

ИНФОРМАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ		
№ ИМ-21.33-03		
Ревизия 01	Дата	30.04.2025
Подтверждение сертификационных требований пожарной безопасности авиационных двигателей		
Москва, 2025 г.		

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№	Описание изменения	Номер ревизии	Дата
1.	Введение в действие первоначального документа	01	30.04.2025
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

Первоначальная редакция данных методических рекомендаций подготовлена Авиарегистром России на основе документа «Методические рекомендации по подтверждению сертификационных требований пожарной безопасности авиационных двигателей», разработанного ФАУ «ЦИАМ им. П.И. Баранова».

СОДЕРЖАНИЕ

1 Цель и назначение	4
2 Нормативные ссылки и источники информации.....	5
3 Термины и определения.....	6
4 Сокращения и обозначения.....	9
5 Формулировки основного и связанных параграфов отечественных Норм летной годности.....	10
6 Формулировки основного и связанных параграфов зарубежных Норм летной годности	12
7 Основная часть (рекомендации по подтверждению пожарной безопасности авиационных двигателей).....	15
8 Критерии зачётности огневых испытаний.....	31
Приложение А.....	33
Приложение Б.....	34

1 Цель и назначение

Настоящие методические рекомендации распространяются на авиационные двигатели и силовые установки воздушных судов при подтверждении соответствия требованиям пожарной безопасности их компонентов в части огнестойкости и огнестойкости.

Необходимость обеспечения пожарной безопасности авиационных маршевых двигателей обусловлена наличием различных горючих материалов и жидкостей, практически неограниченным количеством окислителя и разнообразных потенциальных источников воспламенения.

Под пожарной безопасностью двигателя понимается состояние двигателя, при котором в соответствии с установленными требованиями минимизированы случаи пожара, возможность его распространения и его последствия. Пожарная безопасность включает в себя меры по предотвращению пожара (исключение условий возникновения пожара) и меры по пожарной защите (предотвращение воздействия опасных факторов пожара и возможных последствий от него).

Концепция пожарной безопасности двигателя сводится к необходимости обеспечения того, что конструкция двигателя, используемые материалы и технология изготовления были бы такими, чтобы минимизировать возможность возникновения и распространения пожара и его последствия.

Целью настоящих методических рекомендаций является представление приемлемых методов, которые могут быть применены для демонстрации соответствия требованиям Норм летной годности в части пожарной безопасности авиационного двигателя и силовой установки воздушного судна, а также гармонизация разработанных рекомендаций с требованиями зарубежных Авиационных правил и рекомендательных циркуляров. Методические рекомендации описывают приемлемые, но не единственные методы, для демонстрации соответствия применимым требованиям. Заявитель может установить и другие методы демонстрации соответствия.

Методические рекомендации разработаны с учетом опыта установления соответствия действующим требованиям, а также учитывают мировой опыт проведения огневых испытаний.

Методические рекомендации предназначены для использования Разработчиком при предоставлении Уполномоченному органу доказательств соответствия авиационного двигателя и силовой установки воздушного судна требованиям пожарной безопасности.

2 Нормативные ссылки и источники информации

В настоящих рекомендациях используются ссылки на следующие нормативные правовые акты Российской Федерации и источники информации:

1. Межгосударственный авиационный комитет. Авиационные правила часть АП-33. Нормы летной годности двигателей воздушных судов. 2012 г.
2. 14 CFR, Part 33 – Airworthiness Standards: Aircraft Engines
3. European Aviation Safety Agency. Certification Specifications and Acceptable Means of Compliance for Engines. CS-E Amendment 6, 2020 г.
4. АМС к CS-E 130 «Fire Protection», 2020 г.
5. ISO 2685:1998 «Aircraft — Environmental test procedure for airborne equipment — Resistance to fire in designated fire zones», 1998 г.
6. ОСТ 1 01208-2012 «Двигатели авиационные и силовые установки. Огневые испытания компонентов. Общие технические требования», 2012 г.
7. Рекомендательный циркуляр РЦ-D33.3(7) «Проведение огневых испытаний компонентов двигателя на огнестойкость и огнестойкость», 2011 г.
8. Рекомендательный циркуляр РЦ-АП 33.17 «Пожарная безопасность», 2005 г.
9. Advisory Circular AC 33.17-1A «Engine Fire Protection § 33.17», 2009 г.
10. Advisory Circular AC 20-135 «Powerplant installation and propulsion system component fire protection test methods, standards, and criteria», Change:1, 2018 г.
11. Aerospace standart SAE AS4273 (R) «Fire Testing of Fluid Handling Components for Aircraft Engines and Aircraft Engine Installations», 2007 г.

