

УДК 629.7.036.3.018:614:621.643

И.П. ВАСИЛЬЕВ¹, М.В. ПАВЛОВА², В.Т. ШЕПЕЛЬ²¹ ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва, Россия² ОАО «НПО «Сатурн», Рыбинск, Россия

МЕТОДИКА ОГНЕВЫХ СЕРТИФИКАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ ТРУБОПРОВОДОВ АВИАЦИОННОГО ГТД

В данной статье предложена методика сертификации трубопроводов авиационного ГТД, базирующаяся на стандартах AS 1055D, AC 20-135, ISO 2685:1998. В основу положен подход, основанный на выборе наиболее уязвимых к пожару трубопроводов, испытания которых устанавливают соответствие требованиям пожарной безопасности для всех трубопроводов обвязки авиационного ГТД. Предложена схема классификации трубопроводов по степени их уязвимости к пожару. Использование данного подхода позволяет снизить издержки, связанные с сертификацией трубопроводов, и ускоряет сроки сертификации. Изложены результаты сертификационных огневых испытаний жестких и гибких трубопроводов.

Ключевые слова: авиационный ГТД, сертификация, пожарная безопасность, огневые испытания, трубопроводы.

Введение

Элементы системы внешней обвязки авиационного ГТД включают трубопроводы трех систем: топливной, масляной, воздушной. Нормы летной годности предписывают демонстрацию соответствия трубопроводов авиационного ГТД требованиям пожарной безопасности [1,2]. Пожарная опасность, связанная с трубопроводной обвязкой авиационного ГТД, обусловлена:

– непреднамеренной утечкой или накапливанием воспламеняющихся жидкостей (ВЖ) или их паровой фазы;

– отказами или неисправностями, приводящими, с одной стороны, к нарушению герметичности, а с другой, возникновению источника непреднамеренного зажигания.

Трубопроводная обвязка авиационных ГТД состоит из жестких, гибких и комбинированных трубопроводов. В обвязке современных авиационных двигателей используется до 30% гибких трубопроводов, обеспечивающих трубопроводным системам высокую механическую прочность, отсутствие резонансов, подвижность и компенсацию температурных расширений.

Для подтверждения соответствия нормам летной годности необходимо проведение сертификационных испытаний на огнестойкость (топливные трубопроводы) и огнестойкость (масляные и воздушные трубопроводы).

Проведение огневых испытаний всех трубопроводов авиационного ГТД не оправдано ни экономически, ни технически. Достаточным является

отбор наиболее уязвимых к пожару трубопроводов, успешные огневые испытания которых устанавливают соответствие требованиям на огнестойкость/огнестойкость для всех трубопроводов авиационного ГТД [3]. Поэтому в данной статье рассматривается методика отбора наиболее уязвимых к пожару трубопроводов и определение местоположения зоны их наибольшей уязвимости при пожаре.

1. Методика сертификации трубопроводов

Для сокращения числа испытываемых трубопроводов в статье предложены два уровня классификации трубопроводов по степени их уязвимости к пожару. В качестве первой классификационной группы рекомендовано использовать конструктивные особенности трубопроводов:

- типы фитингов, используемых в трубопроводной обвязке;
- типы уплотняющих элементов;
- число соединений на отдельном трубопроводе.

В качестве второй классификационной группы трубопроводов, характеризующих уязвимость трубопроводов к пожару, предложено использовать рабочие характеристики ВЖ или воздуха:

- максимальное давление в трубопроводе;
- минимальный расход;
- максимальная температура.

При одинаковом максимальном давлении в качестве наиболее уязвимых к пожару выбирались трубопроводы с максимальным внутренним диамет-

ром, поскольку в этом случае будут максимальные напряжения.

При выборе режимов сертификационных испытаний, моделирующих условия развития пожара, использовались значения расходов, давлений топлива, масла или воздуха, соответствующие критическим условиям полета [3].

2. Методика отбора объектов сертификационных испытаний

Наиболее уязвимые к пожару жесткие трубопроводы выбирались по конструкции фитингов и их уплотняющих элементов, а далее отбор проводился по второй классификационной группе. Это обусловлено тем, что рабочая часть жестких трубопроводов имеет толщину стенки, превышающую 0,38 мм, и по определению [4] является огнестойкой.

Для гибких трубопроводов наиболее уязвимой областью является соединение гибкого шланга с муфтами и фитингами.

Конструкция гибких шлангов RM101 и RM180 состоит из следующих элементов (рис. 1а): сердечник из пресованного тефлона; оплётка, состоящая из пучков проволоки из нержавеющей стали AISI 304; противопожарное покрытие Flametite из силиконового композита. Фитинги и муфты, выполнены

из нержавеющей стали. Гибкие шланги RM101 и RM180 соединяются с фитингами с помощью муфт с последующим их обжатием.

