

В. С. Горбенко, О. В. Малік, О. О. Клімішен

РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ЩОДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОТИЗЛЕДЕНІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ВІЙСЬКОВО-ТРАНСПОРТНОГО ВЕРТОЛЬОТУ З УРАХУВАННЯМ ДОСВІДУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВЕРТОЛЬОТІВ КРАЇН НАТО

Анотація: у даній роботі проведено аналіз факторів та умов появи льоду на елементах конструкції вертольоту. Проаналізовано метеорологічні параметри зледеніння, види зледеніння та їх наслідків, заходи запобігання процесу льодоутворення на елементах конструкції вертольоту. Розглянуто засоби сигналізації зледеніння. Запропоновані пропозиції щодо вдосконалення протизледенільної системи військово-транспортного вертольоту, що полягають у виборі конкретної схеми датчика зледеніння, а саме EW164, а також у застосуванні дублюючої рідинної системи та розроблена 4-х позиційна система керування всією протизледенільною системою військово-транспортного вертольоту, запропонована електротеплова система несучого та рульового гвинтів. Для захисту вхідного такту двигуна від потрапляння льоду запропоновано нову форму пилозахисного пристрою на основі аналогу – пристрою компанії Pall Corporation США.

Ключові слова: вібраційний датчик, датчик сигналізації льодоутворення, протизледенільна система, повітряне судно, перетворювач, пилозахисний пристрій.

Annotation: in this paper, an analysis of the factors and conditions of the appearance of ice on the elements of the helicopter design was carried out. Meteorological parameters of icing, types of icing and their consequences, measures to prevent the process of ice poisoning on the elements of the helicopter structure were analyzed. The means of icing signaling are considered. Proposed proposals for improving the anti-icing system of a military transport helicopter, consisting in the selection of a specific icing sensor circuit, namely EW164, as well as the application of a redundant liquid system and a developed 4-position control system for the entire anti-icing system of a military transport helicopter, a proposed electrothermal system carrier and steering propellers. To protect the input stroke of the engine from the ingress of ice, a new form of dust protection device based on an analogue - a device from Pall Corporation of the USA - has been proposed.

Keywords: vibrationsensor, icingdetectionsensor, anti-icingsystem, aircraft, converter, dustprotectiondevice.

Збройні сили сучасного світу постійно вдосконалюють своє воєнно-технічне забезпечення з метою забезпечення безпеки та ефективності в оперативних умовах. У цьому контексті велике значення має розробка та вдосконалення протизледенільних систем для військово-транспортних вертольотів, оскільки вони забезпечують оптимальні умови для функціонування цих повітряних засобів в різних погодних умовах та на різних теренах.

Актуальність роботи обумовлена відсутністю на даний момент комплексного підходу до вдосконалення протизледенільних систем, а існуючі пропозиції стосовно неї стосувалися лише вдосконалення сигналізаторів зледеніння.

У контексті потреб сучасного військового літакобудування та експлуатації, зокрема у період пошуку та впровадження нових рішень, необхідно враховувати накопичений досвід країн-членів НАТО, які є лідерами у сфері розвитку військової авіації та військово-технічного комплексу в цілому. Відзначаючи їхні досягнення та вдосконалені практики у сфері протизледенільних систем для вертольотів, можна знайти цінні ресурси для вдосконалення вітчизняних розробок та підходів.

Аналіз технічних рішень, які застосовуються на вертольотах країн НАТО для запобігання утворенню льоду на конструкції, є важливим кроком у розробці ефективних та надійних протизледенільних систем. Цей аналіз дозволить виявити передові підходи та технології, які можна використовувати для подальшого вдосконалення систем безпеки вертольотів.

Протизледенільна система військово-транспортного вертольоту Мі – 8 має певні недоліки, серед яких:

- відсутність дублювання каналів;

- відсутність контролю технічного стану складових частин зазначеної системи у польоті;
- велике споживання електроенергії.

Складна система повинна мати дублювання своїх каналів, задля більш надійної експлуатації і ефективності роботи. На вертольоті Мі-8, система захисту від льоду вхідних трактів двигунів використовує електричний обігрів, а обдув гарячим повітрям, яке береться від компресора двигуна йде як дублювання цієї системи захисту. Проте є частина протизледенільної системи, яка не має дублюючих систем, а саме система, яка відповідає за захист скла кабіни екіпажу від утворення льоду, яка потребує вдосконалення.

Для поліпшення загальної роботи ПЗС необхідно:

1. Поліпшення окремих компонентів системи.
2. Підвищити надійність.
3. Знизити затрати електроенергії протизледенільної системи вертольоту.

Також вибирайте новітні, більш актуальні датчики, які використовують різні фізичні принципи роботи та вдосконалити структурні схеми.

Система обігріву скла льотчика від льодоутворення є важливою системою для вертольоту Мі-8 і при її виході з ладу в умовах обмерзання погіршиться робота ПС і професійні якості льотчиків.

Для обігріву скла кабіни використовуються поверхневі або дротяні нагрівальні елементи. Система працює справно, коли виділяється достатня енергія 0,77 Дж/с і напруга яка подається на скло становить 0,66 Вт/см.

