

Аналіз проблем забезпечення безпеки льотної експлуатації вертольотів при транспортуванні вантажів на зовнішній підвісці

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

Виконано огляд видів застосування зовнішньої тросової підвіски вантажів на вертольотах. Доповнено існуючу класифікацію вантажів, що перевозяться на зовнішній підвісці вертольота. Проведено аналіз авіаційних подій та інцидентів при транспортуванні вертольотами вантажів на зовнішній підвісці.

Ключові слова: вертоліт, вантаж на зовнішній підвісці, безпека льотної експлуатації.

Актуальність. У теперішній час використання вертольотів для повітряних перевезень вантажів і авіаційних робіт із застосуванням зовнішньої підвіски (ЗП) довело на практиці свою ефективність. Однак і сьогодні перед розробниками і експлуатантами вертольотів стоїть завдання неухильного забезпечення необхідного рівня безпеки польотів (БП).

Для забезпечення БП і високої ефективності повітряних перевезень і авіаційних робіт з вантажем на ЗП бажано, щоб діапазон допустимих швидкостей польоту вертольота був якомога ширше або, принаймні, був заздалегідь відомим. Обмеження цього діапазону швидкостей багато в чому визначається динамікою вантажу на ЗП і його впливом на вертоліт. В деяких випадках транспортування вантажу може виявитися небезпечним або взагалі нездійсненним, наприклад, через небезпечне розгойдування вантажу, вичерпання запасів керування вертольотом, перевищення допустимих навантажень на систему ЗП і т.п. У зв'язку з цим велике значення має можливість прогнозування динаміки вантажу з метою визначення безпечних режимів його транспортування на ЗП вертольота.

У цій роботі наведено аналіз проблем застосування вертольотів для транспортування вантажів на ЗП, на основі якого подано обґрунтування необхідності розроблення теоретичних методів визначення безпечних режимів транспортування вантажів на ЗП вертольота.

Види застосування зовнішньої тросової підвіски вантажів на вертольотах. Всі завдання, які вирішують із застосуванням ЗП вертольотів, як і цивільної авіації (ЦА) взагалі, згідно Повітряного кодексу України [1], поділяють на два класи: повітряні перевезення і авіаційні роботи.

Відомо, що за інших рівних умов енергетичні витрати на виконання повітряних перевезень (транспортних операцій) у вертольота більше, ніж у літака [2]. Тому зазвичай вертольоти при вирішенні даних завдань виявляються менш ефективними, ніж літаки. Однак за наявності певних обмежень транспортування вантажів вертольотами може виявитися ефективніше, а в деяких випадках це може бути єдиним можливим способом доставити вантаж за прийнятний час і плату.

До числа авіаційних робіт, які виконуються вертольотами з вантажем на ЗП, можна віднести роботи щодо оброблення з повітря сільгоспугідь отрутохімікатами, боротьби з розливами нафти і нафтопродуктів, з гасіння пожеж, аварійно-рятувальні операції, авіаційні будівельно-монтажні роботи (АБМР) [3].

Номенклатура вантажів, що транспортуються на ЗП вертольотів, є надзвичайно широкою. Основна частина таких вантажів пов'язана з будівництвом: труби

(рис.1, а), лісоматеріали, опори ліній електропередач, рейки, вантажні піддони, будівельні панелі, будиночки, машини, спеціалізовані контейнери для малогабаритних вантажів і ін.

При виконанні авіаційних робіт на ЗП вертольота часто розміщують спеціально розроблені пристрої. Наприклад, вертолітний обприскувач підвісний ВОП-3, призначений для обприскування диспергентами і біопрепаратами ділянок, забруднених нафтопродуктами (рис. 1, б).

Для гасіння пожеж використовують вертолітні водозливні пристрої різної ємності. ВЗП-5А (рис. 1, в) має максимальну ємність $4,5 \text{ м}^3$ і застосовується на ЗП вертольоті Мі-8. Ємність ВЗП-15 (рис. 2) становить відповідно 15 м^3 . Цей пристрій використовують на вертольоті Мі-26.



а)



б)



в)

Рис.1. Транспортування на ЗП вертольотом Мі-8: а) зв'язки труб, б) обприскувача ВОП-3, в) ВЗП-5А

Аварійно-рятувальні операції на воді при локалізації розливів нафтопродуктів здійснюються за допомогою універсальних аеромобільних комплексів (рис.3). АБМР складають окремих великий клас авіаційних робіт з використанням ЗП вертольотів. Основними видами АБМР є [3]: вільний монтаж (рис.4) і демонтаж конструкцій, монтаж конструкцій способом повороту, виконання робіт із гнучкими елементами (наприклад, розкочування проводів при монтажі ЛЕП).