Конструкция гибких шлангов S145 состоит из следующих элементов (рис. 1б): гофрированная оболочка из нержавеющей стали AISI 321; оплётка, состоящая из пучков проволоки из нержавеющей стали марки AISI 321; фитинги из нержавеющей стали. Соединение фитингов и гибкого шланга выполняется методом электродуговой сварки.

В качестве примера приведены результаты сертификации жестких трубопроводов двигателей разработки ОАО «НПО «Сатурн». Из 123 жестких трубопроводов одного из двигателей по предложенной классификационной схеме были отобраны 5 трубопроводов наиболее уязвимых к пожару.

В данной серии огневых испытаний использовались фитинги в следующем конструктивном исполнении:

- соединение по наружному конусу с углом раскрытия 74 (ниппель выполнен по ОСТ100943-79, штуцер по ГОСТ 13954-74) (рисунок 2);
- соединения с двумя радиальными фланцами ОСТ114645-89 и ОСТ 14646-89 и двумя уплотнительными резиновыми кольцами по ОСТ100980-80 с рабочей температурой <math><250^{\circ}\text{C}</math> (рис. 3);

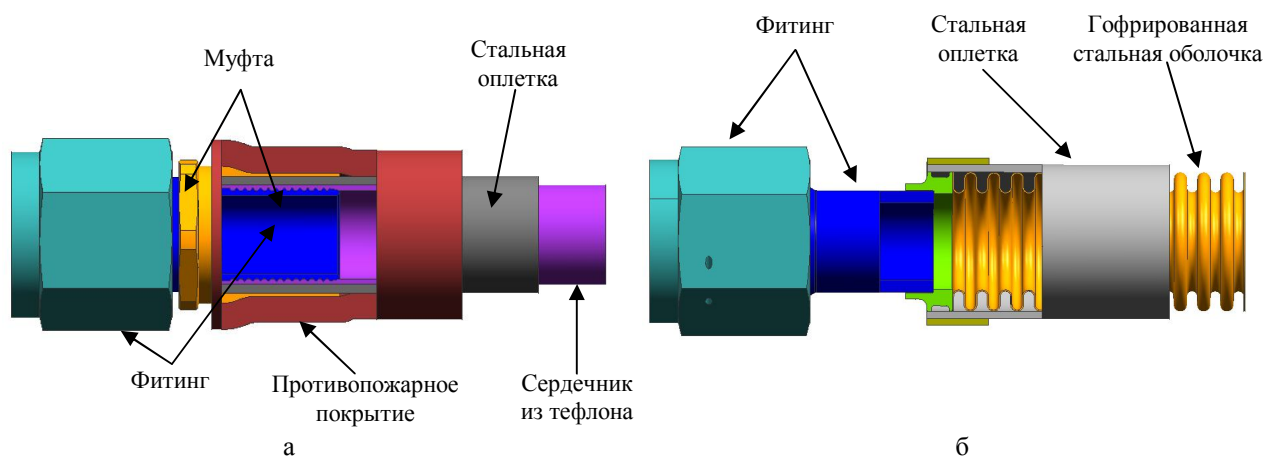


Рис. 1. Конструкция гибких шлангов: а – RM101 и RM180; б – S145



Рис. 2. Соединение по наружному конусу



Рис. 3. Соединение с двумя радиальными уплотнительными резиновыми кольцами

– соединения трубопроводов с двумя радиальными и торцевым уплотняющими резиновыми кольцами (рисунок 4).

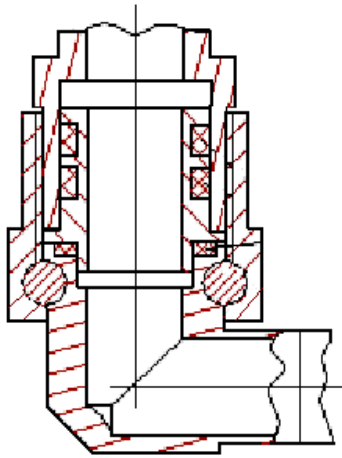


Рис. 4. Соединение с двумя радиальными и торцевыми уплотняющими резиновыми кольцами

При проведении испытаний фитинги препарировались термopарами. Измерение температуры в зоне фитинга необходимо для построения валидированной тепловой и прочностной модели. Такая модель может быть использована для сертификации жестких трубопроводов на основе расчетного анализа. В этом случае расчетом на герметичность необходимо показать, что разгерметизация стыков в случае пожара не произойдет.

Огневые испытания

Согласно [5], при сертификационных испытаниях под огнестойкостью/огнеупрочностью образца понимается его способность выдерживать пламя с температурой $1100 \pm 80^\circ\text{C}$ и плотностью теплового потока $116 \pm 10 \text{ кВт/м}^2$ (без воспламенения и

потери герметичности) как минимум в течение 15/5 минут при выполнении своих функций. В соответствии с ISO 2685:1998 [5] огневые испытания должны сопровождаться вибрацией с амплитудой $\pm 0,4 \text{ мм}$ и частотой 50 Гц (для жестких трубопроводов)/ амплитудой $\pm 1,6 \text{ мм}$ и частотой 33 Гц (для гибких трубопроводов).