3 Термины и определения

В настоящих рекомендациях используются термины и определения, представленные в текущем разделе документа.

Термин	Определение
Пожароопасный отсек	Отсек на самолете (вертолете), в котором имеется потенциальная опасность возникновения очага пожара из-за наличия в нем сочетания горячих жидкостей и источников зажигания
Установленная пожароопасная зона	Определённые области силовой установки, указанные в параграфах 23.1181, 25.1181, 29.1181, которые должны удовлетворять специальным требованиям к пожарной защите силовой установки согласно АП-23, АП-25 и АП-29
Средства пожарной защиты	Совокупность конструктивных мер пожарной защиты, средств пожарной сигнализации и пожаротушения, устанавливаемых на самолете (вертолете)
Огневая устойчивость конструкции	Способность конструкции пожароопасного отсека самолета (вертолета), а также размещенных в них элементов и агрегатов выполнять свои функции при действии теплового потока в течение заданного времени от стандартного (испытательного) пламени
Стандартное пламя для испытаний (стандартное пламя)	Пламя со средней температурой $(1100 \pm 80) ^\circ\text{C}$ и плотностью теплового потока не менее 106 кВт/м^2
Плотность теплового потока	Интенсивность тепловой энергии от пламени, измеренное в Вт/см^2 (кВт/м^2). Для измерения плотности теплового потока пламени следует использовать одно из следующих устройств: – датчик теплового потока; – тепломерное устройство, изготовленное из медной трубки, используемой для измерения теплового потока
Огнестойкость	Способность материала, детали или компонента выдерживать пламя со средней температурой $(1100 \pm 80) ^\circ\text{C}$ плотностью теплового потока не менее 106 кВт/м^2 не менее 5 минут при выполнении своих функций в соответствии с целью их использования при нагреве и других условиях, которые могут возникнуть при пожаре
Огнестойкость	Способность материала, детали или компонента выдерживать пламя со средней температурой $(1100 \pm 80) ^\circ\text{C}$ плотностью теплового потока не менее 106 кВт/м^2 не менее 15 минут при выполнении своих конструктивных функций в соответствии с целью их использования при нагреве и других условиях, которые могут возникнуть при пожаре
Воспламеняющиеся жидкости (ВЖ)	Жидкости, которые будут гореть после удаления источника зажигания. К ВЖ относятся, например, авиационное топливо, двигательное масло, горючая рабочая жидкость гидросистемы и её аэрозоль. Далее в тексте, если не оговорено специально, аббревиатура «ВЖ» обозначает также и паровую фазу воспламеняющихся жидкостей