Рис. 2. Скидання води з ВЗП-15 на ЗП вертольота Мі-26



Рис. 3. Універсальний аеромобільний комплекс



Рис. 4. Установка секції телевізійної вежі способом вільного монтажу

Для здійснення транспортування вантажів і авіаційних робіт із застосуванням ЗП вертольотів необхідні спеціальні технічні засоби, які об'єднуються в системі ЗП вантажів. Їх класифікують за характером підвіски і кількості точок кріплення до вертольота [3].

Характер підвіски визначається можливістю зміни довжини троса в польоті з підвішеним вантажем, тобто можливістю лебідки, встановленої на вертольоті, підтягувати чи опускати вантаж. Якщо така можливість є, то система підвіски називається силовою, якщо ні – то несиловою. Несилова система ЗП відрізняється конструктивною простотою і малою масою. Кількість точок кріплення системи ЗП вантажу до вертольота може бути різною. У роботі [3] розглянуті системи ЗП вантажу з кількістю точок від однієї до чотирьох. Збільшення кількості точок підвіски пов'язано з бажанням підвищити стійкість і керованість системи «вертоліт - вантаж». Однак це призводить до конструктивної складності системи ЗП, зростання її маси, необхідності забезпечити надійну синхронізацію роботи замків кріплення тросів до вертольота при аварійному скиданні вантажу.

У зв'язку з цим на вертольотах у цей час найбільшого поширення набула несилова одноточкова підвіска. При такій підвісці точка кріплення троса на вертольоті розташовується зазвичай всередині вантажної кабіни, а трос пропущено через люк в її підлозі (рис. 5).

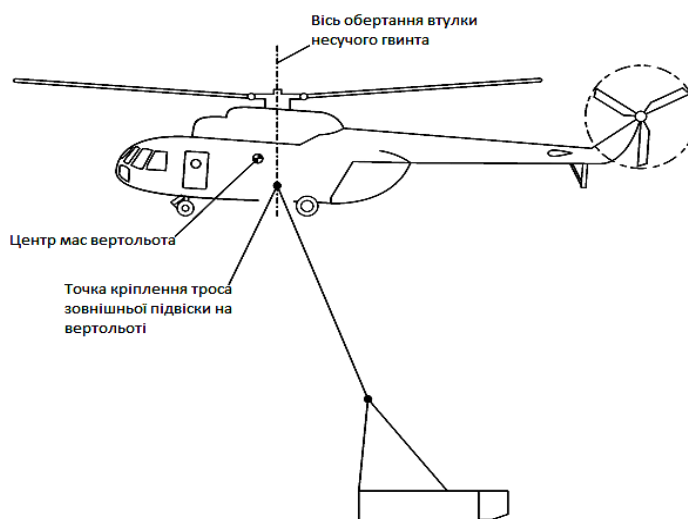


Рис.5. Місце кріплення троса одноточкової зовнішньої підвіски на вертольоті

Як видно з рис. 5, точка кріплення троса зазвичай розташовується на лінії, що збігається з віссю обертання втулки несучого гвинта. При цьому в загальному випадку центр мас вертольота не буде перебувати на цій лінії і, тим більше, не буде збігатися з точкою кріплення троса. Ця обставина призводить до виникнення паразитних моментів від сили натягу троса, що діють на вертоліт і ускладнюють його керованість. Для зменшення впливу паразитних моментів використовують так звану безмоментну підвіску [3]. Однак така система підвіски має значно більшу масу і, розташовуючись поза кабіною вертольота, створює підвищений аеродинамічний опір при транспортуванні вантажу. Тому в роботі розглянуто тільки одноточкову несилу підвіску.

Класифікація вантажів, що перевозяться на ЗП вертольота. Спроби класифікації вантажів, що перевозяться на ЗП вертольотів, робилися раніше багатьма авторами, наприклад в роботах [3 – 5]. Якщо узагальнити наявну інформацію, то можна виділити такі відомі групи класифікаційних ознак вантажу:

- ◆ форма;
- ◆ масово-геометричні параметри;
- ◆ стійкість при транспортуванні.

