

УДК 629.7

М.П. Тесленко, Б.В. Лісняк, Т.М. Анусіна

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І.Кожедуба, Харків

РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ПИЛОЗАХИСНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ ГТД ВЕРТОЛЬОТА

Проведено порівняльний аналіз існуючих пилозахисних пристроїв авіаційних ГТД грибоквого, інерційно-жалюзійного, інерційно-циклонного типів. Проведено аналіз руху пилу в проточній частині компресора з визначенням границі запиленої зони. Визначено ефективність очистки повітря від різного за розміром, типом частинок пилу з урахуванням кутів закрутки генеруючого пристрою в залежності від витрат повітря через компресор. Запропоновані конструктивно-технологічні заходи, пов'язані з заміною пилозахисних пристроїв грибоквого типу на пилозахисні пристрої інерційно-циклонного типу та особливості експлуатації і ремонту встановленого об'єкту.

Ключові слова: пилозахисний пристрій, діаметр частинок, інерційний повітроочисник, робочі лопатки, осьовий компресор.

Вступ

Виходячи з досвіду використання армійської авіації у АТО, можливо зробити висновок, що одними з головних задач армійської авіації є десантування підрозділів, техніки та вогнева підтримка підрозділів сухопутних військ. Майже всі завдання, які вирішує вертоліт Ми-8МТ, виконуються в умовах мінімально підготовлених злітно-посадкових майданчиків, а в разі крайньої необхідності – і взагалі не підготовлених. На відміну від літака, вертоліт повинен мати можливість на тривалий час зависати над землею (часто – в хмарі ним же піднятого пилу), а також виконувати завдання на гранично малих висотах.

Постановка задачі. Тому найважливішою особливістю експлуатації вертольотів всіх типів є тривала робота в запиленому повітрі. Це зумовлює необхідність проводити заходи щодо захисту двигуна від попадання сторонніх предметів. У статті пропонується покращити бойові властивості вертольоту Ми-8МТ шляхом удосконалення проточної частини компресора двигуна за рахунок встановлення нового за принципом дії пилозахисного пристрою.

Метою статті є розробка конструктивно-технологічних заходів, направлених на підтримку надійності та ресурсу ГТД.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робота вертолітного газотурбінного двигуна (ГТД) на запиленому повітрі викликає забруднення проточної частини двигуна. Стійкі забруднення з відкладенням пилу в проточних магістралях і на теплообмінних поверхнях системи повітряного охолодження можуть призводити до різного роду дефектів конструкції та погіршення газо – і термодинамічних властивостей цих елементів. При цьому, враховуючи, що частинки пилу (якими би маленькими вони не були) мають абразивні властивості, вони викликають еро-

зійний знос елементів проточної частини. Найбільший негативний вплив діє на компресор і тонкі канали системи охолодження лопаток турбіни. В результаті абразивної ерозії компресор двигуна зношується до закінчення призначеного ресурсу [1].

Ерозія двокомпонентним потоком – повітрям, що містить тверді частки, небезпечна для двигунів вертольотів, що базуються в більшості випадків на ґрунтових майданчиках, що створюють пилові хмари висотою до 15 м, апаратів вертикального зльоту і посадки, створюють пилові хмари до 30 м і знаходяться в ньому в 3 рази (до 90 с) довше, ніж для двигунів вертольотів і літаків, які тривалий час керуючих по землі.

Абразивну дію пилу пояснюється наявністю частинок окису кремнію, дисперсність яких коливається в межах від 5 до 50 мкм, що забезпечує їх високу проникність. Пилова ерозія елементів проточної частини ГТД і відкладення пилу викликають такі відмови, як зниження потужності, неприпустиме зростання температури газу перед турбіною, поломки ослаблені ерозією лопаток, помпаж. Внаслідок великих відносних швидкостей повітря, що надходить на лопатки, і великих колових швидкостей, зіткнення їх навіть з дрібними твердими частинками може призводити до значного зносу. У ряді випадків пил забиває соплові апарати турбіни, викликаючи помпаж компресора.

