharge by increasing the height of the release. However, it is much more difficult to calculate the specific amount of displacement without current knowledge of the many parameters that influence the wind drift rate. These parameters mainly include the air currents encountered by the WTG, which can help or hinder horizontal movement.

Modern technology has made it possible to implement many innovative methods of cargo discharge. In order to reduce the impact of uneven airflows on drop accuracy, HARP (high-altitude release point) systems are now being used to improve the accuracy of high-altitude drops, which take into account airflow dynamics, system ballistics and aircraft speed. The ballistic table (based on the average ballistic characteristics of this parachute system) determines the drop point of the combat vehicle and calculates the free fall trajectory for a high altitude drop, taking into account the typical airflow profiles between the drop point and the landing site. To significantly improve the accuracy of high altitude drops, it is also possible to use an infrared Doppler laser locator to measure airspeed at different altitudes and create real-time 3D wind maps in the area between the aircraft and the landing site surface. Such systems are capable of making measurements with a typical error of less than one metre per second.

The application of the research results in practice will increase the operational capabilities of the Airborne Assault Forces of the Armed Forces of Ukraine, namely, to ensure rapid deployment in threatened areas to deter the enemy by remotely landing heavy equipment, which in turn will significantly increase the combat potential of combat units in the operational and tactical depth of the enemy's defence.

Keywords: landing of heavy equipment, area of application, parachute and jet systems, delivery of heavy equipment, remote landing method.