

РЕМОНТ КОМПОЗИЦИОННОЙ КОНСТРУКЦИИ

Т. И. АХМЕТОВ¹, А. И. ЖУК²

¹ nikaxa@inbox.ru, ² mr.abdusattor@list.ru

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Аннотация. Проведено исследование влияния материалов ЖС – 32 и ВЖМ – 4, а также геометрии охлаждающих каналов на запас прочности лопатки 1 ступени турбины ТРДД.

Ключевые слова: рабочая охлаждаемая лопатка турбины; температурное состояние; жаропрочный сплав; прочность.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе эксплуатации летательных аппаратов возможны повреждения отдельных участков планера. В процессе ремонта силовые элементы с большими повреждениями нужно удалять. Замена поврежденного силового элемента в подавляющем большинстве случаев требует конструктивного изменения ремонтируемого участка. При этом меняются прочность, жесткость и устойчивость силового элемента, увеличивается масса конструкции, возникает опасность нарушения внешних обводов несущих поверхностей.

Значительные отклонения перечисленных параметров от исходных значений могут вызвать нарушение работоспособности отремонтированных участков и всего летательного аппарата в целом. Отклонение жесткости отремонтированного участка от исходной вызывает изменение величины упругой деформации процесса полета и искажение геометрической формы внешних обводов, т.е. изменение аэродинамических характеристик и ухудшение летных качеств летательного аппарата. Как увеличение, так и уменьшение жесткости вызывает перераспределение нагрузки, вызывающее уменьшение выносливости перегруженного элемента.

Анализируя наиболее распространенные существующие методы ремонта композици-

онных конструкций, можно точно выявить их последовательность, расходные материалы, положительные и отрицательные эффекты.

За основу берется ремонт композиционной обшивки элерона. Для упрощения представляется элерон в виде пластины, состоящей из обшивки, слоистого материала и подкрепляющими элементами. Элерон снят с крыла и поставлен на специальный ремонтный стол (стенд). Начальные операции по вырезу повреждения и подготовительным операциям будем считать выполненными.

Способ подразумевает поэтапное выполнение ремонта [1]:

- наносится антиадгезив на оснастку и выжидается время для ее отвердевания, протирается тканью;
- накладывается слой с адгезионными свойствами, выходя за площадь формируемого фрагмента обшивки;
- после отвердевания проводится первое уплотнение (рис. 1);
- пленку скручивают в рулон и убирают на хранение, а вакуумный мат убирают и кладут в сухое и чистое место;
- интегрируются композиционные конструкции в оснастку и придаются нужные механические характеристики и формы, где происходит сцепление с фрагментом обшивки;

- накладывается двухсторонняя клейкая лента, не заходящая на площадь отверстия в обшивке. Затем устанавливают электропроводящий слой, за пределы контуров двухсторонней клейкой ленты, и защитную бумагу;

- проводят новое уплотнение. Убирается припуск сетки, выступающий за форму, обозначенный двухсторонней клейкой лентой. В заключении проводят повторное уплотнение слоев, и готовая деталь показана на рис. 2.

