

doi: 10.32620/oikit.2023.99.10

УДК 629.7

А. М. Гуменний, Р. Джафаров, О. І. Кривобок,  
А. В. Лоленко, О. М. Столярчук

## Розвиток аварійних засобів порятунку екіпажу гелікоптера

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського  
«Харківський авіаційний інститут»*

Предметом дослідження цієї статті є вивчення застосовуваних способів забезпечення порятунку екіпажів гелікоптерів в аварійних ситуаціях. Метою дослідження є аналіз переваг і недоліків розроблених варіантів аварійного обладнання для вертольотів. У процесі дослідження проведено аналіз сучасних розробок, спрямованих на забезпечення порятунку екіпажів у випадках аварій. Зокрема, розглянуто технології, які допомагають знижувати ризик пошкодження та поліпшувати умови виживання екіпажу після аварії вертольота. Завдання дослідження охоплюють аналіз наявних систем порятунку, визначення ефективності їх функціонування та можливостей їх подальшого вдосконалення. Наукова новизна полягає в системному підході до аналізу наявних розробок і визначенні перспективних напрямів подальших досліджень у галузі безпеки екіпажів гелікоптерів. Цей підхід до вивчення аварійного порятунку в гелікоптерній індустрії спрямований на розвиток технологій, що забезпечують високий рівень безпеки екіпажів під час аварійних ситуацій. Розглянуто також альтернативні підходи до розроблення аварійного обладнання для вертольотів. Особливу увагу було приділено інноваційним підходам до розроблення аварійного обладнання. Такий комплексний підхід робить дослідження унікальними й актуальними в контексті сучасних викликів в авіаційній безпеці. Отримані результати свідчать про необхідність подальших досліджень у галузі безпеки екіпажів гелікоптерів. Під час проведення дослідження виявлено, що наявні технології порятунку гелікоптерних екіпажів мають свої обмеження та потребують подальших покращень. Одним із напрямів вдосконалення є покращення систем аварійного виходу й автоматизації процесів порятунку. Нові інтегровані системи можуть прискорити реакцію на аварійні ситуації та забезпечити швидкий і безпечний процес виходу екіпажу з вертольота. Отже, застосування новітніх технологій у сфері аварійного порятунку гелікоптерів дасть змогу покращити загальний стандарт безпеки для екіпажів. Нові розробки спрямовані не лише на попередження аварій, але й на забезпечення ефективного й безпечного виходу екіпажу в разі виникнення непередбачених обставин. Цей підхід робить дослідження більш повним і комплексним, враховуючи сучасні вимоги та можливості технологічного розвитку в галузі безпеки гелікоптерних операцій.

**Ключові слова:** вертоліт / гелікоптер, аварійна ситуація, катапультивання, навантаження, парашут.

### Вступ

Вдале завершення польоту в разі аварійних ситуацій, таких як відмова двигуна, особливо для одновигунних вертольотів, або відсутність пального, може бути здійснено шляхом безпечного зниження та посадки в режимі авторотації.

Проте коли йдеться про пожежу на борту, відмову системи керування або руйнування трансмісії, то використання авторотації виявляється неприйнятним варіантом через кілька ключових факторів. Передусім це пов'язано з небезпекою та складністю самого процесу авторотації. Крім того, успішність цього режиму залежить від висоти та швидкості польоту, що ускладнює ситуацію, особливо на малих висотах. Також швидкоплинність розвитку аварійної ситуації може не залишити достатньо часу для ефективного використання авторотації.

Основна проблема, однак, полягає в тому, що успішність посадки в режимі

авторотації значною мірою залежить від підготовки екіпажу до виконання цього процесу. Брак компетентності чи неспроможність екіпажу адекватно реагувати в таких ситуаціях може призвести до невдачі та навіть до травм членів екіпажу й пасажирів.

Отже, використання авторотації як методу посадки здебільшого може стати складним випробуванням для екіпажу та призвести до негативних наслідків у ситуаціях, коли час та обставини обмежують можливість його ефективного застосування.

### 1. Система пасивного захисту

Для безпечного застосування вертольота, його конструкцію має бути спроектовано з урахуванням поглинання навантажень, що виникають. Граничні навантаження визначено в розділі CS 27.561. При цьому не має відбутися руйнування паливної системи, і екіпаж повинен витримувати навантаження, що виникають під час аварійної посадки, без травмування. Це веде до створення в конструкції вертольота спеціальних елементів, які поглинають навантаження, що виникають під час аварійної посадки, що призводить до певних масових витрат.

Щодо напряму розв'язання проблеми енергопоглинання під час аварійних ситуацій може бути застосовано створення шасі, у конструкцію якого закладаються відповідні параметри граничних режимів роботи. На вертольотах АН-64 (рис. 1), Eurocopter Tiger (рис. 2), УН-60 (рис. 3) та Ми-28 (рис. 4) конструкція основних стояків шасі виконана майже ідентично та є консольно закріпленою опорою з амортизатором. Вимоги до елементів шасі визначено в розділі CS 27.785, CS 27.785.