Таке негативне явище було зафіксовано під час тривалої експлуатації пілотами вертольота Мі-8 системи обігріву лобового скла, коли нагрівальний елемент виходить з ладу, скло руйнується, зменшуючи видимість пілота та міцність скла, що може призвести до повного руйнування в польоті.

Задля уникнення розтріскування скла в польоті або ж повного його руйнування, слід вдосконалити систему обігріву скла. А саме розробити дублюючу рідинну систему протидії льоду.

Для того, щоб створити дублюючу (рідинну) систему слід встановити додаткове обладнання:

1. Бак об'ємом 18 літрів з рідиною протидії льодоутворення;
2. Насос;
3. Трубопровід;
4. Клапан;
5. Кран для перемикання;
6. Розприскувач рідини протидії льоду та склоочишувач.

Поряд з роботою насоса може бути встановлений електричний демпфер, який працює автоматично для подачі рідини в розбризкувач по сигналу датчика зледеніння. Якщо зледеніння буде виявлено льотчиками візуально, то можливе ручне вмикання.

Рідина для омиву може бути різна і вартість також. Пропонується використовувати рідини з протизледенільними властивостями, а саме:

- Пропіленглюколь (вартість від 30 грн за 1 л);
- Етиловий спирт (вартість від 35 до 65 грн за 1 л);
- Протизледенільний реагент DeicePower (вартість від 40 грн за 1 л);
- Kill Frost (вартість від 300 грн за 1 л).

Для управління 4 – секційною протизледенільною системою вертольота пропонується створити наступну схему, об'єднавши вібраційний датчик та терморезистор

Принцип роботи вібраційного датчика та терморезистора полягає в зміні власної частоти вібрації чутливого елемента датчика – мембрани при появі на ній льоду (частота вібрації мембрани залежить від її жорсткості), терморезистор змінює електричний опір від температури повітря ззовні з підсиленням та видачею в програмний механізм управління типу ПМК-21.

Канал сигналізації зледеніння призначений для перетворення сигналу від датчика і подачі сигналу " зледеніння ", коли товщина крижаного покриву на поверхні датчика збільшується до порогового значення $0,5 \pm 0,2$ мм відповідно.

Канал автоматичного керування, який використовується для включення системи, призначений для перетворення температури зовнішнього повітря (зміни опору терморезистором) у часі в залежності від температури і попередження екіпажу про падіння температури, при якому ефективна робота системи обмерзання з лопатей несучого гвинта вертольота неефективна. Цей канал також подає сигнал на активацію нагрівальної секції лопатей несучого гвинта і хвостових гвинтів вертольота.

Щоб забезпечити повне видалення льоду з чутливих поверхонь, потрібна затримка t – сигналу для відключення нагріву датчика. Затримка сигналу зледеніння необхідна для забезпечення його безперервності під час польотів в зоні обмерзання.

Таким чином, вдосконалення протизледенільної системи вертольота Мі-8 шляхом введення дублюючої рідинної системи обігріву скла та використання новітніх технологій підвищить її надійність, зменшить споживання електроенергії та забезпечить безпеку польотів в умовах обмерзання.

Протизледенільна система повітрязабірників призначена для запобігання утворенню та видалення льоду з вузлів пілозахисного пристрою, повітря забірників, термокомпенсаторів, насосів–регуляторів, двигунів.

ПЗС повітрязабірників і ПЗП виконана змішаною: деякі агрегати нагріваються гарячим повітрям від компресора двигуна, в той час як інші нагріваються електричним струмом за допомогою спеціальних накладок. Ланцюг електроживлення підключений до шини трьохфазного змінного струму напругою 200В і частотою 400 Гц.

Для забезпечення стабільного температурного поля нагрівальної накладки при різних температурах зовнішнього повітря між обшивкою та електроізоляцією передньої та задньої частин обтікача встановлено по два термодатчики ТД-2, працюючих з терморегуляторами ТЭР-1М. Зміна температури елемента ПЗП, на який наклеєний термодатчик, викликає зміну опору термодатчика. Виникає розбаланс вимірювального мосту регулятора і він спрацьовує.

Вдосконалення пілозахисного пристрою полягає в наступному. Встановлення на вертоліт Мі-8 пілозахисний пристрій модульного типу "Centrisep" QB0977/QB0978 компанії Pall Corporation (США), який призначений для очищення повітря, що надходить у двигун, захисту двигуна від пошкоджень сторонніми предметами, піском, пилом, снігом та льодом.

При використанні ПЗП Pall Centrisep втрати потужності двигуна мінімальні, завдяки рівномірному розподілу вхідного потоку та відсутності потреби забору повітря від компресора двигуна. Головною перевагою цього пристрою є те, що змінюється форма ПЗП.

Існуючі ПЗУ мають сферичну форму, внутрішня конструктивна побудова якої сприяє накопиченню конденсату, а потім і льоду у конструктивних полостях нерівномірно. При зриву льоду він може потрапити у вхідний тракт двигуна та пошкодити лопатки компресора.