За **формою** вантажів існує безліч ознак, за якими робиться класифікація:

- подовження вантажу (в роботі [3] подовження вантажу пропонується обчислювати як відношення довжини вантажу до максимальної площі його поперечного перерізу, тобто в цьому випадку подовження є розмірною величиною);
- габаритні розміри вантажу;
- наявність протоки у вантажі для набігаючого потоку повітря (є у труб, вантажів у сітках, ґратчастих кошиків з вантажами і т.п.);
- змінність форми в польоті;
- обтічність.

До **масово-геометричних** ознак вантажів відносять:

- масу;
- об'ємну щільність;
- поверхневу щільність;
- рівномірність розподілу маси за обсягом;
- змінність положення центру мас за об'ємом.

За **стійкістю** вантажі розділяють на стійкі і нестійкі. Стійкими відповідно до [3] і [4] вважають вантажі, які «не входять до розгойдування в усьому експлуатаційному діапазоні швидкостей польоту вертольота». Тут необхідно зробити зауваження про те, що зазвичай експлуатаційний діапазон швидкостей польоту вертольота ширше, ніж діапазон швидкостей, в якому дозволено транспортування вантажів на ЗП.

Пропонується доповнити перелік класифікаційних ознак вантажів.

По-перше, необхідно ввести ознаку вітрильності вантажу. Більшість дослідників поняттю вітрильність вантажу надають чисто якісний характер. Є, однак, робота В. А. Подобеда, присвячена динаміці порталного крана [6], де пропонується вітрильність вантажу, що переноситься краном, оцінювати кількісно за допомогою коефіцієнта вітрильності, який являє собою «відношення навітряної площі вантажу до його ваги». Але, як показали дослідження динаміки вертольота і вантажу на його ЗП, кількісно оцінювати вітрильність вантажу методично правильніше за допомогою коефіцієнта, що нагадує за своєю фізичною суттю і структурою балістичний коефіцієнт, який використовується у зовнішній балістиці [7]:

$$c = \frac{c_{x\text{ван}} S_{\text{ван}}}{m_{\text{ван}}}$$

де $c_{x\text{ван}}$ – коефіцієнт поздовжньої аеродинамічної сили вантажу;

$S_{\text{ван}}$ – характерна площа вантажу;

$m_{\text{ван}}$ – маса вантажу.

При цьому за вітрильністю вантажі можна розділити на такі:

- **вітрильні**, $c \geq 0,02 \text{ м}^2/\text{кг}$;
- **середньої вітрильності**, $0,005 \leq c < 0,02 \text{ (м}^2/\text{кг)}$;
- **невітрильні**, $c < 0,005 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Як приклад вітрильного вантажу можна навести пусте ВЗП-15 ($c=0,0233 \text{ м}^2/\text{кг}$). Цей ж пристрій, заповнений водою, буде вже невітрильним вантажем ($c=0,0005 \text{ м}^2/\text{кг}$). До вантажів середньої вітрильності можна віднести порожній вертолітний контейнер швидкого реагування (ВКШР) (рис. 6), що використовують,

наприклад, для транспортування бонових загороджень до місць аварійного розливу нафтопродуктів ($c = 0,0075 \text{ м}^2/\text{кг}$).

По-друге, велике значення для динамічної стійкості вантажу має наявність у нього осьової симетрії щодо осі, що проходить через точку підвісу ЗП на вертольоті. Якщо вісь симетрії у вантажу є, центр мас вантажу знаходиться на цій осі і вантаж розташований на ЗП таким чином, що ця вісь проходить через точку підвісу ВП на вертольоті або близька до цього, то такий вантаж назвемо **вісесиметричним**. Якщо при цьому використовується ЗП з центральним тросом, то вісь симетрії вантажу буде збігатися з віссю троса. **Невісесиметричними** будемо називати вантаж, у якого немає осьової симетрії, центр мас його знаходиться не на осі симетрії або його вісь симетрії значно відхилена від точки підвісу ЗП на вертольоті. Як приклади вісесиметричних вантажів можна навести секції зерносховищ (рис. 7), ВЗП, ВОП-3 і т.п. Прикладами невісесиметричних вантажів можуть служити в'язки труб (рис.1, а), універсальний аеромобільний комплекс (рис. 3), ВКШР (рис.6) і т.п.



Рис. 6. Вертолітний контейнер швидкого реагування на ЗП вертольота Мі-8



Рис. 7. Секція зерносховища на ЗП вертольота Мі-26

На рис. 8 показана блок-схема, яка ілюструє наведену вище класифікацію вантажів.