Попадання пилу в елементи автоматики двигуна веде до порівняно швидкого виходу їх з ладу, а засмічення паливних, масляних і повітряних фільтрів (вхідних і вихідних жиклерів автоматів запуску і прийомистості) призводить:

- до зриву запуску;
- до зависання частоти обертання турбокомпресора двигуна;
- до зміни вилки в частоті обертання лівого і правого двигунів;

- до мимовільного переходу двигуна на режим малого газу;
- до збільшення температури газу за турбіною двигуна і до спрацьовування відповідних обмежувачів.

Ступінь впливу ерозії на характеристики двигунів залежить від маси пилу, потрапивши в двигун в процесі експлуатації. Інтенсивність ерозії залежить головним чином від твердості і хімічного складу частинок пилу, в меншій мірі залежить від фракційного складу цих частинок (відомо що частинки розміром до 20 мкм не викликають значної ерозії). Перші ступені компресора зношуються по всій висоті вхідної кромки, на наступних знос, внаслідок сепарації частинок, інтенсифікується до периферії лопаток (рис. 1, 2) в середніх і останніх ступенях, направляючи – в перших ступенях. За іншими спостереженнями, для вертолітних ГТД, більше зношуються робочі лопатки перших ступенів, а напрямні – в районі відбору повітря від компресора. Задні кромки лопаток останніх ступенів малих двигунів, що мають товщину всього 50...120 мкм, можуть виявитися розрізаними пилом [2–7].

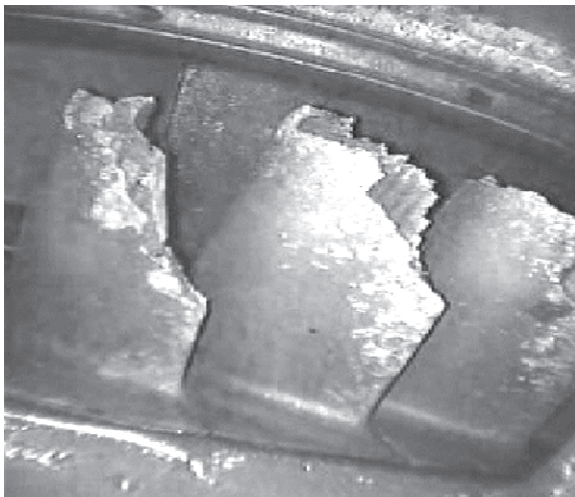


Рис. 1. Зношені робочі лопатки осьового компресора двигуна ТВ3–117



Рис. 2. Характер граничного зносу робочих лопаток компресора з 2-ї по 8-у ступені

Знос цих лопаток проходить по вхідній кромці і коритцю, при цьому ступінь зносу збільшується від середніх ступенів до останніх з локалізацією зони зносу на периферії лопаток [8].

Таким чином, при розробці вузлів ГТД, які знову проектуються або модернізуються необхідно виявити їхню уразливість при експлуатації в запиленій атмосфері і прийняти конструктивні та технологічні рішення по їхньому зниженню або повному виключенню, тобто застосовувати метод комбінованого захисту ГТД від впливу дисперсних часток.

Виклад основного матеріалу

Суть методу комбінованого захисту полягає у використанні декількох конструктивних і технологічних рішень для зниження уразливості ГТД при експлуатації в запиленій атмосфері. Такими конструктивними й технологічними рішеннями є:

- установка повітроочисного пристрою на вході або безпосередньо в проточній частині ГТД;
- нанесення покриттів стійких до ерозії й корозії на робочі й напрямні лопатки компресора й турбіни;
- установка повітроочисника тонкого очищення на лінії подачі повітря в охолоджувані лопатки турбіни й підшипникові опори;
- установка на двигун датчиків зміни параметрів двигуна в результаті впливу запиленої атмосфери й морського середовища;
- установка на двигун системи промивання проточної частини.

Критерієм оцінки комбінованого захисту ГТД може слугувати час досягнення граничного стану двигуна, коли його експлуатація неможлива. Наприклад:

- обмеження граничної температури газів перед турбіною;
- зношування лопаток першого ступеня компресора;
- досягнення критичного значення газодинамічної стійкості компресора;
- досягнення граничної концентрації твердих часток у маслі [5].

