

# Літальні апарати: аеродинаміка, силові установки, обладнання та озброєння

УДК 629.7.083

О.М. Добриденко<sup>1</sup>, Р.В. Качмар<sup>2</sup>, О.І. Крешний<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Державний науково-дослідний інститут авіації, Київ

<sup>2</sup> Львівський державний авіаремонтний завод, Львів

<sup>3</sup> Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЧИН РОЗВИТКУ КОРОЗІЙНИХ УРАЖЕНЬ СТИКОВИХ НАКЛАДОК КІЛІВ ЛІТАКІВ ТИПУ МиГ-29

Наведені результати експерименту по встановленню причин розвитку корозії на силових елементах кілів літаків типу МиГ-29.

**Ключові слова:** кіль літака, силовий елемент, корозія, гальванічна пара, вуглепластик.

### Вступ

Під час діагностування стикових накладок кілів літаків типу МиГ-29, проведеного у військових частинах, були виявлені такі небезпечні корозійні ураження, що виникли сумніви щодо перспективи подальшого використання літаків цього типу. Оскільки причина розвитку корозії залишилась не встановленою, було висунуто гіпотезу, що її слід пов'язувати з особливостями конструкції кілів літаків цього типу, а саме з наявністю в їх конструкції силових елементів, виготовлених з композиційного матеріалу на основі вуглепластику КМУ-4Л, що працюють у контакті з дюралевою накладкою.

Сама по собі думка, що пластмаса може проводити електричний струм і перетворитися на електрод, раніше не виникала, але, як це виявилось у серії проведених експериментів, пара «вуглепластик (КМУ-4Л) – сплав алюмінію (Д-19)» спроможна в умовах експлуатації створити гальванічний елемент, робота якого і здібна спричинити розвиток корозійних процесів. Для цього потрібен лише електроліт, роль якого може взяти на себе атмосферна волога з домішками природних забруднювачів – це пил, бруд, агресивне газове оточення промислового та атмосферного походження. Заклепки, які з'єднують вуглепластикову панель з матеріалом дюралевої основної конструкції, сприяють короткому замиканню електричного ланцюга.

### Основний розділ

План експерименту по визначенню електрохімічних властивостей гальванічного елемента, виготовленого з компонентів гальванічної пари «дюралюміній – вуглепластик» і електроліту природного походження, складався з підготовки електроліту, виготовлення електродів, створення експеримента-

льної установки і зняття електричних характеристик. За електроліт бралася дистильована вода, яка продувалася оточуючим повітрям і одночасно піддавалася дії електричних розрядів, що імітувало природні процеси випадіння опадів.

Загальний вид обладнання, застосованого при проведенні експерименту наведено на рис. 1.



Рис. 1. Обладнання, застосоване при проведенні експерименту

На рис. 1: 1 – мікроамперметр – клас точності 02, діапазон вимірювання струму  $-0..100\text{мкА}$ , внутрішній опір  $R_{\text{вп}} = 6,5\text{ кОм.}$ ; 2 – еталонний резистор  $R_{\text{ет}}$  – клас точності 02, опір  $50\text{ кОм.}$ ; 3 – термометр; 4 – кювет з гальванічною парою.

За основні електричні характеристики гальванічного елемента вважалися електрорушійна сила (ЕРС) і струм короткого замикання  $I_{\text{кз.}}$ .

Методика розрахунку ЕРС:

1. Вимірюємо струм у ланцюзі –  $I_1$ .
2. Вимірюємо струм при замиканні ланцюга –  $I_2$ .
3. Визначаємо  $R_0$  та ЕРС гальванічного елемента за формулами

$$R_0 = R_{\text{ет}} I_1 / (I_2 - I_1) - R_{\text{вп.}}; \quad \text{ЕРС} = I_2 R_0.$$

Результати вимірювань та розрахунків наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Результати вимірювань та розрахунків електричних характеристик гальванічного елемента

№ з/п	Температура електроліту (°C)	Сила струму I <sub>1</sub> (мкА)	Сила струму I <sub>2</sub> (мкА)	R <sub>ет</sub> (кОм)	R <sub>о</sub> (кОм)	ЕРС (мВ)
1	0	2,5	4,5	50	56	252
2	5	2,0	4,0	50	43,5	174
3	10	2,25	4,25	50	49,75	211
4	15	2,5	5,04	50	42,7	215
5	20	2,7	6,25	50	31,53	197
6	25	2,9	7,4	50	25,7	190
7	30	3,2	8,6	50	23,1	199
8	35	3,55	9,9	50	21,45	212
9	40	3,8	11,2	50	19,175	215

З наведених у табл. 1 даних видно, що гальванічний елемент, складений з матеріалів, які застосовуються при виготовленні кілів літаків типу МиГ-29, має значну ЕРС навіть у край слабкому електроліті. З підвищенням температури електроліту його внутрішній опір різко знижується, що сприяє зростанню струму короткого замикання I<sub>кз</sub>, як наслідок, підвищення інтенсивності корозійних процесів.

Силу струму короткого замикання можна визначити за формулою:

$$I_{кз} = EPC / R_0 = I_2 (R_0 + R_{пр}) / R_0.$$

Результати розрахунків занесені в табл. 2. Графік залежності сили струму короткого замикання від температури електроліту за даними, одержаними на початковому етапі досліджень наведено на рис. 2.