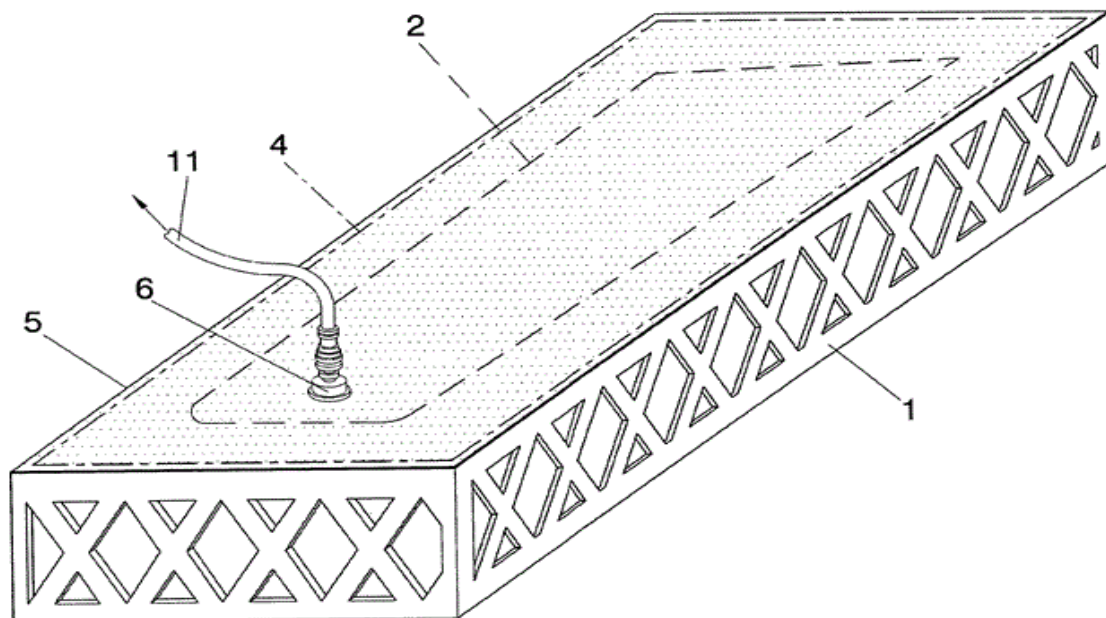


Рис. 1. Первое уплотнение: 1 – оснастка; 2 – слой с антиадгезионными свойствами; 4 – вакуумный мат; 5 – пленка с упругими свойствами; 6 – клапан; 11 – вакуумный шланг

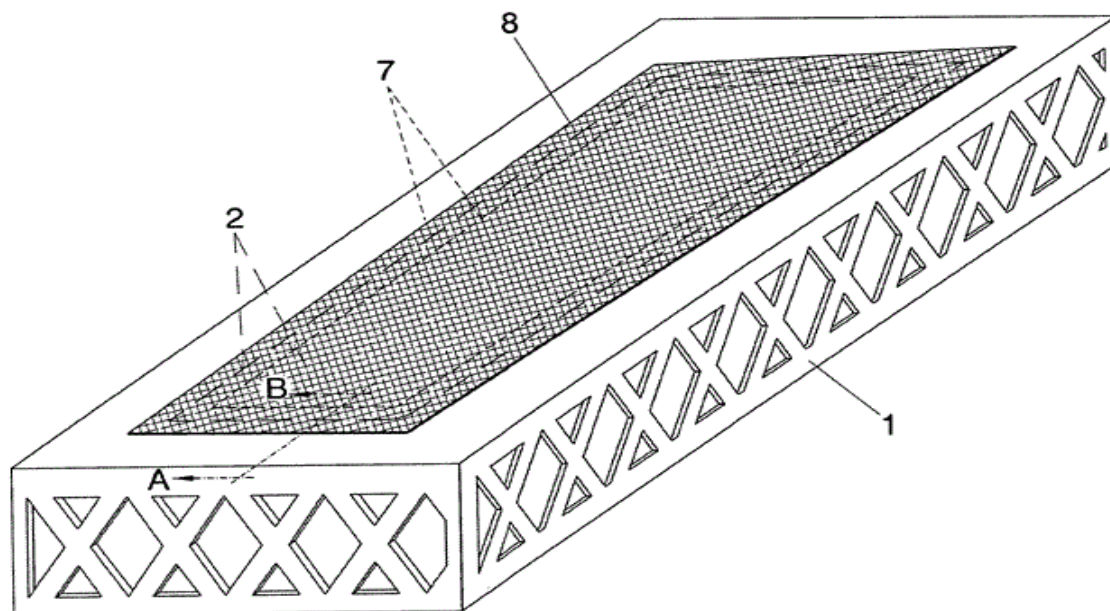


Рис. 2. Готовое отремонтированное изделие: 1 – оснастка; 2 – слой с антиадгезионными свойствами; 7 – двухсторонняя клейкая лента; 8 – электропроводящий слой

Необходимо оценить работоспособность конструкции под заданными нагрузками.

Расчет выполняется в соответствии с методическими указаниями [2].

В этом случае элерон схематизируется балкой, шарнирно размещенной в крыле.

Элерон представляется в виде балки, закрепленный на четырех опорах. Так как эта система статически неопределима, то заменяем две опоры на их реакции и вычисляем их с помощью метода сил [4, 5], расчет производится с помощью [3].

При расчете на прочность нахлесточного клеевого соединения размер нахлестки может быть определен из условия равнопрочности соединяемых деталей и клеевого шва:

$$l = \delta * \frac{\sigma_p}{\tau_c},$$

В табл. 1 приведены расчеты результирующей силы отклоняемого элерона на разных скоростях и высотах.

Результаты расчетов для построения схемы внешних нагрузок сводим в табл. 2, где δ – толщина склеиваемых деталей; σ_p – допускаемое напряжение на растяжение этих деталей; τ_c – допускаемое напряжение на срез клеевого шва.

Расчет на прочность клеевого шва нахлесточного соединения производят по формуле:

$$\tau'_c = \frac{F}{(b * l)} \leq [\tau'_c],$$

где τ'_c – расчетное напряжение на срез в клеевом шве; F – сила, действующая на соединение; b – ширина соединяемых деталей.