Опасное количество	Количество ВЖ, пара или прочих веществ, которое могло бы поддерживать достаточно интенсивный и продолжительный пожар, способный привести к значительному повышению пожарной опасности или к возникновению опасного состояния. Если не установлено иное, за опасное количество ВЖ принимается 0,25 л авиатоплива или масла, или эквивалентное по теплотворности количество другого воспламеняющегося вещества
Пожарная опасность	Пожарную опасность представляют: – непреднамеренная утечка или накопление опасного количества воспламеняющейся жидкости (ВЖ), паров ВЖ или других горючих материалов; – отказ или неисправность, приводящие к возникновению источника непреднамеренного зажигания; – возможность возникновения опасного, связанного с двигателем, последствия
Опасное состояние	Любое состояние двигателя, приводящее к: – нелокализованному пожару на газотурбинном двигателе или к пожару на поршневом двигателе; – нелокализованному разрушению (вылету опасных фрагментов через корпус двигателя); – возникновению нагрузок в узлах крепления двигателя больших, чем предельные нагрузки, определенные по 33.23(а); – какому-либо другому результату воздействия факторов пожара, который препятствовал бы продолжению безопасной работы или выключению двигателя
Опасные и вредные факторы пожара	К опасным и вредным факторам относятся: – пламя; – повышенная температура; – токсичные продукты горения и термического разложения; – дым; – тепловое излучение
Потенциальные источники зажигания	Элементы двигателя или его компоненты, способные выделить энергию (тепловую, электрическую), достаточную для инициирования воспламенения ВЖ или горючего материала
Горючая среда	Среда, способная самостоятельно гореть после удаления источника зажигания
Внешние магистрали, соединения или другие компоненты, содержащие ВЖ	Детали двигателя, в которых содержится и протекает ВЖ и которые не входят в состав основных корпусов, рам и других основных конструкций. Эти детали помимо прочих включают в себя топливные и масляные трубопроводы, редуктор, коробку приводов агрегатов, насосы, теплообменники, клапаны и устройства регулирования подачи топлива в двигатель
Пожарная перегородка	Элемент конструкции двигателя, используемый для изоляции установленных пожароопасных зон, таких, как: – отсек агрегатов двигателя; – отсек газогенератора; – отсек камеры сгорания, турбины и выхлопных труб

	газотурбинных двигательных установок, если в этих отсеках имеются элементы и трубопроводы с ВЖ
Фрагментарные огневые испытания	Испытания фрагментов конструкции двигателя и/или его компонентов стандартным пламенем на соответствие критериям огнестойкости или огнепроницаемости
Компонент	Составная часть, деталь, узел, комплектующее изделие двигателя или силовой установки
Образец для испытаний	Компонент или его часть, непосредственно подвергаемая эксперименту при испытаниях

4 Сокращения и обозначения

В настоящих рекомендациях используются сокращения и обозначения текущего раздела.

Сокращение и обозначение	Значение
АП-33	Авиационные правила. Часть 33
14 CFR, Part 33	Airworthiness Standards: Aircraft Engines (англ.) – Стандарт летной годности: авиационные двигатели
FAA	Federal Aviation Agency – Федеральное Авиационное Агентство
EASA	European Aviation Safety Agency – Европейское Агентство Авиационной Безопасности
AC	Advisory Circular (англ.) – Рекомендательный Циркуляр
CS-E	Certification Specification for Engines (англ.) – Сертификационные требования для двигателя, Нормы летной годности двигателя
AMC	Acceptable Means of Compliance (англ.) – Приемлемые методы определения соответствия

5 Формулировки основного и связанных параграфов отечественных Норм летной годности

Основным параграфом, для которого устанавливается соответствие в АП-33, является §33.17 «Пожарная безопасность».

В третьем издании АП-33 (2012 г.) требования пожарной безопасности были сформулированы в §33.17 в следующем изложении:

(а) Проектирование и конструирование двигателей и используемые материалы, в том числе на основе титана и магния, должны быть такими, чтобы свести к минимуму вероятность пожара, его распространение во время обычной работы и в условиях отказа, а также последствия такого пожара.

Дополнительно при проектировании и конструировании газотурбинных двигателей должна быть минимизирована возможность возникновения внутреннего пожара, который может привести к повреждению конструкции, перегреву или опасным, связанным с двигателем, последствиям.

В конструкции газотурбинного двигателя должны быть предусмотрены меры для предотвращения утечки масла через масляные уплотнения валов и его возгорания.

(b) За исключением случаев, указанных в пп. (с) и (е) данного параграфа, любые внешние магистрали, соединения и другие компоненты, в которых циркулируют или содержатся воспламеняющиеся жидкости при нормальных условиях работы двигателя, должны быть по крайней мере огнестойкими. Эти компоненты должны быть экранированы или расположены таким образом, чтобы исключить воспламенение жидкости в случае утечки.