Аналіз авіаційних подій та інцидентів при транспортуванні вертольотами вантажів на зовнішній підвісці. Незважаючи на численні дослідження і заходи, спрямовані на підвищення БП, аварійність вертольотів у цивільній авіації СНД залишається високою [8].

Причини АП зазвичай ділять на три групи [9, 10]:

- помилкові дії членів екіпажу (людський фактор);
- відмови авіаційної техніки;
- вплив зовнішніх чинників (потрапляння в нерозраховані умови експлуатації).

Це так звані несприятливі чинники, які призводять до виникнення особливих ситуацій (ОС). ОС ділять на катастрофічні, аварійні, складні і ускладнення умов польоту [11]. ОС є джерелом авіаційних подій (АП) та авіаційних інцидентів (АІ).

На частку людського фактора доводиться, як правило, близько 70% АП. АП, пов'язані з відмовами авіаційної техніки, становлять близько 20%, а з нерозрахованими умовами експлуатації – відповідно 10% [12].

Основну частку серед причин АП з вертольотами, що стосуються людського фактору, становлять різного роду недоліки в роботі екіпажів [13], а саме:

- ◆ порушення встановлених правил виконання польотів;

- ◆ неадекватне прийняття рішень щодо виходу з ОС, яка виникає;
- ◆ допущення помилок у техніці пілотування;
- ◆ порушення технології робіт у польоті і відсутність належної взаємодії в екіпажі;
- ◆ неправильна експлуатація авіаційної техніки в польоті;
- ◆ порушення вимог документації, що регламентує льотну діяльність;
- ◆ невміння екіпажу правильно вибрати з повітря посадковий майданчик.