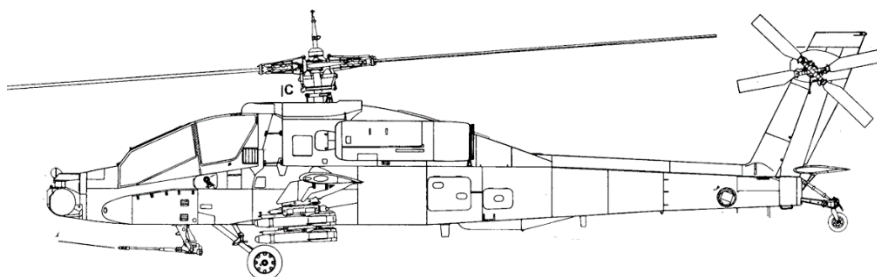


Рис. 1. Схема вертольота АН-64 Apache

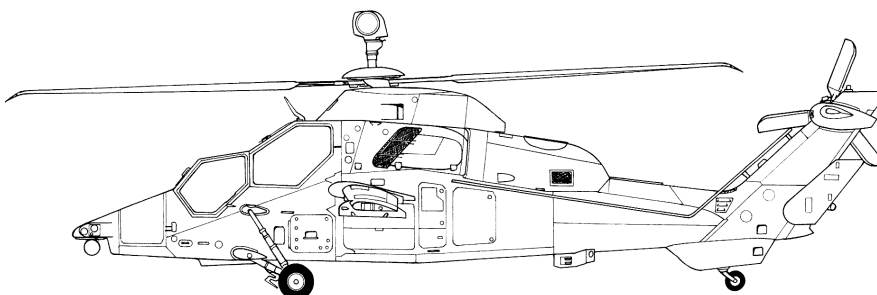


Рис. 2. Схема вертольота Eurocopter Tiger

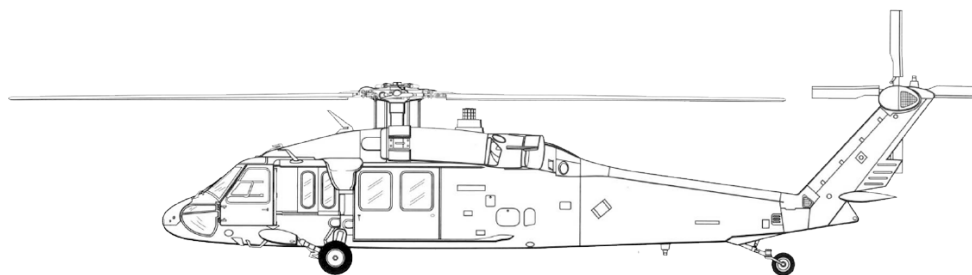


Рис. 3. Схема вертольота УН-60

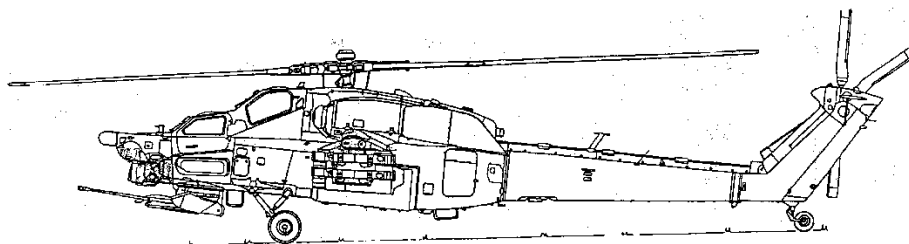


Рис. 4. Схема вертольота Ми-28

Крім того, для поглинання енергії під час аварійного зниження на Ми-28 крісла екіпажу встановлені на спеціальній основі, яка згинається. Особливо гостро питання аварійної посадки постає під час використання гелікоптерів вогневої підтримки, які зазвичай виконують польоти на малій висоті та придатні до вогневого впливу з боку противника.

## 2. Енергопоглинальні крісла

Енергопоглинальні крісла мають досить складну конструкцію і більшу масу, ніж звичайні авіаційні крісла, що обмежує їх застосування в легких вертольотах.

На початку свого розвитку конструкцію сидіння з елементами безпеки було реалізовано як пружний підвіс на борту кабіни (рис. 5) [1].

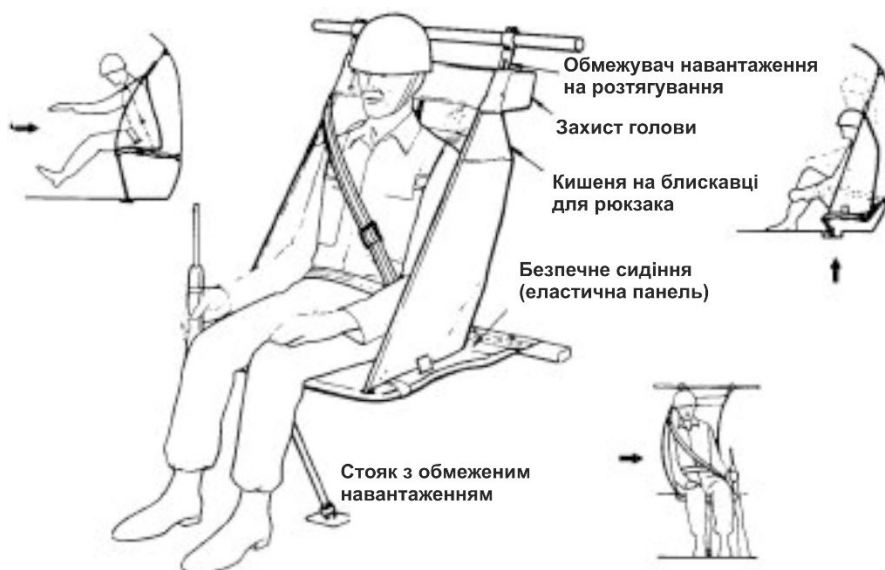


Рис. 5. Перші варіанти енергопоглинальних крісел

Сучасна конструкція енергопоглинальних крісел має кілька основних типів поглинання енергії під час посадки. Переміщення чашки крісла під час аварійної посадки спричиняє згинання, вигинання або зрізання спеціальних конструктивних елементів. Це завдяки виконанню механічної роботи перетворює кінетичну енергію переміщення чашки сидіння в теплову енергію. Відповідно, робота, яка виконується при цьому, перетворює один вид енергії в інший і зменшує сили, які діють на членів екіпажу.

Застосування енергопоглинальних крісел (рис. 6) дає змогу знизити навантаження, яке витримують члени екіпажу під час аварійної посадки до прийнятного фізіологічного рівня. Основний напрям у розвитку крісел спрямований на поглинання сил уздовж хребта, що значно знижує ризик травмування екіпажу.



Рис. 6. Амортизаційне крісло Martin Baker

За статистикою, більшість травм під час аварійної посадки з використанням енергопоглинальних крісел виникає від бічних сил. Розроблено кілька патентів на крісла, які враховують компенсацію бічних навантажень.

Вимоги до елементів крісел визначено в розділі CS 27.785. На сьогодні застосування енергопоглинальних крісел у компонуванні вертольотів стає стандартною комплектацією салону, навіть з урахуванням того, що маса таких крісел більша, ніж маса звичайного пасажирського або пілотського крісла.

### 3. Використання парашута для евакуації

Один із можливих методів виходу з вертольота в аварійній ситуації — покидання борту з використанням парашута. За статистикою, 93 % втрат екіпажів гелікоптерів пов'язані з падінням літального апарата з висоти понад 100 м [2]. Проте в разі використання цього методу існує можливість торкання людини з такими елементами конструкції вертольота, як стояки шасі тощо. Також існує ризик того, що екіпаж, який залишив борт, може потрапити під гвинт, що обертається, під час некерованого падіння літального апарата.

Для виключення такої ймовірності на вертольотах у зоні аварійного люка не встановлюються елементи конструкції, які можуть створити перешкоду на шляху аварійного покидання, або спеціальні пристрої, як на прикладі Ми-28, де

під дверима встановлені надувні платформи, що виключають торкання екіпажу основних стояків шасі під час покидання польоту з парашутом. Після аварійного скидання дверей ці елементи випускаються автоматично.