(с) Баки, содержащие воспламеняющиеся жидкости, связанные с ними перекрывные устройства и узлы их крепления, которые являются частью двигателя и устанавливаются на нем, должны быть огнестойкими или должны быть защищены огнестойким экраном, чтобы повреждение огнем любой неогнестойкой детали не вызвало утечку или выброс опасного количества воспламеняющейся жидкости. Для поршневых двигателей, имеющих встроенный маслоотстойник вместимостью менее 24 л, не требуется, чтобы маслоотстойник был огнестойким или защищен огнестойким экраном.

(d) Если конструкция компонентов и/или элементов двигателя выполняет роль пожарной перегородки, то она должна быть:

- (1) огнестойкой;
- (2) сконструирована так, чтобы опасное количество воздуха, воспламеняющейся

жидкости или пламя не могли проникнуть через пожарную перегородку;

(3) защищена от коррозии.

(е) Должны быть выполнены огнестойкими или защищенными от воздействия высокой температуры следующие элементы, входящие в типовую конструкцию двигателя:

(1*) Воздухопроводы, разрушение которых от воздействия пожара может привести к подаче воздуха в зону горения (для газотурбинных двигателей и поршневых двигателей с турбонагнетателями).

(2*) Компоненты системы управления двигателем, которые расположены в пожароопасной зоне, должны быть по крайней мере огнестойкими.

(f) Накопление опасного количества воспламеняющихся жидкостей и паров должно предотвращаться дренированием и вентиляцией.

(g) [Зарезервирован]

(a*) Если в конструкции газотурбинного двигателя предусмотрен перепуск воздуха из компрессора и отвод воздуха из суфлирующих полостей масляной системы, то воздух должен отводиться не в подкапотное пространство, а в атмосферу или в наружный контур двухконтурного двигателя.

(b*) Элементы конструкции, которые образуют узлы крепления двигателя, должны быть огнестойкими, что должно обеспечиваться либо свойствами самой конструкции, либо защитой указанных узлов огнестойкими экранами.

6 Формулировки основного и связанных параграфов зарубежных Норм летной годности

В разделе представлены результаты анализа требований зарубежных норм летной годности (FAR, CS-E) в части пожарной безопасности и их сравнение с отечественными нормами летной годности (АП-33).

В американских нормах летной годности FAR-33 требования пожарной безопасности с учетом всех действующих поправок, сформулированы в § 33.17 «Пожарная защита».

В европейских нормах летной годности CS-E требования пожарной безопасности, с учетом всех внесенных поправок, сформулированы в CS-E 130 «Пожарная защита».

Сравнительный анализ требований отечественных норм летной годности АП-33, американских норм FAR-33 и европейских норм CS-E показывает, что предписываемые ими требования пожарной безопасности в целом совпадают, однако имеется ряд отличий, отдельные из которых являются существенными. Такими дополнительными требованиями FAR33 §33.17 и CS-E 130 (в сравнении с требованиями подпунктов 33.17 АП-33) к действующим подпунктам 33.17 АП-33 являются:

к подпункту § 33.17(b) АП-33:

- в 33.17(b) FAR-33 указано, что необходимую степень стойкости компонента к пожару (огнестойкий или огнепроницаемый) определяют Авиационные власти.

к подпункту 33.17(c) АП-33:

- в CS-E 130(c) дополнительно для поршневого двигателей указана необходимость соответствия маслоотстойника требованиям CS-E 130(b) – быть по меньшей мере огнестойким, экранированным или расположенным таким образом, чтобы исключить воспламенение жидкости в случае утечки.

к подпункту 33.17(d) АП-33:

- в 33.17(d) FAR-33 указано, что предъявляются требования к конструкции пожарной перегородки, чтобы опасное количество воздуха, воспламеняющейся жидкости или пламя не могли проникнуть не только через неё, но и вокруг неё.

к подпункту 33.17(e)(2*) АП-33:

- в 33.17(e) FAR-33 указано, что необходимую степень стойкости компонента к пожару (огнестойкий или огнепроницаемый) определяют Авиационные власти.

к подпункту 33.17(g) АП-33:

- подпункт 33.17(g) в АП-33 зарезервирован, в то время как в FAR-33 и CS-E данный подпункт (g) введен в действие.