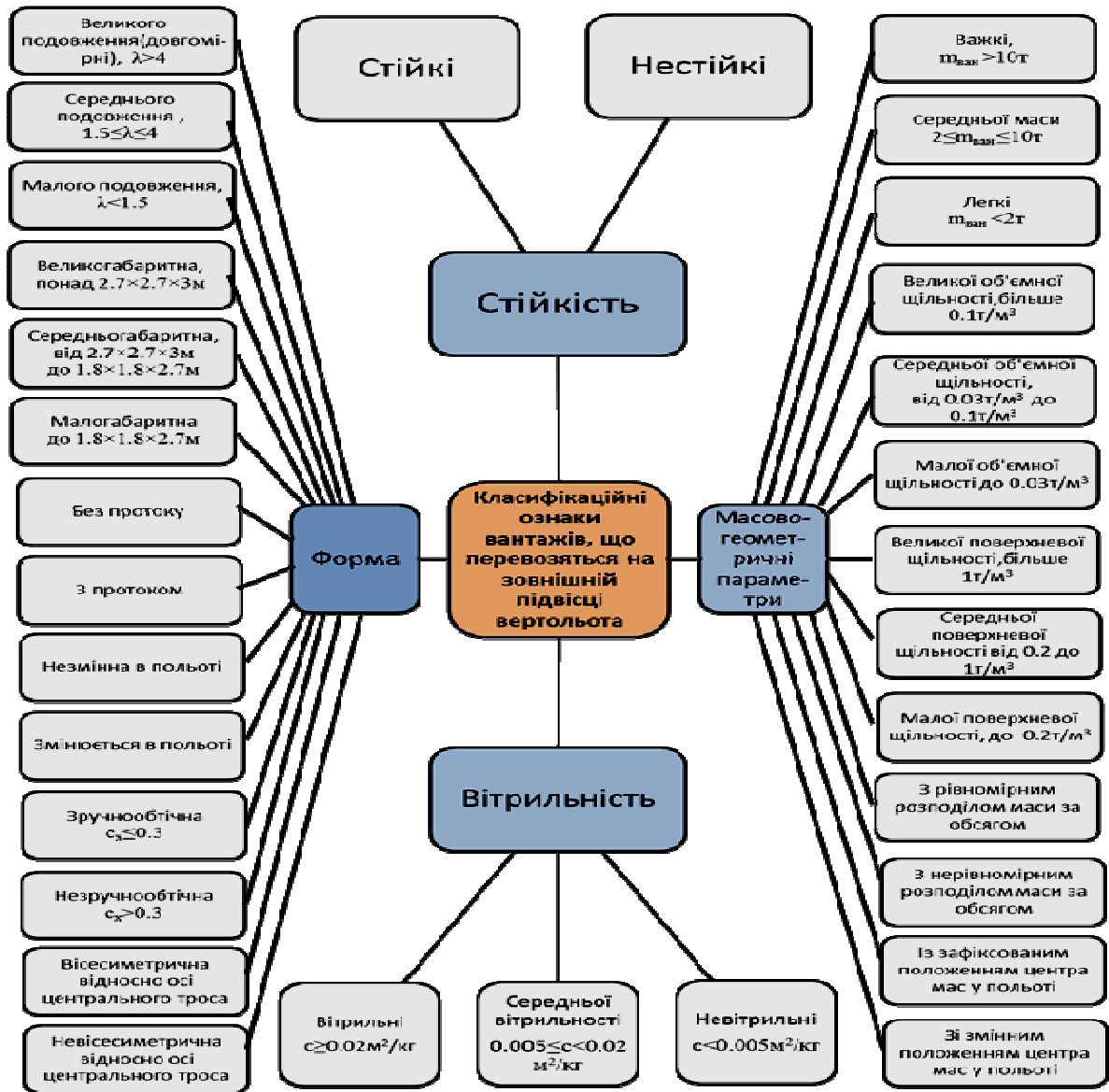


Рис. 8. Класифікація вантажів, що перевозяться на зовнішній підвісці вертольота

Близько 10% АП обумовлено помилками персоналу, який обслуговує польоти. Тут маються на увазі помилки працівників системи керування повітряним рухом, аеродромних служб та ін.

На БП істотно впливають відмови авіаційної техніки. Близько половини всіх АІ пов'язані саме з відмовами [13 – 15]. Відмови авіаційної техніки виникають в ос-

новному внаслідок конструктивно-виробничих недоліків і неякісного технічного обслуговування і ремонту ЛА.

На БП також сильно позначається потрапляння ЛА в нерозрахункові умови експлуатації з причин, не пов'язаних з людським фактором і з відмовами техніки. Для цивільних ЛА нерозрахунковими умовами експлуатації можуть бути, наприклад [10, 16]:

- ◆ перевищення експлуатаційного перевантаження (через вплив підвищення атмосферної турбулентності, рух по нерівній злітно-посадковій смузі або посадковому майданчику);
- ◆ різке непрогнозоване погіршення метеорологічних умов до рівня, при якому експлуатацію такого типу ЛА заборонено (зливові опади, снігопад, туман);
- ◆ зіткнення з птахами, вплив граду, вплив розрядів атмосферної електрики;
- ◆ експлуатація за наявності накопичених пошкоджень конструкції (втомних, корозійних, а також викликаних тертям у рухливих з'єднаннях, деструкцією неметалічних матеріалів).

Зовнішня тросова підвіска є додатковим джерелом ОС. Далі йде опис деяких АП і АІ з вертольотами, які транспортували вантажі на ЗП [8, 13-15, 17].

30.08.2001 удень, в простих метеоумовах сталася катастрофа вертольота Мі-8МТВ-1 RA-22969, екіпаж якого «виконував транспортно-зв'язкові польоти з метою перевезення вантажів на зовнішній підвісці. Транспортування вантажів на зовнішній підвісці здійснювалося зі застосуванням двох десятиметрових тросів, з'єднаних між собою. Загальна довжина підвіски з урахуванням «павука» і строп становила близько 30 м. В останньому польоті з'явилося розгойдування вантажу (пакета пиломатеріалів), яку екіпажу не вдалося припинити, і вантаж із тросом зовнішньої підвіски був скинутий примусово». Надалі через неузгоджені дії екіпажу відбулося потрапляння троса ЗП в несучий та рульовий гвинти з подальшим їх руйнуванням і падінням вертольота.

За попередньою версією, після скидання води кріпильний трос ємності, яка звільнилася від води, намотався на рульовий гвинт вертольота. В результаті машина завалилася на землю і повністю згоріла.

03.05.2003 у Читинській області сталася катастрофа вертольота Мі-26Т RA-06075. Здійснювалося гасіння лісової пожежі із застосуванням водозливного пристрою на ЗП. Після скидання води і розгону вертольота в горизонтальному польоті відбулося потрапляння стропи водозливного пристрою в рульовий гвинт вертольота, що призвело до його руйнування. В результаті цього вертоліт втратив управління і зіткнувся з землею.