Розробка заходів щодо зменшення негативного впливу запиленої атмосфери повинна супроводжуватися вибором критерію граничного стану ГТД, по якому визначається внесок кожного з них у збільшення часу досягнення критичного стану. Наприклад, при заданому часі граничного стану компресора двигуна, можна знизити потрібний коефіцієнт ефективності повітроочисника, підвищивши при цьому ерозійну стійкість покриття лопаток компресора, що позначиться на поліпшенні характеристик ГТД.

У даній статті розглядається один з методів комбінованого захисту – установка пилозахисного пристрою (ПЗП) на вході в газотурбінний двигун.

ПЗП призначений для очищення повітря, що надходить в двигуни від пилу і сторонніх предметів під час рулювання, зльоту і посадки вертольоту на злітних площадках.

Очищення від пилу може бути здійснена методами гравітаційного осадження, інерційними сепараторами і центрифугами, вимиванням, електричними очисниками, звуковою агломерацією і т.д. Вибір методу очищення залежить від швидкості потоку, енергії, потрібної для роботи сепаратора, наявного простору для установки сепаратора, типу, форми, розмірів і концентрації частинок і багатьох інших факторів. Наприклад, встановлені на вертольоті Мі-24 двигуни ТВ3-117В мають пилозахисні пристрої, які очищають повітря на 70...75% і знижують знос лопаток компресора в 2,5...3 рази.

На вертольотах серії Мі-8 встановлені два комплекти ПЗП інерційного грибоквого типу (рис. 3).

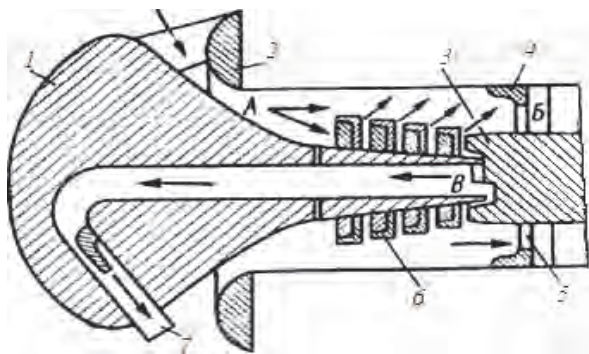


Рис. 3. Схема ПЗП інерційно-грибкового типу

У конструкції ПЗП передбачена протиоблідувальна система, яка виконана змішано: одна частина вузлів обігривається гарячим повітрям, що відбирають за компресором двигуна, інша частина має електрообігрів.

Принцип дії ПЗП полягає в наступному: в результаті розрідження, створюваного при роботі двигуна, запилене повітря проходить через вхідний кільцевий викривлений тунель А, утворений задньою частиною обтічника 2, колекторної губою 3 і зовнішньої обичайкою 4. При цьому під дією відцентрових сил частинки пилу притискаються до поверхні обтічника 1, переміщаючись разом з частиною повітря, потрапляють на вхід сепаратора 6 в канал Б, який представляє собою пилову пастку. Велика частина запиленого повітря, очистившись від пилу в першій ступені ПЗП (викривленому тунелі А), проходить по каналу Б, створеному зовнішньою обичайкою 4 і сепаратором 6, на вхід в двигун. Менша частина запиленого повітря, проходячи через сепаратор 6, очищається в ньому за рахунок повороту потоку в криволінійних міжкільцевих каналах, потрапляє в канал Б і далі на вхід в двигун. Врешті, найбільш запилене повітря (пиловий концентрат) проходить в канал В і далі в трубопровід 7 виведення пилу. За рахунок розрідження, створюваного ежектором

1, пиловий концентрат відсмоктується і викидається в атмосферу.

ПЗП включається в роботу при подачі до ежектора стисненого повітря, що забирається за компресорів двигуна. Втрати потужності двигуна при включеному ПЗП становлять 5...6%, при вимкненому – 2...3%. На вертольоті Мі-8МТ застосовується також ПЗП – інерційний жалюзійний повітряочишувач конусного типу (рис. 4).