Експериментальна перевірка можливості безпечного покидання борту вертольота в польоті проводилася в СРСР у 1956–1959 рр. Було проведено випробування з відстрілюванням лопатей вертольота Ми-4 як на наземних умовах, так і в польоті. Льотчик НДІ ВПС Ю. О. Гарнаєв виконав політ, зробивши стрибок із висоти 1800 м після відстрілювання лопатей [3]. Проте можливість небезпеки ураження лопатями сусідніх вертольотів, що розлітаються, під час польоту строем, призвела до обмеженого застосування такого методу безпеки стрибка з парашутом.

Для експериментальної перевірки можливості покидання вертольота з парашутом у процесі аварійного зниження в США проводилися стрибки парашутистів із вертольота УН-1, що знижується в режимі авторотації. При цьому виявлено, що за умови вертикального відокремлення від вертольота парашутист за 1,5 с виходить за зону гвинта, що обертається.

#### 4. Катапультне крісло (Seat ejection)

Катапультивання як спосіб безпечного покидання борту в аварійній ситуації на літаках застосовується з 40-х років. Для катапультивання екіпажу з вертольота було розроблено кілька схем для виключення контакту з несим гвинтом. Для АН-1 пропонувалося розробити синхронізацію польоту катапультного крісла McDonnell-Douglas Minipac або Martin-Baker Mk 15 між лопатями, що обертаються (вгору), відстрілювання лопатей (катапультивання вгору) та катапультивання під кутом до осей вертольота поза площиною обертання гвинта (вперед / вбік / вниз). За оцінкою, маса системи катапультивання становила 219 фунтів (11 % від маси вертольота) і вартість понад 24 000 доларів.

Схема порятунку вгору (рис. 7) передбачала відокремлення крісла від вертольота через 0,29 с, відокремлення людини від крісла через 0,45 с з подальшим виведенням основного парашута. Крісло McDonnell-Douglas Minipac забезпечувало покидання за умови швидкостей до 450 км/год на висотах до 3000 м. При цьому час наповнення купола основного парашута не перевищував 2 с.

Інші напрямки катапультивання мають особливості. Під час катапультивання вбік бічне перевантаження може досягати 11 одиниць, що потребує фіксації голови екіпажу. Для виключення шкідливого впливу бокового навантаження опрацьовувалися варіанти з розворотом крісла вбік і подальше відокремлення від вертольота. Це потребує запасу часу для реакції екіпажу та спрацьовування системи катапультивання.

Катапультивання вниз потребує запасу висоти. Для сучасного рівня розвитку техніки катапультивання вниз (униз–убік–угору) та вбік (вбік–вгору за L-траєкторією) можливе застосування керованих сопел і керування траєкторією польоту крісла. Наявність катапультного крісла підвищує масу спорядження, тому його застосування на вертольотах обмежене. Маса крісла із системами фіксації рук і ніг екіпажу, із системами кріплення та напрямними бере на себе частину корисного навантаження.

Катапультними кріслами, що відокремлюються по L-подібній траєкторії, займалася фірма «Франкфурт Арсенал». Здійснення початкового руху вбік забезпечувалося за допомогою стріляючого механізму і встановлених під кутом

0,15 напрямних, після чого вмикався ракетний прискорювач для зміни траєкторії вгору, щоб не було торкання крісла до лопаті гвинта. Уведення парашутної системи відбувалося через 0,5 с після початку роботи ракетного прискорювача. Початкова швидкість стріляючого механізму становила 15...18 м/с із часом роботи 0,2 с перевантаженнями в межах 15...23 g. Ця система не набула поширення, хоча й передбачалася на вертольотах ОН-13, ОН-23, АН-1.

У Великій Британії був розроблений метод катапультивання, при якому крісло з льотчиком спочатку нахилилося вбік майже на 90 та вистрілювалося, після чого рухалося по траєкторії набирання висоти поза площиною, що омивається потоком повітря від гвинта.



Рис. 7. Схема витягування/катапультивання сидінь

## 5. Витягування (Extraction)

Один з варіантів катапультивання передбачає використання методу витягування екіпажу з кабіни за допомогою ракетного прискорювача. Така система має значно меншу масу через відсутність катапультного крісла та всіх систем, пов'язаних із встановленням систем катапультивання.

Витягування екіпажу з кабіни вгору потребує обов'язкового відокремлення лопатей. Для виключення неконтрольованого розлітання уламків опрацьовувалися варіанти з послідовним відокремленням лопатей у певному секторі.

Розвиток систем такого типу почався ще із системи Yankee, яка застосовувалася на літаках A-1 Skyraider [4]. Система Yankee була реактивним прискорювачем, який за витяжний фал, з'єднаний з прив'язною системою, витягував пілота з кабіни [5]. Сучасні системи катапультивання цього типу ґрунтуються на принципах, аналогічних тим, що використовувалися в системі Yankee (рис. 8).

На сучасних вертольотах такі пристрої застосовувалися і застосовуються для експериментального літального апарата, створеного за програмою Rotor System Research Aircraft (RSRA) S-72 RSRA (рис.9) [6], а також на бойових вертольотах Ка-50 та Ка-52.