09.10.2009 відбулася аварія Мі-8Т RA-24273 АК «Ютейр». У процесі виконання польоту з вантажем на ЗП, при підльоті до пункту посадки вертоліт потрапив у непрогнозований туман і низьку хмарність. При виконанні розвороту в умовах поганої видимості, через нескоординовані дії льотчика, виникло небезпечне розгойдування вантажу. Вантаж був скинутий, але вертоліт при гальмуванні і зниженні потрапив у режим «вихрового кільця», після чого екіпаж виконав вимушену посадку на ліс.

09.05.2012 відбувся АІ з вертольотом Мі-8Т RA-25139 АК «Ютейр»: «Виконувався політ з перевезення на ЗП вантажу вагою 1600 кг, що являв собою довгомірну металеву корзину з буровим обладнанням у вигляді двох труб, встановлених на ложементів і пристебнутих фіксатором безпосередньо до кошика <...> Після зльоту, в наборі висоти, стався відрив вантажу із зовнішньої підвіски. При огляді

зовнішньої підвіски в ході розслідування інциденту виявлено обрив однієї з вушок кошика, за які проводилося її підчеплення».

21.05.2012 відбувся АІ з Мі-8АМТ RA-22215 АК «Ютейр»: «У горизонтальному польоті на висоті 200 метрів і швидкості 130 км / год, при перевезенні на зовнішній підвісці вантажу (зв'язка труб) вагою 2800 кг, стався обрив вушкового наконечника троса подовжувача <...> зовнішньої підвіски <...> Розслідування інциденту триває ».

Найбільш повний і детальний аналіз функціонування системи «вертоліт – екіпаж – вантаж на ЗП» в умовах впливу несприятливих чинників представлений в роботах [3 , 18].

На основі зібраних даних можна скласти такий розподіл ОС по групах несприятливих чинників (рис.9):

- ◆ людський фактор – 55%;
- ◆ відмови авіаційної техніки (у тому числі систем ЗП вантажу) – 33%;
- ◆ нерозрахункові умови експлуатації – 8%;
- ◆ невстановлені причини – 4%.



Рис. 9. Розподіл ОС по групах несприятливих чинників

З 55% ОС, пов'язаних з людським фактором, 23% – це помилки екіпажу, які можна розділити на:

- ◆ помилки пілотування і неправильні рішення, прийняті в польоті;
- ◆ свідомі порушення правил виконання польотів.

Наявність вантажу на ЗП призводить до ускладнення техніки пілотування вертольота, що висуває підвищені вимоги до кваліфікації членів екіпажу. Для вертольотів із вантажем на ЗП додатковим джерелом АП і АІ є помилки допоміжного персоналу при підготовці вантажу, найбільш характерними з яких є [3]:

- ◆ застосування несправних вантажозахоплювальних пристроїв, технічних засобів, тросів і стропувальних елементів;
- ◆ порушення правил і схем стропування вантажу, що перевозився на ЗП вертольота;
- ◆ невиконання вимог Проекту виконання робіт зі зважування вантажу перед початком робіт.

Серед відмов техніки при виконанні авіаційних робіт і повітряних перевезень вантажів на ЗП найбільш частими причинами ОС є [3]:

- ◆ відмови силової установки (14%);
- ◆ відмови системи керування (3%);
- ◆ відмови повітряних гвинтів (1%);
- ◆ відмови функціональних систем вертольота (1%);
- ◆ відмови систем ЗП (14%).

До відмов систем ЗП можна віднести такі:

- ◆ відмови замків підвіски (мимовільне розкриття або нерозкриття в потрібний момент);
- ◆ обриви тросів;
- ◆ виходи з ладу засобів стабілізації вантажу.

Мимовільне розкриття замка підвіски і обрив троса не тільки можуть призвести до втрати вантажу, але й стати причиною аварії або навіть катастрофи вертольота. По-перше, в таких випадках відбувається різка зміна діючого перевантаження через те, що з'являється істотна різниця між силою тяги НВ і вагою вертольота. Будь-який вертоліт має обмеження за чинним перевантаженням, яке може бути у даному випадку перевищено. По-друге, трос, що обірвався під дією своєї пружності може підскочити вгору і потрапити в НВ або в РВ, пошкодити скління літара кабіни пілотів, завдавши їм травми.

Нерозкриття замка ЗП у потрібний момент також може мати тяжкі наслідки, привівши, наприклад, до неможливості провести аварійне скидання вантажу.

