

УДК 629.735.083.02.06(045)

Ю.М. Чоха, канд. техн. наук

ОБҐРУНТУВАННЯ СПОСОБУ ОЧИЩЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ ВІД ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЗАБРУДНЕНЬ

НАУ, кафедра збереження льотної придатності авіаційної техніки, e-mail: zlp@nau.edu.ua

Описано комбінований спосіб електроімпульсного вакуумно-пневмогідролічного очищення конструктивних елементів газотурбінних двигунів від твердих забруднень.

Вступ

Статистика відмов і пошкоджень конструктивних елементів вузлів проточної частини газотурбінного двигуна (каналів вхідних і вихідних пристроїв, розпилювачів робочих паливних форсунок, статорних і роторних лопаток компресорів і турбін та ін.) показує, що характерною експлуатаційною несправністю для них є відкладення на їх поверхнях твердих забруднень у вигляді кристалічного пилу, солей, коксу.

Забруднення, що мають вигляд міцного «панциру» з великою силою зчеплення з поверхнями (до $180 - 220 \text{ Н/см}^2$ за нормаллю), змінюють геометричні й аеродинамічні характеристики елементів конструкції, збільшують шорсткість поверхонь, а це призводить до погіршення тягових характеристик, збільшення витрат палива, зменшення коефіцієнта корисної дії газотурбінного двигуна (ГТД). Тому відповідно до діючих експлуатаційних документів [1; 2] у процесі тривалої експлуатації виконується періодичне промивання газоповітряного тракту ГТД дистильованою водою або спеціальними хімічними миючими розчинами [3; 4].

До недоліків хіміко-механічних способів очищення поверхонь ГТД належать:

- низька ефективність щодо розчинення твердих забруднень миючими засобами;
- значні витрати енергії, води та миючих розчинів;
- забруднення місць стоянок повітряних суден;
- значна трудомісткість виконання робіт з очищення;
- застосування громіздкого та складного обладнання.

Електроімпульсний вакуумно-пневмогідролічний спосіб очищення конструктивних елементів від забруднень

Суть електроімпульсного вакуумно-пневмогідролічного способу полягає в комплексному поєднанні дії на забруднену поверхню потужних короткочасних електроімпульсів, які створюють пружні деформації поверхні без її пошкодження, що руйнують і відривають від неї тверді забруднення (сила пружної деформації поверхні значно більша за силу зчеплення з нею забруднень).

Водночас забруднення видаляють з поверхні шляхом відсмоктування або здмухування потоком повітря, або змивання потоком дистильованої води.

Дослідження показують [5], що величина енергії, яка необхідна для видалення однакової маси твердого відкладення, в разі застосування механічного способу в кілька разів менша, ніж при хімічному способі.

При електромеханічному способі очищення від забруднень робочий цикл руйнування його твердої кристалічної структури може бути дуже коротким і визначається лише часом розповсюдження механічних пружних напружень, які виникають зі швидкістю, близькою до швидкості звуку.

У разі застосування дуже коротких потужних концентрованих електроімпульсів (тривалістю $10^{-3} - 10^{-5} \text{ с}$) виникає різкий стрибок механічного напруження, яке несе хвиля електроімпульсу, що розповсюджується по забрудненій поверхні і призводить практично до миттєвого і повного руйнування й відривання від неї твердого відкладення.

З'єднавши таку електроімпульсну систему з пристроями видалення зруйнованих і відірваних від поверхонь забруднень, одержуємо ефективну комбіновану технічну систему очищення зовнішніх і внутрішніх забруднених поверхонь машин та механізмів, до яких належать й конструктивні елементи ГТД.

При цьому електроімпульсна енергія може передаватись у вигляді одного або короткої серії електроімпульсів з інтервалами між ними 1–3 с для накопичення необхідної енергії.

Електроімпульсний вакуумно-пневмогідролічний спосіб реалізується таким чином (див. рисунок).

Під час подачі електроенергії на генератор електроімпульсів 7 від його імпульсів на накопичувачі-формуваці електроімпульсів 6 формуються короткочасні електроімпульси тривалістю $10^{-3} - 10^{-5} \text{ с}$ з міжімпульсними інтервалами 1–3 с, які подаються на індуктори 5 вихорних струмів. У них створюється потужне змінне магнітне поле високої частоти.