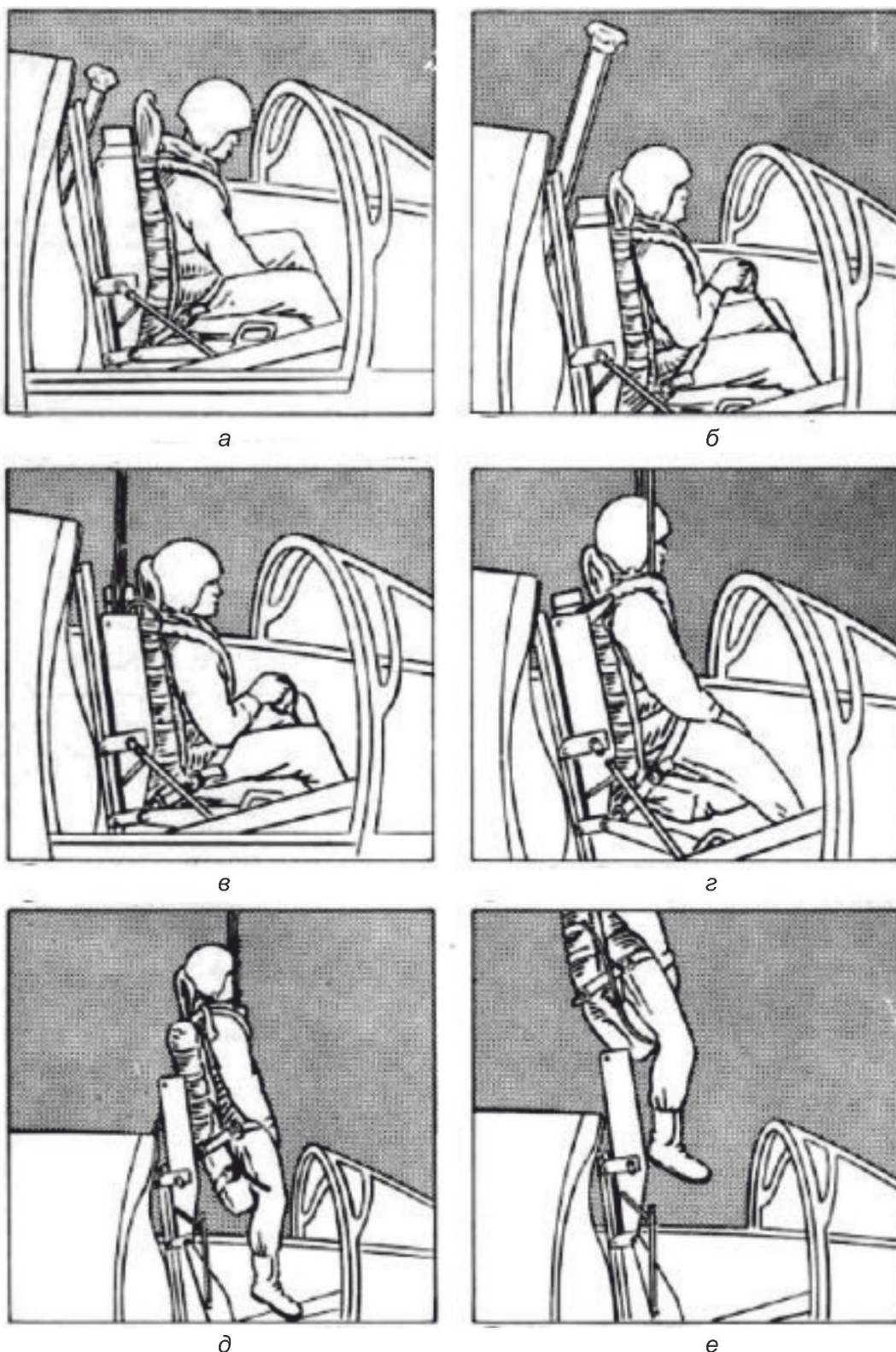


Рис. 8. Схема катапультивання системи Yankee:

а — скидання ліхтаря, щоб звільнити шлях членам екіпажу; б — викидання ракетного витягального прискорювача; в — підвісні шнури розмотуються, і витягальна ракета запалюється; г — член екіпажу піднятий підвісними лініями, сидіння складається вниз; д — ремінь сидіння та плечові ремені відпускаються; е — активована функція автоматичного розкриття парашута члена екіпажу

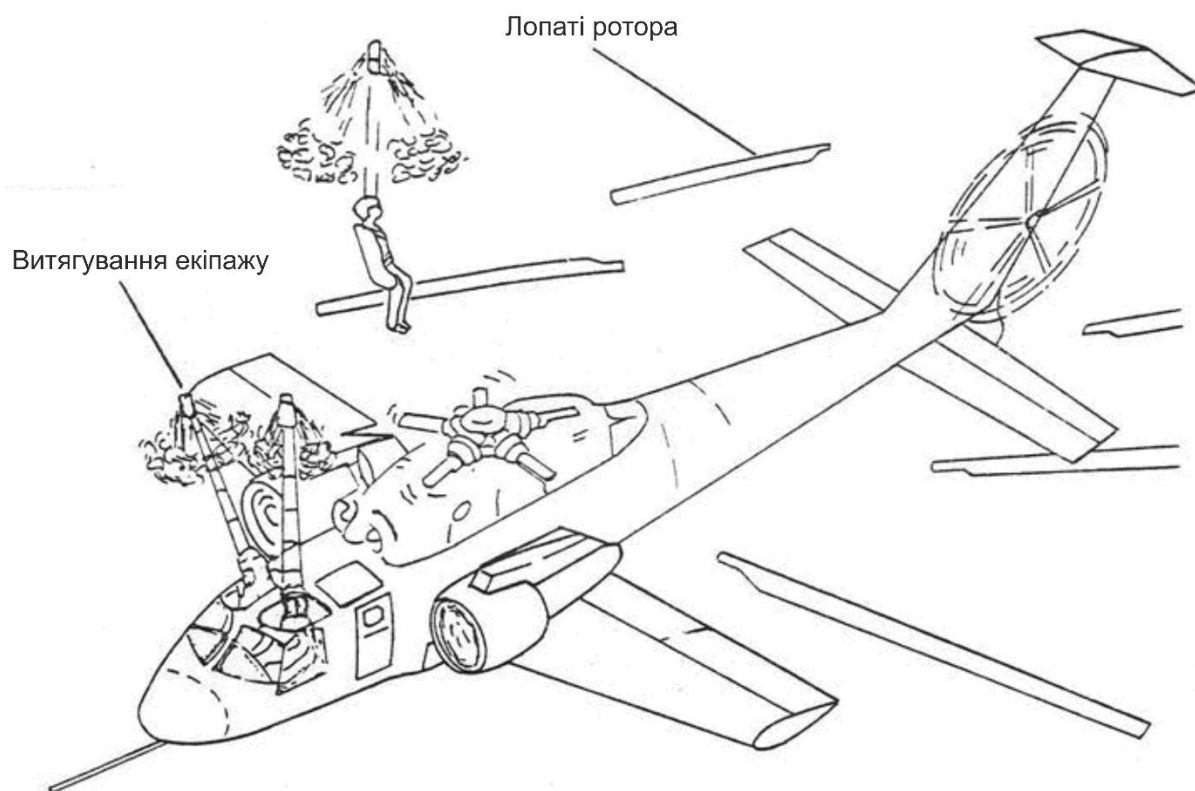


Рис. 9. Схема катапультивання на гелікоптері S-72 RSRA

На вертольотах Ка-50 та Ка-52 встановлюється система катапультивання К-37-800, розроблена компанією «Зірка». Ця система подібна до системи Yankee та містить пристрій, який після відстрілювання лопатей несучого гвинта ініціює запуск ракетного прискорювача. Після цього ракетний прискорювач скидається і розкривається основний парашут. Система К-37-800 є доведеною до серійного виробництва конструкцією.

У 1971 році на АН-1 проведено випробування системи екстракції. Маса становила 150 фунтів, а вартість – 15 000 доларів.

Для покидання вертольота стрільцями та пасажирями проектувалася система Away з напрямком запуску ракетного прискорювача вбік.

Системи, розроблені в середині 70-х років, були випробувані, але не розвинулися надалі.