Примечания:

- в подпункте 33.17(g) FAR-33 указаны требования, что любые компоненты, модули или оборудование, которые являются чувствительными к разрядам статического электричества или токам короткого замыкания, или являются их источниками, должны быть должным образом заземлены относительно двигателя.

Аналогичное требование изложено в пункте 33.17А АП-33 «Электрическое соединение».

- в подпункте CS-E 130(g) указаны требования, изложенные в подпункте 33.17(b*) АП-33.

к подпункту 33.17(b*) АП-33

- в CS-E требования подпункта 33.17(b*) АП-33 изложены в подпункте CS-E 130(g). Кроме того, в подпункте CS-E 130(g) дополнительно указано, что элементы конструкции, которые образуют узлы крепления двигателя, могут быть неогнестойкими при особой установке на самолете и, если об этом заявлено в соответствии с CS-E 30. Для поршневых двигателей описаны специальные условия, которым должны соответствовать узлы крепления двигателя.

Требования отечественных норм летной годности АП-33, в части пожарной безопасности, в целом гармонизированы с требованиями зарубежных норм летной годности FAR-33 и CS-E, однако присутствуют различия, в том числе по структуре изложения требований. В подпунктах 33.17 АП-33, в сравнении с подпунктами FAR-33 §33.17 и CS-E 130, содержатся следующие дополнительные требования:

к подпункту § 33.17(a) FAR-33 и CS-E 130(a).

Требования, содержащиеся в подпункте 33.17(a) АП-33:

- конкретизированы материалы (на основе титана и магния), применимость которых должна оцениваться при проектировании и конструировании;
- перегрев конструкции относиться к отказам с опасными последствиями;
- добавлено требование о необходимости мер по предотвращению утечки масла через масляные уплотнения валов и его возгорания.

к подпункту § 33.17(e) FAR-33 и CS-E 130(e).

Требования, содержащиеся в подпункте 33.17(e)(1*) АП-33, в §33.17 FAR-33 и в CS-E 130(e) отсутствуют.

к подпункту § 33.17(f) FAR-33 и CS-E 130(f).

Подпункт 33.17(f) АП-33 имеет уточнение, что накопление не только опасного количества воспламеняющейся жидкости, но и паров должно предотвращаться дренированием и вентиляцией.

Кроме того, в пункте 33.17 АП-33 имеются подпункты (а*) и (b*). В FAR-33 данных подпунктов и текста аналогичного содержания не содержится.

В CS-E 130 присутствует требование аналогичное изложенному в пункте (b*) и изложено в подпункте CS-E 130(g). Требования подпункта 33.17(a*) АП-33 в CS-E 130 не содержится.

7 Основная часть (рекомендации по подтверждению пожарной безопасности авиационных двигателей)

Основные методы подтверждения пожарной безопасности авиационных двигателей пунктам АП-33, FAR-33 и CS-E изложены в соответствующих рекомендательных циркулярах РЦ-АП 33.17, АС 33.17-1А и АМС E130.

Рекомендательный циркуляр РЦ-АП 33.17 был издан в 2005 году и основывался на требованиях АП-33 2004 года, в то время как в настоящее время действуют АП-33 2012 года. Несмотря на имеющиеся различия в нормах 2004 и 2012 года, рекомендательный циркуляр продолжает действовать и в настоящее время, так как отражает основные подходы и методы подтверждения соответствия компонентов авиационных двигателей в части пожарной безопасности, которые не менялись.

Представленные ниже методические рекомендации являются результатом актуализации методов подтверждения пожарной безопасности авиационных двигателей требованиям действующих отечественных норм летной годности с учетом имеющегося накопленного опыта при проведении огневых испытаний различных компонентов двигателя и аналитического исследования зарубежных норм летной годности.

7.1 К пункту 33.17(a) АП-33 «Проектирование и конструирование двигателей и используемые материалы, в том числе на основе титана и магния, должны быть такими, чтобы свести к минимуму вероятность пожара, его распространение во время обычной работы и в условиях отказа, а также последствия такого пожара.

Дополнительно при проектировании и конструировании газотурбинных двигателей должна быть минимизирована возможность возникновения внутреннего пожара, который может привести к повреждению конструкции, перегреву или опасным, связанным с двигателем, последствиям.