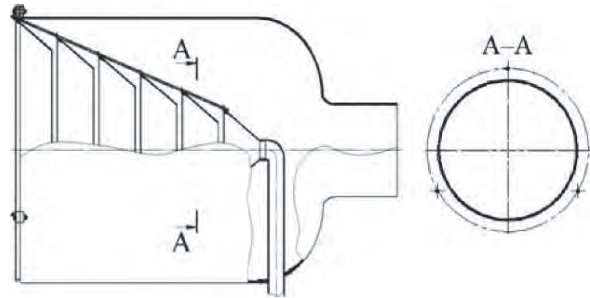


Рис. 4. Схема інерційно-жалюзійного пилоочисника конусного типу

Повітря, що входить в повітряний фільтр, різко змінює напрямок свого руху, проходячи через щільні жалюзі, і знаходяться в повітрі частинки пилу, внаслідок інертності, продовжують рухатися в попередньому напрямку і потрапляють в пиловловлювач, який з'єднаний з патрубком, через який проводиться видалення пилу.

Переваги такого ПЗП наступні:

- простота конструкції;
- відносно мала вага;
- високий ступінь контролепридатності.

Недоліки ПЗП жалюзійного типу зводяться до наступного:

- потрібна установка протиоблідувальної системи;
- відносно мала ступінь очищення (75...89 %);
- потрібно забір повітря з компресора двигуна;
- великі габаритні розміри.

ПЗП інерційно-циклонного типу, який встановлено на вертоліт Мі-8Т зображено на рис. 5.



Рис. 5. Вертоліт Мі-8Т, обладнаний інерційним циклонним ПЗП

Принцип дії даного типу ПЗП заснований на наступному (рис. 6) забруднене повітря потрапляє в циклоні його панелей, де йому надається вихровий рух за допомогою вихрових трубок, набраних в панелі. Відцентрова сила відкидає частинки пилу і краплі води за напрямком до стінок вихрових трубок. Далі вони потрапляють у внутрішню порожнину мультициклічної панелі, звідки їдуть за допомогою вентиляторів пилового відсмоктування. Очищене повітря спрямовується по центру трубок на вхід в маршові двигуни (рис. 7).

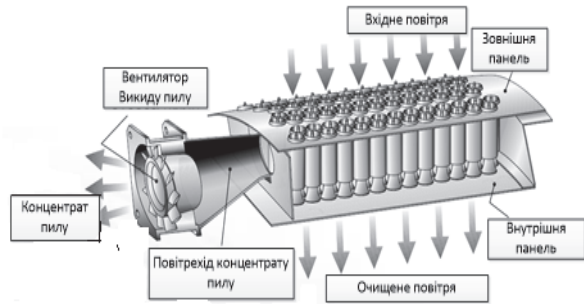


Рис. 6. Принцип дії даного типу ПЗП

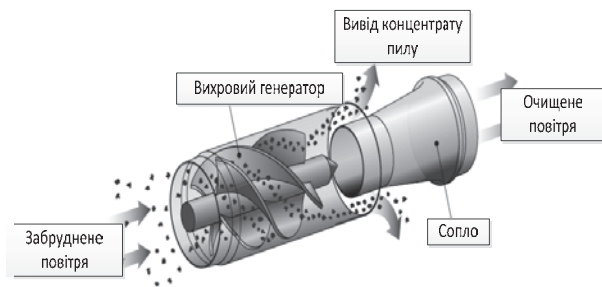


Рис. 7. Елемент інерційно-циклонного ПЗП

Конструктивно такі інерційний циклонний ПЗП в загальному виді у своєму складі мають ряд конструктивних елементів, загальний вид і склад відображено на рис. 8

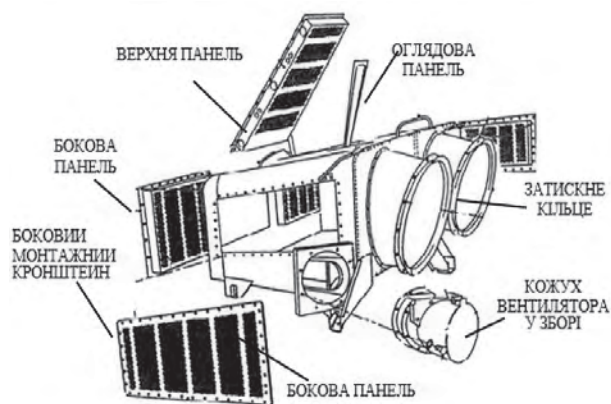


Рис. 8. Конструктивна схема інерційно-циклонного ПЗП

Переваги інерційно-циклонного ПЗП перед іншими наступні:

- ступінь очищення повітря досягає 93%;
 - не потрібна протиоблідувальна система ПЗП;
 - не потрібно відбирати повітря за компресора двигуна;
 - за рахунок перемішування різних фракцій вхідного потоку зведено до мінімуму впливання вихлопних і порохових газів;
 - збільшено інтервал між позаплановими ремонтами;
 - мінімальні втрати потужності.
- Недоліки інерційно-циклонного ПЗП наступні:
- закритий люк виходу до силовій установці вертольоту;
 - ускладнений доступ до двигунів;
 - велика в порівнянні зі стандартним ПЗП маса – 68 кг;
 - закрутка потоку підвищує гідравлічний опір.

Таким чином з аналіз існуючих пилозахисних пристроїв для очищення запиленого повітря для захисту двигуна ТВЗ-117ВМА вертольоту Ми-8МТ обираємо ПЗП за принципом дії інерційно-циклонного типу.

Виходячи з аналізу та принципів дії інерційно-циклонного типу обраний ПЗП повинен відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати безперервний захист;
- знижувати вплив вихлопних і порохових газів;
- захист від пошкодження двигунів сторонніми предметами;
- мінімальні втрати потужності;
- висока ефективність видалення пилу;
- підвищення ресурсу ерозійного зносу компресора;
- всепогодній захист.

Оцінка ефективності обраного ПЗП та його порівняльний аналіз

Використовуючи досвід проведених розрахунків та досліджень [8] проаналізуємо ефективність пилозахисного пристрою.

Дослідження проводилося за таких умов [7]:

- тип частинок – кварцовий пісок (SiO_2); корунд (Al_2O_3); частинки асфальту і бетону;
- діаметр частинок – 5...100 мкм;
- витрата повітря через ПЗП – 4,5... 8,5 кг/с;

З геометричних параметрів для ПЗП циклонного типу з генератором завихрення потоку повітря (рис. 10) в якості варіюваних розглядалися наступні:

- довжина циклону L , мм;
- діаметр вхідного отвору D_1 , мм;
- кут закрутки генератора завихрення потоку ($60^\circ \dots 90^\circ$).

Ефективність ПЗП оцінювалася двома показниками:

- ступенем очищення повітря – $\eta, \%$;
- втрати тиску в ПЗП – $\Delta P, \text{ПА}$;

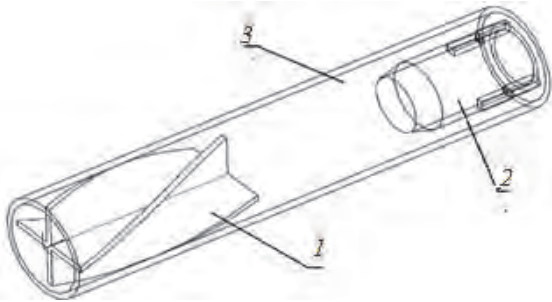


Рис. 9. Тривимірний модель ПЗП циклонного типу з генератором завихрення потоку
(1 – генератор завихрення потоку;
2 – патрубок відводу очищеного повітря;
3 – корпус циклону)

На рис. 10 приведені креслення інерційного повітроочисника циклонного типу з генератором завихрення потоку [8]:

де D_1 – діаметр вхідного отвору,

D_2 – діаметр патрубка відводу очищеного повітря,

L – довжина циклону,

l – довжина патрубка відводу очищеного повітря,

α – кут закрутки генератора завихрення потоку.

Кут α змінювався в інтервалі від 60° до 90° . Дискретні значення α при дослідженні відповідали кута 60, 75 і 90 градусів.