## 6. Аварійне приземлення вертольота на основних парашутах

Для порятунку в аварійних ситуаціях багатомісних пасажирських вертольотів розроблено методи порятунку із застосуванням основних парашутів, які дають змогу зберегти гелікоптер цілком або за допомогою відокремлення від конструкції рятувальної капсули з екіпажем і пасажирями. Аварійне приземлення вертольота здійснюється шляхом відокремлення кабіни або вертольота повністю.

Використання кабін застосовувалося в літаках F-111, B-1, D-558. Для забезпечення функціонування системи на малій висоті встановлюється балістична система витягування та розкриття парашута і, якщо буде потреба, система поглинання динамічного удару під час приземлення.

Для забезпечення амортизації під час приземлення (приводнення) та



забезпечення додаткової плавучості та стійкості застосовуються надувні балонети. Цей метод дає змогу здійснювати одночасний порятунок усіх пасажирів. Недоліком є необхідність встановлення великих вантажопідйомних парашутів і висота порятунку не менша за 30 м.

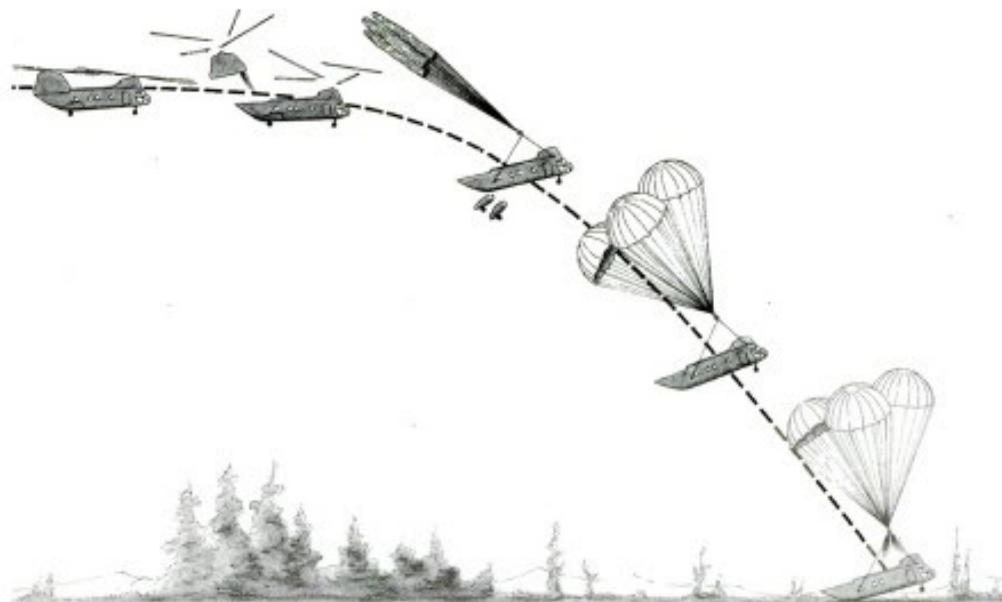


Рис. 10. Система порятунку на гелікоптері CH-46

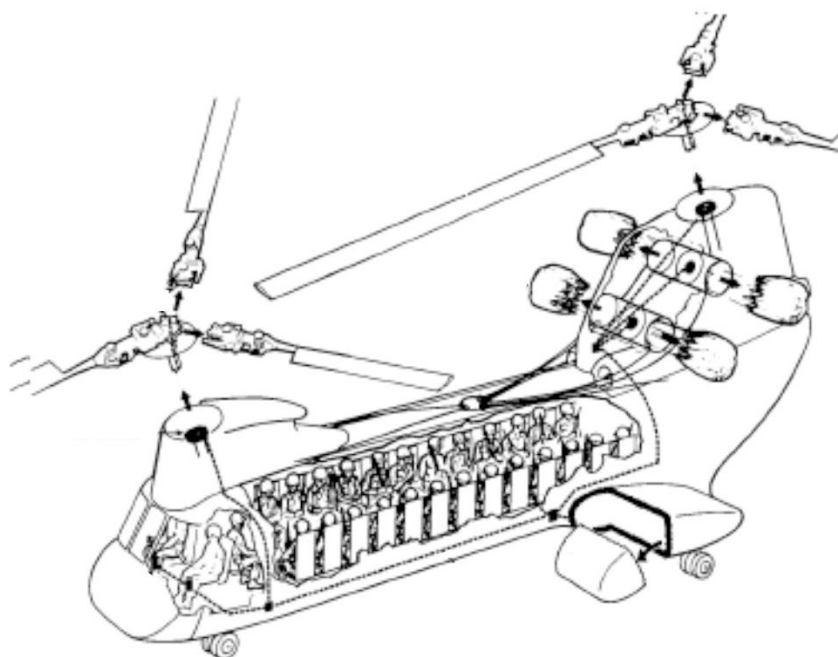


Рис. 11. Схема системи порятунку на гелікоптері CH-46

Для CH-46D (рис. 10, 11) було розроблено конструкцію з використанням парашутів для виконання посадки всього вертольота. При цьому для зменшення маси, що рятується, проводилося відстрілювання роторів і випускання амортизаційних надувних балонів. Загальна маса системи порятунку становила

1247 фунтів (8 % порожньої маси), включно із системою порятунку в польоті масою 662 фунта (4,3 % порожньої маси).

Серед сучасних гелікоптерів тільки на Zefhir (рис. 12) італійської компанії Curti Aerospace забезпечується порятунок усіх пасажирів. У цьому випадку потрібен запас висоти, щонайменше 200 м. Над втулкою гвинта розміщений контейнер з аварійним парашутом. Якщо на гелікоптері не вдалося виконати кероване зниження, то вгору викидається на довгомутросі купол, що зменшує швидкість падіння до величини, коли конструкція вертольота передбачає безпечні навантаження для пасажирів і екіпажу.



Рис. 12. Системи порятунку на гелікоптері Zefhir

## **7. Аварійне приземлення кабіни вертольота, що рятується, на основних парашутах**

Для вертольота УН-1 було розроблено систему порятунку (рис. 13, 14), яка містила чотири 36-футові парашути для використання на висоті понад 100 футів та за умови швидкості польоту від нуля до 200 футів/с. Захист від ударів було забезпечено енергопоглинальним сидінням для десанту й екіпажу, а також установленими ударостійкими паливними елементами та стійкими до руйнування трубопроводами.

Маса системи на вертольоті УН-1 виявилася досить значною — 769 фунтів (система парашутів капсули становить до 16,4 % від маси порожнього вертольота). Система була складною для експлуатації і не набула подальшого розвитку. Маса аналогічної розробленої системи для вертольота АН-1 Cobra становила 420 фунтів. Кабіна може відстрілюватися шляхом відокремлення несучого гвинта, двигунів і пілонів. Таку систему було розроблено для вертольота УН-25В (рис. 15) та випробувано в березні-червні 1966 року. Проведено кілька наземних і польотних тестів [7].