Таблиця 2

Залежність струму короткого замикання від температури

t°C	0	5	10	15	20	25	30	35	40
I <sub>кз</sub>	5,02	4,59	4,81	5,81	7,54	9,27	11,02	12,90	15,00

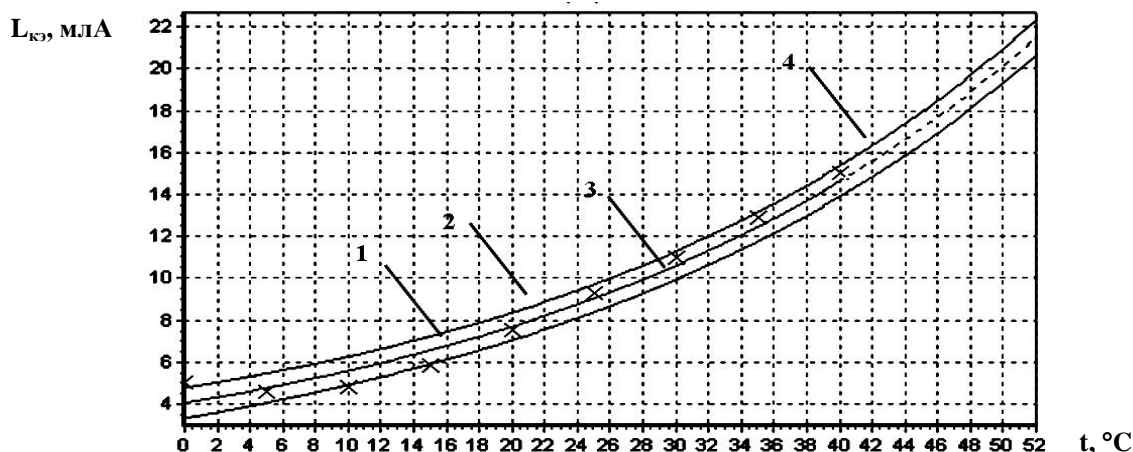


Рис. 2. Графік залежності струму короткого замикання від температури електроліту

На рис. 2: 1 – середня лінія на графіках – лінія тренда; 2 – верхня та 3 – нижня лінії проведені на відстані одного середнього квадратичного відхилення від лінії тренда; 4 – (пунктир) – прогноз значень струму короткого замикання при більш високій температурі.

Лінія тренда може бути апроксимована формулою  $y = ae^{bt}$  при  $a=4,06301$ ,  $b=0,033013$ .

Середнє квадратичне відхилення  $\sigma=0,65715$ , коефіцієнт кореляції  $r=0,97$ .

Одержані результати дають можливість проведення розрахунків інтенсивності (перенос маси, втрата об'єму, стоншення пластини) руйнівних процесів.

Результати розрахунків річного руйнування накладок з урахуванням даних, одержаних при проведенні експерименту, наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Результати дії руйнівного корозійного процесу на пластинці зі сплаву Д19 при температурі 25°C за 1 рік за даними експерименту

№ з/п	Найменування параметра	Абсолютне значення	Значення у відсотках
1	Втрага маси (г)	0,312	0,114
2	Втрага об'єму(мм <sup>3</sup> )	11,3	0,114
3	Стоншення (мм)	0,06	допуск 0,3мм

## Висновки

1. Проведено аналіз особливостей комбінованої конструкції кілів літака МиГ-29, яка в умовах експлуатації піддається інтенсивній корозії.

2. Розвиток інтенсивних корозійних процесів на стикових накладках кілів літаків типу МиГ-29 здійснюється через механізм електрохімічної корозії в місцях контакту пластин вуглепластику КМУ-4Л з матеріалом основної конструкції літака - алюмінієвий сплав типу Д-19 при наявності природного електродного потенціалу.

3. Експериментально встановлені параметри електрохімічного процесу і вплив на них зовнішніх умов експлуатації (температура, щільність, час).

4. Матеріали досліджень у подальшому будуть використані при встановленні періодичності контролю конструкції кілів МиГ-29 для виявлення ступеню ушкодження та відпрацювання рекомендацій з усунення наслідків корозії.

## Список літератури

1. *Коррозия и борьба с ней*: пер. с англ. / под ред. А.М. Сухотина, – Ленинград: Химия, 1989, – 673 с.

2. *Справочник по электрохимии* / под ред. А.М. Сухотина. – Ленинград: Химия, 1981. – 1133 с.

Надійшла до редколегії 15.02.2011

Рецензент: канд техн. наук, проф. Ю.І. Миргород, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЧИН РАЗВИТИЯ КОРРОЗИЙНЫХ ПОРАЖЕНИЙ СТЫКОВЫХ НАКЛАДОК КИЛЕЙ САМОЛЕТОВ ТИПА МИГ-29

О.Н. Добриденко, Р.В. Качмар, А.И. Кремешный

*Приведены результаты эксперимента по установлению причин развития коррозии на силовых элементах килей самолетов типа МиГ-29.*

**Ключевые слова:** киль самолета, силовой элемент, коррозия, гальваническая пара, углепластик.

## DETERMINATION OF REASONS OF DEVELOPMENT OF CORROSIVE DEFEATS OF FISH-PLATES OF KEELS OF AIRPLANES OF TYPE OF MIG-29

O.N. Dobridenko, R.V. Kachmar, A.I. Kremeshniy

*The results of experiment on establishment of reasons of development of corrosion are resulted on the power elements of keels of airplanes of type of MIG-29.*

**Keywords:** keel of airplane, power element, corrosion, galvanic pair, black-reinforced plastic.