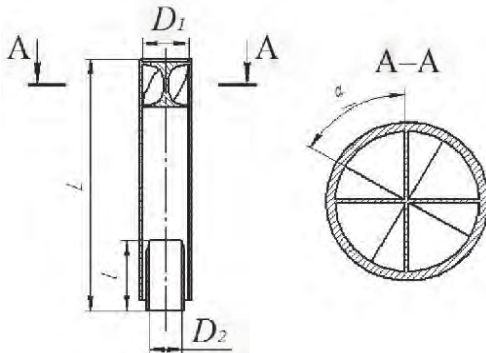


Рис. 10. Креслення інерційного повітроочисника циклонного типу з генератором завихрення потоку

При $\alpha = \text{const}$ і $\eta = \text{const}$ довжина циклону є залежністю величиною $L = F(l, D_1, D_2)$. Це означає, що при зміні параметра L для того, щоб ступінь сепарації залишалася постійним, необхідно змінювати величини l, D_1, D_2 . Було встановлено, що втрати тиску всередині циклону мінімальні при $L = 80$ мм.

Потік реального повітря в каналах ПЗП циклонного типу просторовий і несталий та не піддається повному теоретичному аналізу. Тому розрахунок проводився при наступних припущеннях [20]:

нехтували стисливістю та в'язкістю газу, а також турбулентністю течії, тобто розглядали усталений (усереднене за часом) безвихровий рух ідеальної (нев'язкої) рідини постійної щільності.

Сумарна масова витрата повітря приймався рівним $8,4$ і $4,5$ кг/с при рівномірному розподілі статичного тиску, що відповідало витраті повітря через двигун ТВ3-117ВМА на злітному режимі і на малому газі вертольоту Ми-8МТ [13].

Швидкість набігаючого потоку відповідала 100 км/год; температура повітря на вході – 15°C . Розглядалися частинки діаметром $5, 20, 50, 70$ і 100 мкм. Щільність частинок при цьому була наступною:

- для частинок кварцу (SiO_2) – 2600 кг/м³;
- для частинок корунду (Al_2O_3) – 3990 кг/м³;
- для частинок бетону – 2200 кг/м³;
- для частинок асфальту – 1100 кг/м³.

Результати розрахунків для частинок кварцу приведені в табл. 1, для частинок бетону – в табл. 2, для частинок корунду – в табл. 4.

Таблиця 1

Ступінь очищення повітря в ПЗП від частинок кварцу (SiO_2)

$ld_{\text{ч}}, \text{мкм}$	$G_{\text{пов}} = 4,5 \text{ кг/с}$			$G_{\text{пов}} = 8,5 \text{ кг/с}$		
	Кут повороту			Кут повороту		
	60°	75°	90°	60°	75°	90°
5	98	100	89	99	100	91
20	97	98	88	97	99	89
50	82	84	74	87	85	75
70	79	81	68	84	83	70
100	73	79	64	78	81	65

Таблиця 2

Ступінь очищення повітря в ПЗП від частинок бетону

$2d_{\text{ч}}, \text{мкм}$	$G_{\text{пов}} = 4,5 \text{ кг/с}$			$G_{\text{пов}} = 8,5 \text{ кг/с}$		
	Кут повороту			Угол поворота		
	60°	75°	90°	60°	75°	90°
5	99	100	100	100	100	100
20	98	99	95	100	100	98
50	86	83	80	91	89	87
70	82	80	70	85	83	80
100	80	77	59	80	75	70

Було встановлено, що при прийнятному значенні втрати тиску ПЗП ($3,9$ МПа, $1,25\%$) сепарація є найкращою при куту закрутки генератора рівному – 75° . При менших кутах закрутки генератора завихрення потоку інерційних сил частинок недостатньо для попадання в патрубок відводу забрудненого повітря, а при великих кутах закрутки збіль-

шується турбулентність потоку і рух всередині циклону стає хаотичним.

Таблиця 3

Ступінь очищення повітря в ПЗП
від частинок асфальту

3d _ч , мкм	G _{пов} = 4,5 кг/с			G _{пов} = 8,5 кг/с		
	Кут повороту			Угол поворота		
	60°	75°	90°	60°	75°	90°
5	100	100	100	100	100	100
20	99	99	97	100	100	100
50	90	87	81	93	92	88
70	87	83	70	90	89	78
100	84	80	60	85	82	74

Таблиця 4

Ступінь очищення повітря в ПЗП
від частинок корунду

4d _ч , мкм	G _{пов} = 4,5 кг/с			G _{пов} = 8,5 кг/с		
	Кут повороту			Угол поворота		
	60°	75°	90°	60°	75°	90°
5	100	100	100	100	100	100
20	97	97	98	98	99	99
50	80	91	91	87	95	88
70	73	80	82	83	89	85
100	69	72	79	79	84	81

Зі збільшенням діаметрів частинок пилу в діапазоні від 5 до 100 мкм ступінь очищення в ПЗП зменшується до 72%, що є неприйнятним для газотурбінних двигунів, що працюють в умовах запиленої атмосфери.