В конструкции газотурбинного двигателя должны быть предусмотрены меры для предотвращения утечки масла через масляные уплотнения валов и его возгорания».

Методические рекомендации

7.1.1 Опыт показывает, что при использовании таких материалов, как магниевые и титановые сплавы, могут потребоваться специальные меры предосторожности для предотвращения недопустимой пожарной опасности. При анализе конструкции следует учесть возможность пожара из-за достижения опасного значения температуры титановой/магниевой детали в результате трения, разрушения или контакта с горячими газами.

Также необходимо проводить оценку пожарной опасности для всех материалов, используемых для истираемых покрытий.

Соответствие требованию пункта 33.17(a) должно доказываться путем анализа конструкции двигателя и используемых материалов в части:

- схемы двигателя, системы охлаждения и вентиляции, способа размещения баков и других компонентов с ВЖ;

- примененных конструктивных средств защиты от пожара (противопожарные перегородки, отсечные топливные и масляные краны и т.п.);

- максимальных температур поверхностей двигателя и его компонентов. Эти температуры должны быть на величину установленного запаса ($\sim 25^{\circ}\text{C}$) меньше, чем температура самовоспламенения используемых топлив, масел и спецжидкостей (см. Приложение А). В тех случаях, когда температура горячей поверхности выше указанной в Приложении А, необходимо учитывать возможный состав смеси (соотношение ВЖ и воздуха), необходимую скорость обдува поверхности воздухом и другие факторы, которые могут сыграть соответствующую роль при определении возможности воспламенения ВЖ от горячей поверхности. Эти ограничения должны быть внесены в документацию по установке двигателя;

- условий применения сплавов на основе титана по располагаемым температурам, давлению и скорости воздушного потока в зоне применения титановых деталей, также должна учитываться возможность трения титановых деталей между собой (например, лопаток компрессора о статор и т.п.). Многие титановые сплавы, используемые для изготовления компонентов двигателя, могут воспламеняться и поддерживать горение при определенных условиях. Как правило, титан горит очень быстро и интенсивно. Расплавленные частицы при горении титана образуют горячие брызги, вызывающие сильную эрозию и прожигающие корпуса двигателя, с последующим радиальным выбросом расплавленного или раскаленного металла. Демонстрируя соответствие требованиям §33.17(a), заявителю следует оценить конструкцию на уязвимость к возгоранию титана.

Следующие конструктивные меры могут снизить восприимчивость двигателя к возгоранию титана:

- 1 Тип сплава, состав которого снижает вероятность возникновения пожара;
- 2 Покрытия лопаток/корпусов или механические накладки, препятствующие воспламенению или последующему сгоранию;
- 3 Конструктивные решения, которые минимизируют риск возникновения трения:
 - а) назначение гарантированных осевых и радиальных зазоров, предотвращающих

контактное трение титановых деталей;

б) применение истираемых материалов достаточной толщины в зонах вероятного трения, вызванного смещением ротора или статора, включая те, которые могут возникнуть в условиях неисправности;

в) неиспользование титана для смежных деталей ротора и статора;

г) условия работы деталей из сплавов на основе магния, гарантирующие невозможность их возгорания как от трения в случае механического разрушения вращающихся или подвижных деталей двигателя, так и в случае воздействия на детали из магниевых сплавов факторов внутреннего или внешнего пожара. Для этого могут быть приняты следующие меры: отвод тепла за счет массы детали, специальные покрытия, отсутствие концентраторов, из-за которых может начаться возгорание (например, тонкие ребра, литейные фрагменты и др.). В отдельных случаях (например, при изготовлении маслобака или корпусных деталей двигателя из магниевого сплава) могут потребоваться фрагментарные огневые испытания на стойкость к возгоранию при воздействии стандартного пламени;

– условия применения истираемых покрытий. Многие модули вентилятора, компрессора и турбины имеют истираемые покрытия между торцами вращающихся лопаток и корпусами статора, и в некоторых случаях применения уплотнений. Как показывает опыт, в зависимости от материала, используемого для истираемого покрытия, может возникнуть пожар или взрыв при наличии источника воспламенения, если при трении между ротором и статором или в лабиринтных уплотнениях в очень короткий срок истирается значительная часть такого покрытия. При определенных условиях самовоспламенение может произойти в смеси мелких истираемых частиц и горячих газов проточной части, или в местах нахождения частиц. Эти условия должны оцениваться заявителем для каждого вентилятора, компрессора и ступени турбины, имеющих истираемые покрытия, и для других применений истираемых покрытий.