Поскольку большинство трубопроводов по своим габаритным размерам не уместятся в поле 6-ти дюймовой газовой горелки, то в пламя горелки помещались наиболее уязвимые к пожару части трубопроводов (фитинги).

Гибкие трубопроводы устанавливались так, чтобы в плоскости вибрации имелся изгиб на 90° , а фитинг и, по крайней мере, 12 см трубопровода должны охватываться стандартным пламенем в процессе испытания.

Шланг гибких трубопроводов для испытаний должен иметь длину не менее 60 см.

Установка жестких трубопроводов проводилась в плоскости, обеспечивающей максимальный изгибающий момент в соединении фитинга.

На рис. 5 показаны жесткие (а) и гибкие (б) трубопроводы, установленные на стенде Ц-17ГЗ.

Выводы

1. Предложенная методика позволяет провести сертификацию трубопроводов авиационного ГТД наиболее экономично, так как объем испытаний при этом сокращается на 70 %.

2. Герметичность стальных фитингов, фитингов с двойным уплотнением в условиях пожара обеспечивается корректным выбором усилия затяжки.

3. Результаты сертификационных испытаний показали, что огнезащитное покрытие Flametite обеспечивает с запасом огнестойкость и огнестойкость трубопроводной обвязки двигателя.



а



б

Рис. 5. Трубопроводы, установленные на стенде Ц-17ГЗ:
а – жесткие; б – гибкие

Литература

1. *Авиационные правила, часть 33 (АП-33). Нормы летной годности двигателей воздушных судов [Текст]: Межгосударственный авиационный комитет (МАК), 2012. – 52 с.*

2. *Certification Specifications for Engines (CS-E) [Text]. – European Aviation Safety Agency (EASA), 2007. – 193 p.*

3. *Васильев, И.П. Огневые испытания трубопроводов авиационного ГТД [Текст] / И.П. Васильев, М.В. Павлова, В.Т. Шепель // Вестник двигателестроения. – 2012. – № 2. – С. 21-24.*

4. *AC 20-135, Powerplant Installation and Propulsion System Component Fire Protection Test Methods, Standards, and Criteria [Text]// FAA, 1990. – 15 p.*

5. *ISO 2685:1998 Aircraft - Environmental test procedure for airborne equipment - Resistance to fire in designated fire zones [Text], 1998. – 35 p.*

Поступила в редакцию 31.05.2013, рассмотрена на редколлегии 12.06.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., эксперт КО «Перспективные разработки и экспериментальные исследования ГТД» В.И. Богданов, ОАО «НПО «Сатурн», Рыбинск.

МЕТОДИКА ВОГНЕВИХ СЕРТИФІКАЦІЙНИХ ВИПРОБУВАНЬ ТРУБОПРОВІДІВ АВІАЦІЙНОГО ГТД

І.П. Васильєв, М.В. Павлова, В.Т. Шепель

У даній статті запропоновано методику сертифікації авіаційного ГТД, що базується на стандартах AS1055, ISO 2685:1998. В основу покладено підхід, заснований на виборі найбільш уразливих до пожежі трубопроводів, випробування яких встановлюють відповідність вимогам пожежної безпеки для всіх трубопроводів об'язки авіаційного ГТД. Запропоновано схему класифікації трубопроводів за ступенем їх уразливості до пожежі. Використання даного підходу дозволяє знизити витрати пов'язані з сертифікацією трубопроводів та прискорює термін сертифікації. Викладено результати сертифікаційних вогневих випробувань жорстких та гнучких трубопроводів.

Ключові слова: авіаційний двигун, пожежна безпека, вогневі випробування, трубопроводи.

METHOD OF FIRE CERTIFICATION TEST OF AIRCRAFT ENGINE PIPES

I.P. Vasilev, M.V. Pavlova, V.T. Shepel

This article presents a aircraft engine certification method, based on the standards AS1055, ISO 2685:1998. It is based on the selection method of the most vulnerable to fire pipes. Tests of these pipes establish compliance with fire safety requirements for all aircraft engine pipe manifold. A scheme for the pipes classification according to their vulnerability to fire is given. Using this method reduces the costs and execution time associated with the pipes certification. The results of fire certification tests of rigid and flexible pipes are examined.

Keywords: aircraft engine, fire safety, fire tests, pipes.

Васильєв Иван Павлович – вєдуший инженер ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова», Москва, Россия.

Павлова Мария Владимировна – инженер-конструктор ОАО «НПО «Сатурн», Рыбинск, Россия, e-mail: maria_pavlova_76@mail.ru.

Шепель Вячеслав Тимофеевич – д-р техн. наук, профессор, начальник КО «Сертификация авиационных ГТД и промышленных ГТУ», ОАО «НПО «Сатурн», Рыбинск, Россия, e-mail: sshapel@yandex.ru.