Таблица 1

Расчет результирующей силы

$H, \text{ км}$	ϕ	C_y	C_x	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$U, \text{ м/с}$	$Y, \text{ Н}$	$X, \text{ Н}$	$R, \text{ Н}$
10,6	1	0,16	0,0075	0,376	252,7	2650	124	2653
5	3	0,23	0,0112	0,736	194,4	4416	246	4421
3	4	0,3	0,014	0,909	166,6	5226	243	5232

Таблица 2

Результаты расчетов внешних нагрузок

№ сечения		Z_i	q_{yi}^A	q_{yi}^{KP}	q_{yi}
Размерность	-	м	Н/м	Н/м	Н/м
1	2	3	4	5	6
1	1,000	0,500	79711	152	79864
2	0,800	0,400	79711	244	79955
3	0,600	0,300	79711	335	80047
4	0,400	0,200	79711	427	80138
5	0,200	0,100	79711	518	80229
6	0,000	0,000	79711	608	80320

По технологическим картам Boeing решается делать ремонт трещины в один дюйм в зоне сота, т.е. $l \geq 25,4$ мм. Исходные данные для расчета длины нахлестки: $\delta = 0,002$ м; $b = 0,0254$ м (один дюйм); $\sigma_p = 1,27$ ГПа; $\tau_c = 32$ МПа, был выбран клей ВК-41 с учетом технологического процесса, времени хранения, температуры отвердевания и высоким показателем, допускаемым напряжением на срез.

$$l = 0,002 * \frac{1,27 * 10^9}{32 * 10^6} = 0,0793 \text{ м};$$

$$\tau'_c = \frac{49880}{(0,0254 * 0,0793)} * 10^6 = 24,74 \text{ МПа} \leq 32 \text{ МПа}.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, новый способ уплотнения обеспечивает упрощение процесса с исключением образования отходов, утечек из вакуумного пакета и затрат на инструменты, а, следовательно, улучшение технологического процесса ремонта элерона. Нанесение дополнительного слоя антиадгезива позволяет исключить слипание слоев, это делается для того, чтобы исключить возникновение дополнительных напряжений (концентратора напряжений) в материале. При расчете данного метода уплотнения было выявлено, что условия прочности выполняются. Так же этот метод позволяет сократить время ремонта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2012128931/05, 26.10.2010. Способ уплотнения изделия из композиционных материалов. Авторы Герардо Гонсалес-Фернандес, Виктор Санчес-Монтес. [Patent 2012128931/05, 26.10.2010. Method of compaction of composite materials. Authors Gerardo Gonzalez-Fernandez, Victor Sanchez-Montes.]
2. Методические указания к курсовой работе «Расчет внешних нагрузок и прочности крыла самолета» - УГАТУ 1996 год. – 49 с. [Methodical instructions to the course "Calculation of the external loads and the strength of the wing" - UGATU, 1996. – 49 p.]
3. Решение задач по сопромату и теоретической механике. [электронный ресурс] URL: <http://www.opromatguru.ru/> – (дата обращения: 15.10.2018). [The solution of problems in strength of materials and theoretical mechanics. [Online] URL: <http://www.opromatguru.ru/> – (date of application: 15.10.2018)]
4. Кинасошвили Р. С. Сопротивление материалов М: Транспорт, 1995 г. – 285 с. [R. S. Kinasoshvili "Resistance of materials" M: Transport, 1995. – 285 p. R. S. Kinasoshvili "Resistance of materials" M: Transport, 1995. – 285 p.]

5. Феодосьев В. И. Сопротивление материалов. Издательство МГТУ 2005 год. – 592 с. [V. I. Feodosiev "strength of materials" publisher MGTY 2005. – 592 p.]

ОБ АВТОРАХ

АХМЕТОВ Тимур Ильдарович, бакалавр каф. АД. Дипл. бакалавр (УГАТУ 2019).

ЖУК Александр Игоревич, доц. каф. АД УГАТУ. Диплом инженера-механика по конструкции и эксплуатации ЛА и двигателей ВИА 1983 г. кандидат техн. наук (ВИА, 1987) Исслед. в области вооружения и военной техники.

METADATA

Title: Studies strength cooled rotor blade of high pressure turbine

Authors: T. I. Akhmetov¹, A. I. Zhuk²

Affiliation: Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

Email: ¹ nikaxa@inbox.ru, ² mr.abdusattor@list.ru

Language: Russian.

Source: Molodezhnyj Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), no. 2 (21), pp. 11-14, 2019. ISSN 2225-9309 (Print).

Abstract: studied strength cooled high pressure turbine rotor blade turbopan used as a ground drive turbine.

Key words: The working cooled turbine blade, the temperature state, the high-temperature alloys, the strength

About authors:

AKHMETOV, Timur Ildarovich, bachelor of KAF. AD. Dipl. Bachelor (USA-TU 2019).

ZHUK, Alexander Igorevich, Dow. CFR. AD. USATU. Diploma of mechanical engineer in design and operation of AIRCRAFT and engines VIA 1983 candidate of technology. Sciences (VIA, 1987) Research. In the field of weapons and military equipment.