– условия применения поглощающих материалов. Если поглощающие материалы используются вблизи элементов систем с ВЖ, они должны быть подвергнуты обработке или на них должно быть нанесено покрытие для предотвращения поглощения опасного количества ВЖ.

– условия применения волокнистых и полимерных материалов. Некоторые волокнистые и полимерные материалы, такие как арамидное волокно (например, материал кевлар) или композиционные материалы с углеродными волокнами (ПКМ) могут начать окисляться при температуре выше 350 °С. В двигателях арамидное волокно обычно используется в системах удержания ротора вентилятора. ПКМ также используются при

изготовлении лопатки вентилятора, обшивки газогенератора, компонентов мотогондолы и других деталей. Демонстрируя соответствие требованиям §33.17(a), заявителю следует оценить конструкцию из ПКМ, с учетом контактных поверхностей, на уязвимость к возгоранию данных материалов.

- применения электрических/электронных компонентов двигателя в пожаробезопасном исполнении и/или наличия защиты от воздействия факторов пожара (САУ, электропроводка, электроклапаны). Это должно быть доказано путем демонстрации их соответствия требованиям по пожарной безопасности, изложенным в КТ-160G/14G;

- проведение фрагментарных огневых испытаний отдельных компонентов двигателя.

По результатам анализа должно быть показано отсутствие условий для возникновения и распространения пожара.

7.1.2 Дополнительно для газотурбинных двигателей требуется, чтобы при их проектировании и конструировании была минимизирована возможность возникновения пожара внутри двигателя, который может привести к разрушению конструкции или опасным, связанным с двигателем, последствиям.

Для доказательства соответствия данному требованию необходимо представить инженерный анализ, подтверждающий невозможность возникновения пожара внутри двигателя на основании, например:

- соответствия условий применения сплавов на основе титана и магния, а также применения истираемых покрытий, поглощающих материалов, волокнистых и полимерных материалов (см. 7.1.1);

- невозможности трения титановых деталей между собой (например, лопаток компрессора о статор и т.п.), в том числе при возможных отказах (например, при разрушении подшипника, попадании разрушившейся титановой лопатки в тракт);

- результатов термометрирования внутренних полостей двигателя;

- анализа/расчета возможности образования горючей смеси (концентрационных пределов воспламеняемости) в масляных и воздушных полостях (редукторный отсек, масляные опоры, охлаждение турбины и др.) и источников зажигания при возможных отказах;

- материалов по аналогам;

- опыта эксплуатации.

Если по результатам анализа будет установлено, что внутренний пожар невозможно предотвратить, то должно быть показано, что он не приведет к опасному состоянию

двигателя.

7.1.3 Кроме того, согласно требованиям пункта 33.17(а), в конструкции газотурбинного двигателя должны быть предусмотрены меры для предотвращения утечки масла через масляные уплотнения валов и его возгорания.

Соответствие данному требованию может быть доказано путем анализа мер по предотвращению возможности утечки масла через масляные уплотнения валов в случае нарушения герметичности уплотнения (например, за счет перепада давления на уплотнении) и невозможности возгорания утечек масла из-за отсутствия условий.

7.2 К пункту (b) АП-33 «За исключением случаев, указанных в пп. (с) и (е) данного параграфа, любые внешние магистрали, соединения и другие компоненты, в которых циркулируют или содержатся воспламеняющиеся жидкости при нормальных условиях работы двигателя, должны быть по крайней мере огнестойкими. Эти компоненты должны быть экранированы или расположены таким образом, чтобы исключить воспламенение жидкости в случае утечки».