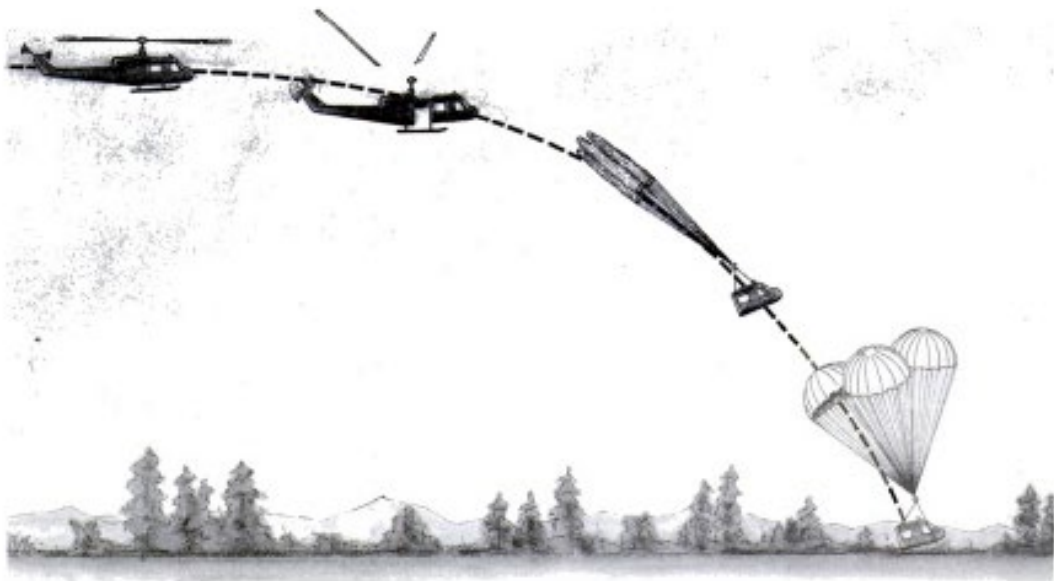


Рис. 13. Система порятунку на гелікоптері УН-1

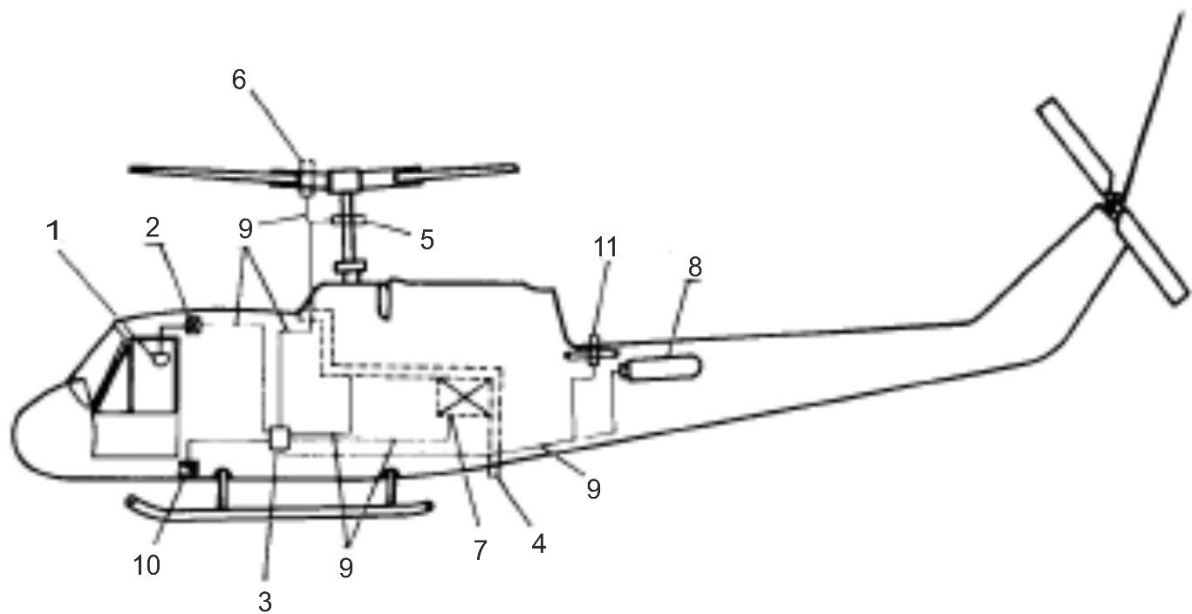


Рис. 14. Схема системи порятунку на гелікоптері УН-1:

- 1 — аварійний важіль пілотів; 2 — балістичний ініціатор і безпечний пристрій;
- 3 — розподільний колектор; 4 — пристрій для відокремлення кабіни від хвостової балки фюзеляжу; 5 — пристрій відокремлення трансмісійного вала; 6 — пристрій для відокремлення лопаті ротора та втулки; 7 — парашутний ініціатор (система UFOP);
- 8 — ракетні прискорювачі для відокремлення хвостової частини фюзеляжу;
- 9 — денотаційний шнур; 10 — балістичний пристрій для відокремлення гідравлічних трубок, кабелів керування й електропроводки;
- 11 — пристрій для відокремлення трансмісійного вала рульового гвинта



Рис. 15. Система порятунку на гелікоптері UH-25

Використовуючи застарілі безпілотні вертольоти UH-25B як випробувальні зразки, ВМФ США провели п'ять натурних випробувань капсульної системи евакуації з березня до червня 1966 року. Перед тим як вертоліт починає зниження, окремі частини, зокрема роторі лопаті, відокремлювалися від капсули, щоб парашути могли бути безпечно розкриті та використані для зниження.

Успішні випробування проводилися на висотах 74, 143 і 187 футів. У всіх випадках система порятунку з капсульним відокремленням успішно працювала. У такий спосіб було доведено технічну здійсненність концепції. Ранній аналіз, спонсорований ВМФ США, показав, що 90 % аварій у польоті сталися на висотах від 100 до 600 футів.

Маса вертольота з такою системою безпеки виявилася досить великою. Система була складною для масового впровадження та не набула подальшого розвитку. Сполучення системи керування механічним шляхом для забезпечення відокремлення рятувальної капсули виявилось складним.

У доповіді конгресу «In-Flight Escape Systems for Helicopters Should Be Developed» («Повітряні системи евакуації для вертольотів слід розробляти»), зазначено, що граничне перевищення маси рятувальної системи слід встановити на рівні 5 % додаткової маси [8].