Вихід із ладу засобів стабілізації при транспортуванні вантажу на великій швидкості може викликати його прогресуюче розгойдування, що при неможливості погасити коливання, які виникають, потребує аварійного скидання вантажу.

Вплив зовнішнього середовища також сильно позначається на БП вертольотів із вантажем на ЗП. До несприятливих умов зовнішнього середовища, що створює загрозу безпеці, відносяться: інтенсивна турбулентність атмосфери; обмерзання вертольота; атмосферні опади; наявність скупчень птахів; атмосферні температурні аномалії; наявність вихрових слідів від повітряних суден, які раніше пролетіли. Всі ці чинники роблять дуже різноманітним за своїми наслідками вплив на вертоліт і вантаж на ЗП. Наприклад, інтенсивна турбулентність атмосфери призводить до взаємного переміщення вертольота і вантажу, яке, як правило, являє собою коливальний процес.

До нерозрахованих умов експлуатації вертольотів із вантажем на ЗП можна також віднести розгойдування вантажу при виникненні його автоколивань, що може призвести до перевищення допустимих навантажень на систему ЗП, зіткнення вантажу з елементами конструкції вертольота, ускладнення умов пілотування вертольота. На рис.10 показано блок-схему, що узагальнює проведений аналіз, на підставі якого можна зробити висновок, що наявність ЗП є додатковим джерелом ОС.

Висновки

1. Виконано огляд видів використання зовнішньої тросової підвіски вантажів на вертольотах. Відзначається, що за допомогою ЗП вантажів на вертольотах виконують як повітряні перевезення, так і авіаційні роботи. За певних умов це може виявитися вигідніше, ніж використання для тих же цілей літаків. Найчастіше використовується одноточкова несилова ЗП.

2. Доповнено існуючу класифікацію вантажів, що перевозяться на ЗП вертольота. Запропоновано класифікацію вантажів по осьовій симетричності щодо

осі, що проходить через точку підвісу ЗП на вертольоті, а також за вітрильністю з використанням кількісного показника – балістичного коефіцієнта вантажу.



Рис.10. Несприятливі чинники при виконанні польотів із вантажем на ЗП

3. Проведено аналіз АП і АІ при транспортуванні вертольотами вантажів на ЗП, в результаті якого показано, що ЗП є додатковим джерелом ОС. АП і АІ з вертольотами, які транспортували вантажі на ЗП, відбувалися в минулому і продовжують відбуватися у теперішній час. Це пов'язано з такими несприятливими чинниками як відмови техніки, нерозраховані умови експлуатації і людський фактор. Причому до числа нерозрахованих умов експлуатації на думку авторів слід додати автоколивання вантажу на ЗП, які можуть виникати в процесі його транспортування.

4. Проведений аналіз дає можливість перейти до формулювання умов безпеки транспортування вантажів на ЗП і розроблення теоретичного методу, який дозволяє визначити безпечні режими польоту вертольота з вантажем на ЗП. Це дасть можливість зменшити обсяг льотних випробувань, таким чином заощадити час і засоби при створенні нових пристосувань, що перевозять вантажі, які раніше не транспортувалися на ЗП, а також створення засобів стабілізації вантажів.