Висновки

Обраний ПЗП забезпечує кращу ступінь сепарування пилу в порівнянні з використовуючи ми на вертольоті Ми-8МТ ПЗП інерційно-грибкового типу. Значення ступеня очищення повітря становить 94 % для стандартного складу пилу при середньому діаметрі частинок 30 мкм, в той час як у існуючих ПЗП 70...75%. Однак платою за такий ефект є велика втрата тиску повітря на вході в компресор. Перевагою інерційно-циклонного ПЗП перед грибковим ПЗП є відсутність потреби в доборі повітря із-за компресора двигуна. Це веде до зменшення витрати палива двигуном, за рахунок чого збільшує економічність експлуатації.

Видаляючи частинки з повітря, ПЗП інерційно-циклонного типу забезпечує наступні переваги, які поліпшують показники надійності, працездатності, безпеки і ЛТХ вертольота:

- система самоочищається;
- забезпечує безперервний захист;

- знижує вплив вихлопних і порохових газів, перемішуючи різні фракції вхідного потоку;
- відмінний захист від пошкодження двигунів сторонніми предметами
- мінімальні втрати потужності завдяки рівномірному розподілу вхідного потоку;
- збільшено інтервал між позаплановими ремонтами (висока ефективність видалення пилу, підвищення ресурсу ерозійного зносу компресора;
- всепогодний захист.

Висока ефективність видалення пилу ПЗП інерційно-циклонного типу на вертольотах типу Ми-8МТ інерційно-циклонного типу дозволяє істотно скоротити інтенсивність ерозійного зносу компресорів двигунів, навіть в жорстких умовах експлуатації.

Ресурс двигуна по зносу безпосередньо пов'язаний з кількістю пилу, який в нього потрапляє. З ПЗП інерційно – циклонного типу тільки 10% пилу потрапляє в двигун, а з оригінальним ПЗП грибкового типу 30–40%.

Таким чином, по розрахунку, ресурс двигуна по зносу (середній інтервал між позаплановими ремонтами по зносу) вище як мінімум в п'ять разів у порівнянні з грибкового типу ПЗП і десять разів порівняно з незахищеним двигуном. Це означає, що експлуатант зараз досягає в середньому 300...700 годин з оригінальним, грибкового типу ПЗП між позаплановими ремонтами по зносу компресора (при експлуатації в пилових умовах), з інерційно – циклонним типом ПЗП вони досягають повного заданого міжремонтного ресурсу двигуна в тих же умовах і знаходяться у відмінному стані для продовження міжремонтного ресурсу.

Список літератури

1. Шамко С.В. Основні особливості застосування Повітряних Сил в сучасних умовах ведення збройної боротьби / С.В. Шамко, О.М. Жарик, В.В. Коваль // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 15-18.
2. Рысин Л.С. Пыль как фактор, подлежащий анализу и учету при конструировании вертолетного двигателя / Л.С. Рысин // Двигатели XXI века: междунар. науч. конф. – М., 2000. – С. 78-79.
3. Табаков. Эрозия компрессора и ухудшение характеристик турбомашин / Табаков // Теоретические основы инженерных расчетов. – 1988. – № 2. – С. 298-311.
4. Березин Г.В. Оценка эксплуатационной эффективности совместного применения пылезащитного устройства и защитного покрытия лопаток компрессора вертолетного ГТД / Г.В. Березин, В.М. Сушенцов // Конструкция двигателей летательных аппаратов, их прочность и надежность: сб. науч. тр. – М.: МАИ, 1992. – С. 18-24.
5. Еникеев Г.Г. Комплексная защита газотурбинного двигателя, эксплуатирующего в запыленной атмосфере и морской среде / Г.Г. Еникеев // Росс. науч. техн. конф.: сб. тр. Т. 17. – Уфа: УГАТУ, 2013. – С. 41-48.