В Україні проєкт вертольота поздовжньої схеми з відокремлюваною кабіною, оснащеною системою порятунку, було розроблено в Харкові В. А. Удовенком. Система керування цього проєкту виконувалася електродистанційно та забезпечувала швидкороз'ємне з'єднання системи капсули з проводкою системи керування до приводів автомата перекошу. Після відстрілювання кабіни, що рятується, за допомогою балістичного парашута здійснювалося безпечне зниження. Частина конструкції, що залишилася, знижувалася на власному парашуті для збереження безпеки в місцях зі значною концентрацією людей і над містами.

Проєкт Rumas-240, розроблений конструкторським бюро «Маслов-Юг», було представлено як пілотажний стенд на виставці Hellirussia-2009. Його варіант RUMas A-245 (рис. 16–18) було подано у вигляді макета на виставці МАКС-2009.



Рис. 16. Система порятунку на гелікоптері RUMas A-245

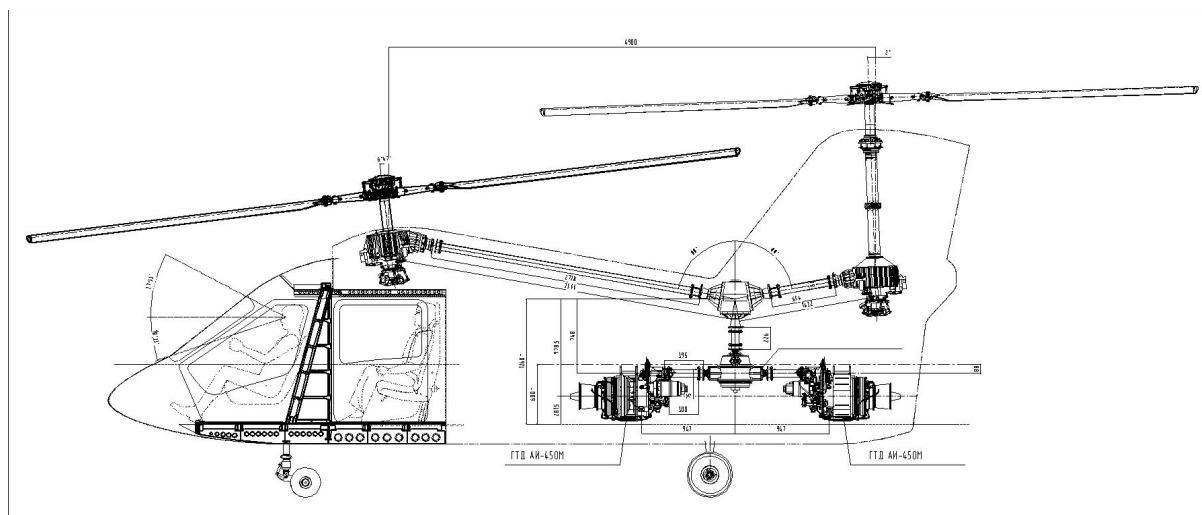


Рис. 17. Схема вертольота RUMas A-245



Рис. 18. Макет вертольота RUMas A-245 на МАКС-2009



У подальшій співпраці з компанією Quest Helicopter з Об'єднаних Арабських Еміратів було розроблено проєкт вертольота поздовжньої схеми з відокремлюваною кабіною AVQ (рис. 19). Макет вертольота AVQ та виготовлена для випробувань капсула, що відокремлюється, були успішно представлені на виставці в Дубаї – Dubai Air Show 2011 (рис. 20–23).



Рис. 19. Вертоліт AVQ



Рис. 20. Макет вертольота AVQ на Dubai Air Show 2011



Рис.21. Компонування капсули вертольота AVQ, що рятується, на Dubai Air Show 2011



Рис. 22. Рятувальна капсула вертольота AVQ встановлена на стенд наземного відпрацювання на Dubai Air Show 2011



Рис. 23. Рятувальна капсула вертольота AVQ із встановленими зверху прискорювачами на Dubai Air Show 2011



## Висновки

На сьогодні існують різні методи забезпечення безпеки екіпажу та пасажирів гвинтокрилого літального апарата. Основна мета полягає в розробленні надійного пристрою з мінімальною вартістю та масою для забезпечення мінімального впливу на економічну ефективність застосування.

У сучасному аерокосмічному виробництві важливе значення надається вдосконаленню систем безпеки, спрямованому на мінімізацію ризиків під час авіаційних подій. Розроблення та впровадження передових технологій у цьому напрямі дає змогу підвищувати рівень безпеки польотів.

Дослідження зосереджені на створенні інноваційних систем аварійного виходу, що передбачають безпеку екіпажу та пасажирів. Важливо збалансувати вартість і масу цих пристроїв, щоб забезпечити їх ефективне використання без значного зниження економічної продуктивності.

Науковці й інженери активно працюють над створенням нових технологій і матеріалів, які дають змогу розробляти компактні та легкі системи безпеки з високим рівнем захисту в разі непередбачуваних обставин.

Такий підхід допомагає зберегти безпеку польотів на високому рівні, зменшуючи вплив на економічні показники авіаційних підприємств. Такі інновації мають важливе значення для розвитку сучасної авіації та підвищення довіри до літальних апаратів усіх типів.

## Список літератури

1. Humenyuk, K. V. Pohliad iz mynulooho v maibutnie: bezpilotni litaiuchi drony yak element evakuatsii poranenykh u medychnii sluzhbi Zbroinykh syl Ukrainy [A look from the past to the future: unmanned aerial vehicles as an element of evacuation of the wounded people in the medical service of the Armed Forces of Ukraine]/ Horoshko V. R. // Specialized peer-reviewed scientific and practical journal: Emergency medicine. 2020. Vol. 16 (5). P. 22-27. DOI: 10.22141/2224-0586.16.5.2020.212220.
2. Industrial unmanned aerial vehicle DP-14 HAWK [Electronic resource]. URL: <https://www.aeroexpo.online/prod/dragonfly-pictures/product-181533-26559.html> (Last accessed: 17.10.2023).
3. Mi-4 [Електронний ресурс] // Вікіпедія: вільна енциклопедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96-4> (дата звернення: 17.10.2023).
4. Mock certification basis for an unmanned rotorcraft for precision agricultural spraying [Electronic resource]. URL: <https://shemesh.larc.nasa.gov/people/jmm/NASA-TM-2015-218979.pdf> (Last accessed: 17.10.2024).
5. Ejection Seat Alternative: The Yankee Escape System [Electronic resource]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=8Yw8g1Soigk>. (Last accessed: 17.10.2023).
6. Sikorsky S-72 Rotor Systems Research Aircraft (RSRA) [Electronic resource]. URL: [https://www.sikorskyarchives.com/S-72%20\(RSRA\)%20F.php](https://www.sikorskyarchives.com/S-72%20(RSRA)%20F.php) (Last accessed: 17.10.2023).
7. Helo-Jo: The Helicopter Escape System (Silent) [Electronic resource]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6T7S3WMUhgk> (17.10.2023).
8. In-Flight Escape Systems For Helicopters Should Be Developed To Prevent Fatalities. Report To The Congress [Electronic resource]. URL: <https://www.gao.gov/assets/b-177166.pdf> (Last accessed: 17.10.2023).