Список літератури

1. Повітряний кодекс України: Закон від 19.05.2011// Відомості Верховної Ради України. – 2011.– № 48 –49.
2. Юрьев, Б. Н. Аэродинамический расчет вертолетов [Текст] / Б. Н. Юрьев. – М.: Оборонгиз, 1956. – 560 с.
3. Козловский, В. Б. Вертолет с грузом на внешней подвеске / В. Б. Козловский, С. А. Паршенцев, В. В. Ефимов; под ред. В. Б. Козловского. - М.: Машиностроение / Машиностроение-Полет, 2008. – 304 с.
4. Атлас характеристик грузов, перевозимых вертолетами на внешней подвеске [Текст]: отчет о НИР «Разработать атлас грузов, транспортируемых на внешней подвеске вертолетов» (заключительный) / ГосНИИГА, Рижский экспериментальный центр; рук. Логинов В. К. – Рига, 1989. - 91 с. – № 04-044-681, Книга 1.
5. Володко, А. М. Вертолет в усложненных условиях эксплуатации [Текст]: учебно-метод. пособие / А. М. Володко. – М.: КДУ, 2007. – 232 с.
6. Подобед, В. А. Теоретические исследования основных показателей работы порталного крана «Альбрехт» при динамическом воздействии ветра [Текст] / В. А. Подобед // Вестник Мурманского государственного технического университета. – 2006. – № 3, Т. 9 – С. 522 - 530.
7. Безпека авіації / В.П. Бабак, В.П. Марченко, В.О. Максимов та ін.; за ред. В.П. Бабака. – К.: Техніка, 2004. – 584 с.
8. Состояние безопасности полетов в ГА государств – участников соглашения о ГА и об использовании воздушного пространства за 20-летний период [Электронный ресурс]: доклад МАК. – Режим доступа: http://www.mak.ru/russian/info/doclad_bp/2011/bp11-3.pdf
9. Руководство по предотвращению авиационных происшествий. Doc 9422-AN/923: утв. Генер. секретарем и публикуется с его санкции // Международная организация гражданской авиации (ИКАО). – Издание первое, 1984. – 150 с.
10. Володко, А. М. Вертолет в особой ситуации [Текст] / А. М. Володко. - М.: Транспорт, 1992. - 262 с.
11. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории [Текст]: утв. Постановлением 23-ей сессии Совета по авиации и использованию воздушного пространства 5 сентября 2003 года. – М.: ОАО «Авиаиздат», 2004. – 237 с.
12. Анцелиович, Л. Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета [Текст] / Л. Л. Анцелиович. – М.: Машиностроение, 1985. – 296 с.
13. Состояние безопасности полетов в ГА государств-участников соглашения о ГА и об использовании воздушного пространства в 2009 году [Электронный ресурс]: доклад МАК // Комиссия по расследованию авиационных происшествий МАК, - Февраль 2010 г. - Режим доступа: http://www.mak.ru/russian/info/doclad_bp/2009/files/bp09.pdf
14. Состояние безопасности полетов в ГА государств-участников соглашения о ГА и об использовании воздушного пространства в 2010 году [Электронный ресурс]: доклад МАК // Комиссия по расследованию авиационных происшествий МАК, Февраль 2011 г. - Режим доступа: http://www.mak.ru/russian/info/doclad_bp/2010/bp10.pdf
15. Состояние безопасности полетов в ГА государств-участников соглашения о ГА и об использовании воздушного пространства в 2011 году [Электронный ресурс]: доклад МАК // Комиссия по расследованию авиационных происшествий МАК. - Февраль 2012 г. - Режим доступа: <http://www.mak.ru/>

[russian/info/doclad_bp/2011/bp11-2.pdf](http://www.mak.ru/russian/info/doclad_bp/2011/bp11-2.pdf)

16. Арепьев, А. Н. Вопросы эксплуатационной живучести авиаконструкций [Текст] / А. Н. Арепьев, М. С. Громов, В. С. Шапкин. – М.: Воздушный транспорт, 2002. – 424 с.

17. Межгосударственный авиационный комитет. Комиссия по расследованию авиационных происшествий. Окончательный отчет по результатам расследования авиационного происшествия с вертолетом Ми-8Т RA-24273 [Электронный ресурс]. – 40 с. – Режим доступа: http://www.mak.ru/russian/investigations/2009/report_ra-24273.pdf

18. Паршенцев, С. А. Надежность функционирования системы «экипаж - вертолет - груз на внешней подвеске» в условиях развития неблагоприятного фактора [Текст] / С. А. Паршенцев // Общероссийский научно-технический журнал «Полет». – М: Машиностроение / Машиностроение – Полет, 2005. – № 4 - С. 34–41.

Поступила в редакцию 20.03.2017

Анализ проблем обеспечения безопасности летной эксплуатации вертолетов при транспортировке грузов на внешней подвеске

Выполнен обзор видов использования внешней тросовой подвески грузов на вертолетах. Дополнена существующая классификация грузов, перевозимых на внешней подвеске вертолета. Проведен анализ авиационных происшествий и инцидентов при транспортировке вертолетами грузов на внешней подвеске.

Ключевые слова: вертолет, груз на внешней подвеске, безопасность летной эксплуатации.

Analysis of the Problems of Ensuring the Helicopter Flight Safety While Transporting Cargo Using External Suspension

Review of helicopters' external slung load types is performed. The available classification of external slung loads is added. Analysis of aviation accidents and incidents during shipment of cargoes by using helicopters' external suspension is carried out.

Keywords: helicopter, external slung load, flight operation safety.

Сведения об авторах:

Орловський Петро Михайлович – студент V курсу, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна.

Денищук Володимир Михайлович – студент V курсу, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Україна.