6. Еникеев Г.Г. Обоснование требований к воздухозаборному устройству с воздухоочистителем газотурбинного двигателя экраноплана / Г.Г. Еникеев, Д.Д. Бикметова // Росс. науч. техн. конф.: сб. тр. Т. 15. – Уфа: УГАТУ, 2011. – С. 46-53.

7. Гишваров А.С. Моделирование и оптимизация характеристик пылезащитного устройства вертолетного ТВД / А.С. Гишваров, Р.Р. Аитов, А.М. Айтумбетов // Современные проблемы проектирования и эксплуатации авиационных двигателей: сб. науч. тр. – Уфа: УГАТУ, 2014. – С. 58-62.

8. Гишваров А.С. Исследование эффективности пылезащитных устройств вертолетных газотурбинных двигателей / А.С. Гишваров, Р.Р. Аитов, А.М. Айтумбетов // Современные проблемы проектирования и эксплуатации авиационных двигателей: сб. науч. тр. – Уфа: УГАТУ, 2015. – С. 100-110.

9. Кривошеев И.А. Анализ закономерностей влияния запыленности воздуха на изменение геометрии лопаток и параметры ступеней осевого компрессора / И.А. Кривошеев, Р.Ф. Камаева // Молодой ученый. – Чита, 2011. – Т. 1. – С. 50-55.

10. Биксаев А.Ш. Методы защиты авиационных ГТД от вредных воздействий окружающей среды в экс-

плуатации / А.Ш. Биксаев // Технические науки: традиции и инновации: материалы II междунар. науч. конф. – Челябинск, 2013. – С. 54-56.

11. Фактор запыленности воздуха как решающий при определении облика перспективного вертолетного ГТД. Техническая справка № 13286.ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2007 г.

12. Масыгин В.И. Конструкція та міцність авіаційних двигунів / В.И. Масыгин, В.В. Самулев, Н.М. Отрешко. – Х.: ХУПС, 2014. – 464 с.

13. Руководство по летной эксплуатации Ми-8МТВ – 5 – 1, 2009 г.

Надійшла до редколегії 22.05.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. Є.О. Українець, Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ ПЫЛЕЗАЩИТНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ГТД ВЕРТОЛЕТА

М.П. Тесленко, Б.В. Лисняк, Т.М. Анусина

Проведен сравнительный анализ существующих пылезащитных устройств авиационных ГТД грибкового, инерционно-жалюзийных, инерционно-циклонного типа. Проведен анализ движения пыли в проточной части компрессора с определением границы запыленной зоны. Определена эффективность очистки воздуха от различного по размеру, типу частиц пыли с учетом углов закрутки генерирующего устройства в зависимости от расхода воздуха через компрессор. Предложенные конструктивные технологические мероприятия, связанные с заменой пылезащитного устройства грибкового типа на пылезащитные устройства инерционно-циклонного типа и особенности эксплуатации и ремонта установленного объекта.

Ключевые слова: пылезащитное устройство, диаметр частиц, инерционный воздухоочиститель, рабочие лопатки, осевой компрессор.

THE DEVELOPMENT OF A CONSTRUCTIONAL SCHEME OF AN ENGINE AIR PARTICLE SEPARATING FOR GAS-TURBINE ENGINE HELICOPTERS

M. Teslenko, B. Lisnayk, T. Anusina

An analysis, that compares existing air-particle separating engine for fungal, aviation gas-turbine engine, of inertial-louvered and inertial-cyclonic type, was carried out. The analysis of the motion of dust particles in the flow section of a compressor, with a precision to a border of a dusty zone. The effectiveness of air purification of, various in size and type, dust particles was determined, considering the swirling angles of a generating device, depending on the air consumption in the compressor. The constructive and technological measures, associated with the replacement of engine air particle separating of the fungal type on dust-proof devices of inertial-cyclonic type are proposed, including specific conditions for operation and the reparation of the installed object.

Keywords: engine air particle separating, particle diameter, inertia engine air particle separator, moving blading, axial-flow compressor.