## References

1. Humenyuk, K. V. Pohliad iz mynuloho v maibutnie: bezpilotni litaiuchi drony yak element evakuatsii poranenykh u medychnii sluzhbi Zbroinykh syl Ukrainy [A look from the past to the future: unmanned aerial vehicles as an element of evacuation of the wounded people in the medical service of the Armed Forces of Ukraine]/ Horoshko V. R. // Specialized peer-reviewed scientific and practical journal: Emergency medicine. 2020. Vol. 16 (5). R. 22-27. DOI: 10.22141/2224-0586.16.5.2020.212220.
2. Industrial unmanned aerial vehicle DP-14 HAWK [Electronic resource]. URL: <https://www.aeroexpo.online/prod/dragonfly-pictures/product-181533-26559.html> (Last accessed: 17.10.2023).
3. Mi-4 [Elektronnyi resurs] // Vikipediia: vilna entsyklopediia. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96-4> (data zvernennia: 17.10.2023).
4. Mock certification basis for an unmanned rotorcraft for precision agricultural spraying [Electronic resource]. URL: <https://shemesh.larc.nasa.gov/people/jmm/NASA-TM-2015-218979.pdf> (Last accessed: 17.10.2024).
5. Ejection Seat Alternative: The Yankee Escape System [Electronic resource]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=8Yw8g1Soigk>. (Last accessed: 17.10.2023).
6. Sikorsky S-72 Rotor Systems Research Aircraft (RSRA) [Electronic resource]. URL: [https://www.sikorskyarchives.com/S-72%20\(RSRA\)%20F.php](https://www.sikorskyarchives.com/S-72%20(RSRA)%20F.php) (Last accessed: 17.10.2023).
7. Helo-Jo: The Helicopter Escape System (Silent) [Electronic resource]. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=6T7S3WMUhgk> (17.10.2023).
8. In-Flight Escape Systems For Helicopters Should Be Developed To Prevent Fatalities. Report To The Congress [Electronic resource]. URL: <https://www.gao.gov/assets/b-177166.pdf> (Last accessed: 17.10.2023).

Надійшла до редакції 21.12.2023, розглянута на редколегії 25.12.2023

## Development of emergency rescue equipment for helicopter crew

The subject of the research of this article is the study of the methods used to ensure the rescue of helicopter crews in emergency situations. The purpose of the study is to analyze the advantages and disadvantages of the developed variants of emergency equipment for helicopters. In the process of research, an analysis of modern developments aimed at ensuring the rescue of crews in cases of accidents was carried out. In particular, technologies that help reduce the risk of damage and improve the survival conditions of the crew after a helicopter accident have been considered. The tasks of the research include the analysis of existing rescue systems, the determination of the efficiency of their functioning and the possibilities of their further improvement. Scientific novelty consists in a systematic approach to the analysis of existing developments and the determination of promising directions for further research in the field of safety of helicopter crews. This approach to the study of emergency rescue in the helicopter industry is aimed at the development of technologies that ensure a high level of safety for crews during emergency situations. Alternative approaches to the development of emergency equipment for helicopters have been also considered. Special attention was paid to innovative approaches to the development of emergency equipment. Such a comprehensive approach makes research unique and relevant in the context of modern challenges in aviation security.

The obtained results indicate the need for further research in the field of helicopter crew safety. During the research, it was found that the existing technologies for the rescue of helicopter crews have their limitations and require further improvements. One of the areas of improvement is the improvement of emergency exit systems and automation of rescue processes. New integrated systems can speed up the response to emergency situations and ensure a quick and safe process for the crew to exit the helicopter. Therefore, the application of the latest technologies in the field of helicopter emergency rescue will make it possible to improve the general standard of safety for crews. New developments are aimed not only at preventing accidents, but also at ensuring the effective and safe exit of the crew in case of unforeseen circumstances. This approach makes the research more complete and comprehensive, taking into account the modern requirements and opportunities of technological development in the field of safety of helicopter operations.

**Key words:** helicopter, emergency situation, ejection, loading, parachute.

#### **Відомості про авторів:**

**Гуменний Андрій Михайлович** – канд. техн. наук, доц., проректор з науково-педагогічної роботи, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна. a.gumennyi@khai.edu, ORCID: 0000-0003-1020-6304, Scopus Author ID: 57219051542

**Джафаров Руфат** – аспірант кафедри проектування літаків та вертольотів, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна. rufatjafarov2002@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5063-7681.

**Кривобок Олександр Іванович** – ст. викл. каф. проектування літаків та вертольотів, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна. o.kryvobok@khai.edu.

**Лоленко Андрей Владимирович** – ст. викл. каф. проектування літаків та вертольотів, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна. alolenko66@gmail.com.

**Столярчук Ольга Михайлівна** – аспірант кафедри проектування літаків та вертольотів, Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна. o.stoliarchuk@khai.edu, ORCID: 0000-0002-6851-6949.

#### **About the Authors**

**Andrii Humennyi** – PhD, Associate Professor, Vice-Rector for Scientific and Pedagogical Work, National Aerospace University «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: a.gumennyi@khai.edu, ORCID: 0000-0003-1020-6304, Scopus Author ID: 57219051542.

**Rufat Jafarov** – PhD-student of Aircraft Designing Department, National aerospace university «Kharkiv aviation institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: rufatjafarov2002@gmail.com, ORCID: 0009-0000-5063-7681.

**Oleksandr Kryvobok** – Assistant Professor, of Aircraft Designing Department, National aerospace university «Kharkiv aviation institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: [o.kryvobok@khai.edu](mailto:o.kryvobok@khai.edu).

**Andrii Lolenko** – Assistant Professor, of Aircraft Designing Department, National aerospace university «Kharkiv aviation institute», Kharkiv, Ukraine,

e-mail: alolenko66@gmail.com.

**Olha Stoliarchuk** – PhD-student of Aircraft Designing Department, National aerospace university «Kharkiv aviation institute», Kharkiv, Ukraine,

e-mail: [o.stoliarchuk@khai.edu](mailto:o.stoliarchuk@khai.edu), ORCID: 0000-0002-6851-6949.