Запропонована форма ПЗП унеможливує нерівномірне наростання шару льоду у внутрішніх полостях. Лід утворюється рівномірним шаром незначного обсягу (кілька мікрон). І таким чином, встановлення такого типу ПЗП покращить роботу вертольота Мі-8 в будь-яких метеорологічних умовах.

Отже, зледеніння вертольотів, зокрема їх лопатей і скла кабіни льотчика, представляє серйозну загрозу безпеці польотів через негативний вплив на аеродинамічні характеристики та потенційні пошкодження конструктивних елементів. Для ефективної протидії цьому явищу необхідно застосовувати надійну протизледенільну систему.

Аналіз різних типів сигналізаторів зледеніння показав, що найбільш ефективними є механічні (вібраційні) сигналізатори типу EW 164, які відзначаються високою надійністю та точністю виявлення льодоутворення (0,3мм) без хибних сигналів. Пневматичні, електротермічні та радіоізотопні сигналізатори мають свої переваги, але не забезпечують такої ж ефективності, надійності та швидкодії.

Запропоноване технічне рішення для захисту скла кабіни екіпажу від льоду за допомогою електрообігріву та рідинної системи омиву є інноваційним та економічно можливим. Використання протизледенільних рідин різної вартості дозволить підвищити економічну ефективність системи.

Для управління 4 – секційною протизледенільною системою вертольота пропонується створити двоканальну схему керування, об'єднавши вібраційні датчики та терморезистор. Данна схема замінить існуючий програмний механізм ПМК-21ТВ.

Оптимізація конструкції електротеплової системи захисту, яка включає зменшення ваги струмових трансформаторів та використання операційних підсилювачів і тиристорних ключів, дозволить покращити загальну ефективність системи та знизити витрати на її обслуговування.

Запропонована форма пілозахисного пристрою (ПЗП) усуває недоліки сферичних конструкцій, забезпечуючи можливість рівномірного утворення шару льоду та знижуючи ризик пошкодження лопаток компресора. Знижуються втрати потужності двигунів (втрата потужності – не більше 3%).

ПЗП аналогу компанії Pall Centrisep (США) має вищий коефіцієнт корисної дії, який досягає 90%, проти 70–75% у штатного пристрою. Це значно підвищить надійність та ефективність роботи двигуна вертольота Мі–8 в умовах зледеніння.

Список використаних джерел

1. С.В. Вітенко; Я.О. Зорин; А.В. Овчарук. Можливості модернізації протизледенільних систем літальних апаратів/Тези 8-ї конференції ХНУПС ім. І. Кожедуба, 18 – 19 квітня, 2012. С.92.
2. Технічне обслуговування протизледенільного обладнання вертольоту Ми-8: Метод. вказівки до практ. занять/ М.М. Тіщенко, В.С. Юрьєв, -К: НАУ, 2006, 52 с.
3. Theworldofhelicoptericeprotectionsystems. – [Електроннийресурс]. – Режимдоступу:<https://www.airmedandrescue.com/latest/long-read/world-helicopter-ice-protection-systems>.
4. С.Ю. Маренич, О.О. Абрикосов. Обґрунтування другого режиму ПОС вертольоту Ми-8МТ. Системи озброєння та військова техніка, 2010, №3 (23). С. 9 -11.
5. В.М. Кривонос, О.О. Клімішен, О.В. Цемма, Р.В. Василенко. Вдосконалення систем усунення льодоутворення на елементах конструкції вертольоту. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2020. №2 (12). С. 1-4.
6. Горбенко В.С. Протизледенільна система, датчики та сигналізатори зледеніння на БпЛА. Науково-практична конференція ІАФ ХНУПС “Безпілотна авіація у сучасній збройній боротьбі”: тези доповідей, 7 грудня 2023 року. – Х.: ХНУПС 2023. – 68 с.
7. Горбенко В.С. Розробка пропозицій щодо вдосконалення протизледенільної системи військово-транспортного вертольоту з урахуванням досвіду експлуатації вертольотів країн НАТО. XX наукова конференція курсантів та студентів ХНУПС: тези доповідей, 14 – 16 травня 2024 року. – Х.: ХНУПС 2024. – 44 с.

Горбенко Віталій Сергійович – Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. М. Кожедуба, м. Харків, слухач 252С навчальної групи, email: vitaliygorbenko791@gmail.com.

Малік Олександра Віталіївна – Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. М. Кожедуба, м. Харків, слухач 252С навчальної групи, email: malikoleksandra0@gmail.com.

Клімішен Олексій – Харківський національний університет Повітряних Сил імені І. М. Кожедуба, м. Харків, старший викладач кафедри № 203, email: kl_s_kh@ukr.net.

Vitaliy Serhiyevich Gorbenko – I.M. Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force, Kharkiv, student of the 252C study group, email: vitaliygorbenko791@gmail.com.

Oleksandra Vitaliyivna Malik - I.M. Kozhedub Kharkiv National University of the Air Force, Kharkiv, student of the 252C study group, email: malikoleksandra0@gmail.com.

Oleksiy Klimishen - Kharkiv National University of the Air Force named after I. M. Kozhedub, Kharkiv, senior lecturer of department No. 203, email: kl_s_kh@ukr.net.