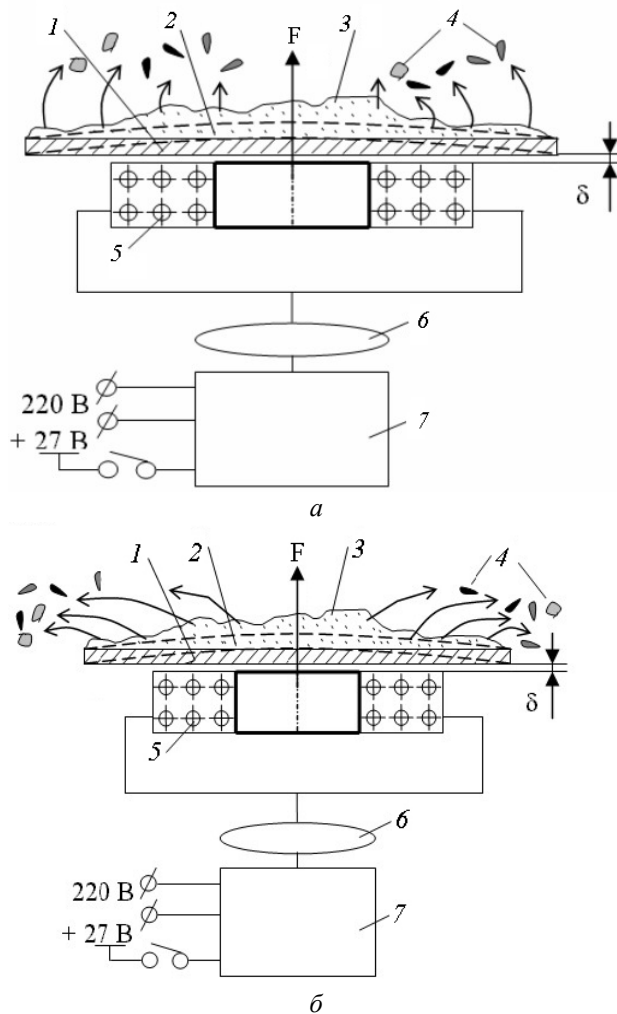


Схема розташування індуктора вихорних струмів на поверхні забрудненого елемента конструкції і робота електроімпульсної та вакуумної (а) і пневматичної (б) систем:

1 – забруднена поверхня; 2 – хвиля пружної деформації; 3 – тверді фракції відкладень; 4 – відокремлені відкладення; 5 – індуктори вихорних струмів; 6 – накопичувачі-формувачі електроімпульсів; 7 – генератор електроімпульсів

У разі розташування та переміщення індукторів у безпосередній близькості від забрудненої поверхні 1 з її затилля змінне магнітне поле індуктора наводить у металевій поверхні елемента конструкції двигуна потужне електричне вихорне поле, яке викликає появу механічної сили F . Це є наслідком взаємодії магнітного поля індуктора та електромагнітного поля металевої поверхні забрудненого елемента конструкції.

Від дії механічної сили F виникає хвиля пружної деформації забрудненої поверхні 2 без її пошкодження. При цьому тверді фракції відкладень 3 на поверхні руйнуються і відокремлюються від неї.

Видалення відокремлених відкладень 7 здійснюють або відсмоктуванням (див. рисунок, а) вакуумною електропомпою, або здмухуванням потоком повітря, який нагнітають пневматичною електропомпою, або змиванням потоком дистильованої води, який нагнітають гідравлічною електропомпою (див. рисунок, б).

Така реалізація способу призводить до можливості варіювання його використання залежно від раціональності й ефективності застосування способу видалення відкладень.

Індуктори вихорних струмів являють собою звичайні соленоїди без стрижнів, які під час подання на них електроімпульсів створюють змінне магнітне поле високої частоти, що наводить у металевій поверхні забрудненого елемента конструкції змінний вихорний електричний струм і відповідно його пружні деформації.

Індуктори розміщують у спеціальному насадку поблизу поверхні конструктивного елемента в межах зони забруднення.

Перетворення електроенергії в механічну пружну деформацію при подачі електроімпульсу дозволяє створити в зоні забрудненої поверхні значну концентрацію енергії, що суттєво перевищує силу зчеплення твердого забруднення з поверхнею елемента конструкції, яка призводить до його відривання від неї.

Під час визначення необхідної кількості індукторів урахувують втрати енергії. Для звичайних тонкостінних елементів конструкції ГТД, які піддаються різним видам забруднень, їх площини обмежуються деталями стикування. При потраплянні пружної хвилі, що розповсюджується на такій площині забрудненого елемента конструкції, вона наштовхується на таке з'єднання деталей і відбиває частину енергії в протилежний бік.

Отже, зона дії електроімпульсу обмежується стиками з'єднань забрудненої поверхні, через які енергія практично не проникає, і вільною площиною забрудненої поверхні конструктивного елемента.

Площа поверхні, що очищується одним індуктором, залежить від швидкості розповсюдження пружної хвилі в матеріалі конструкції, яка пропорційна енергії імпульсу W_i і коефіцієнту K , величина якого залежить від конструкції індуктора, зазору між індуктором і поверхнею елемента конструкції, параметрів електроіндуктивного контуру L та R , товщини матеріалу елемента та його електропровідності:

$$V_{\text{хв}} = f(K W_i).$$

Коефіцієнт K обернено пропорційний квадрату величини зазору δ між індуктором та поверхнею елемента конструкції: $K = 1/\delta^2$.

Потужність, що потрібна для роботи електроімпульсного пристрою з одним генератором імпульсів, визначається за співвідношенням

$$N = W_i n_i / \tau_3 \eta_3,$$

де n_i – кількість індукторів; τ_3 – час зарядження накопичувача енергії; η_3 – коефіцієнт корисної дії зарядного електроланцюга.

Висновок

До переваг розробленого комбінованого електроімпульсного вакуумно-пневмогідролічного способу очищення поверхонь конструктивних елементів ГТД від твердих забруднень і пристроїв, що його реалізують, захищених патентом України [6], порівняно з аналогами хіміко-механічного очищення поверхонь на підставі технологій промивання належать:

- універсальний характер, що дозволяє використовувати спосіб та пристрої для очищення будь-яких внутрішніх і зовнішніх металевих поверхонь елементів конструкції машин та механізмів, де спостерігаються відкладення й накопичення експлуатаційних твердих забруднень (усі види транспорту, газопереробна, нафтопереробна й перегінна галузі, харчова промисловість, сільськогосподарське виробництво тощо);
- скорочення часу і трудомісткості очищення забруднених поверхонь у 10–100 разів;
- уникнення забруднення місць проведення очищення при відсмоктуванні продуктів відкладень;

– значне скорочення витрат на виконання технологічних операцій;

– незначні втрати електроенергії та можливість роботи від стандартних електромереж змінного (220 В) і постійного (27 В) струму;

– суттєве підвищення культури технологічних операцій очищення і техніки безпеки при їх виконанні.

Література

1. *Бюллетень* № 7-0-307780-БЭ-Г. Двигатель НК-8-2У, НК-8-4. Промывка газоздушного тракта двигателей в эксплуатирующихся организациях. – Введ. в действие ГУЭРАТ МГА 30.01.1987 г.
2. *Бюллетень* № 30474-БЭ-Г. Двигатель Д-30 II и III серий. Доп. к Руководству по эксплуатации и ТО. Промывка газоздушного тракта двигателя. – Введ. в действие ГУЭРАТ МГА 24.05.1988 г.
3. *А.С. №0275987(СССР)*. Состав и способ очистки компрессора газовых турбин. – Оpubл. 1989 // Бюл. №2.
4. *Пат. 4046155* США, МПК В08В3/02. Устройство для промывки многоступенчатого компрессора. – Оpubл. 1978 // Бюл. №5.
5. *Мещерякова Т.П.* Проектирование систем защиты самолетов и вертолетов. – М.: Машиностроение, 1977. – 232 с.
6. *Пат. 10592* Україна, МПК6 В08В/03/02, В08В9/00. Комбінований спосіб очищення конструктивних елементів від забруднень / Ю.М. Чоха, В.О. Ігнатов, Є.О. Ластовка. – НАУ. – №2005 04826; Заявл. 23.05. 2005; Оpubл. 15.11.2005 // Бюл. № 11.

Стаття надійшла до редакції 10.11.05.

Ю.Н. Чоха

Обоснование способа очистки элементов авиационных двигателей от эксплуатационных загрязнений

Описан комбинированный способ электроимпульсной вакуумно-пневмогидравлической очистки конструктивных элементов газотурбинных двигателей от твердых загрязнений.

Y.M. Chokha

Reasons and procedure of peeling attached to operation soiling of aircraft engine elements

Booth, the peeling procedure and devises, using electro – impulse vacuum – pneumo hydro cleaning method to remove solid substances formation from aircraft gas - turbine engine elements after some periode of operation.