Методические рекомендации

7.2.1 Для доказательства выполнения требований данного пункта необходимо определить компоненты двигателя, в которых содержатся или циркулируют ВЖ, и марки используемых в них ВЖ. Физико-химические показатели некоторых ВЖ, характеризующие их пожарную опасность, приведены в Приложении А. Кроме того, необходимо определить, какой уровень стойкости к пожару (огнестойкости или огнестойкости) должен быть продемонстрирован для каждого компонента, требующего оценки противопожарной защиты. На компоненты систем, в которых предусмотрена отсечка нормальной подачи ВЖ в случае пожара, может быть распространено требование огнестойкости. Например, требования огнестойкости применимы к компонентам топливной системы двигателя, так как 5-минутная стойкость компонентов к пожару дает экипажу достаточно времени для обнаружения пожароопасного состояния, закрытия соответствующего клапана (крана) отсечки топлива и выключения соответствующего двигателя.

Компоненты маслосистемы газотурбинных двигателей, тем не менее, могут продолжать прокачивать масло после выключения двигателя вследствие продолжающегося вращения (авторотации). Данный эффект включает вращение маслососов, установленных на коробке передач, и, как следствие, протекание масла через масляную систему. Подача масла в зону пожара может продолжаться до тех пор, пока не прекратится вращение или не закончится масло. При отсутствии в системе устройств отсечки нормальной подачи ВЖ в случае пожара (например, отсечного клапана в масляной системе), на компоненты такой системы распространяются требования огнестойкости.

в соответствии с пунктом 33.71(c)(8) АП-33. В случае, если компонент двигателя содержит масло, но не является частью масляной системы двигателя и через него не прокачивается масло при нормальной работе двигателя (например, флюгерный насос и исполнительный механизм флюгирования винта подключенные к собственной отдельной масляной емкости), к нему может применяться требование огнестойкости.

Во всех случаях компоненты следует оценивать с точки зрения возможной пожарной опасности (например, количество ВЖ, давление, расход и т.д.).

Требования пункта 33.17(b) не распространяются на дренажные и сливные магистрали и их соединения, если через них не протекает и в них не содержится постоянно опасное количество ВЖ, а их повреждение не приведет к опасности возникновения пожара или не будет способствовать ее повышению.

По результатам анализа оформляется перечень компонентов с указанием требуемого уровня стойкости к пожару (огнестойкости или огнестойкости или огнестойкости).

Огнестойкость или огнестойкость рассматриваемого компонента может быть доказана на основании:

- анализа применяемых материалов;
- анализа конструктивных решений (например, толщины стенки, способов герметизации соединений, применение огнезащитного покрытия, принудительного охлаждения и др.);
- фрагментарных огневых испытаний подобных конструкций при воздействии стандартного пламени;
- материалов по аналогам.

По каждому компоненту определяются необходимость и условия проведения фрагментарных огневых испытаний при воздействии стандартного пламени. В процессе испытаний должны имитироваться возможные внешние условия (вибрации, расходы, температуры и давления ВЖ и др.) для доказательства того, что компонент обеспечит необходимое удержание пожара в эксплуатационных условиях.

Рабочие характеристики и параметры испытываемого изделия должны быть согласованными и стабильными с учетом условий, которые могут возникнуть в случае фактического возгорания в изделии конструкции типа. Например, в зонах, где интенсивный внутренний поток жидкости повышает эффект теплоотвода, и менее устойчив к воздействию пламени, для испытания необходимо указать минимальное значение расхода. То же справедливо и для температуры, количества внутренней жидкости и прочих параметров. Данная оценка в первую очередь относится к критическим рабочим условиям в полете, включая непрерывное вращение (авторотация и флюгирование воздушного винта)

после останова.

Допускается не воспроизводить вибрацию при испытаниях крупных металлических агрегатов или узлов двигателя (более 7 кг). Влияние вибрации на результат таких испытаний сводится к минимуму. Воспроизведение вибрации при проведении огневых испытаний обязательно в случае применения в конструкции испытываемого образца вспениваемых огнезащитных покрытий.

7.2.2 Кроме требований огнестойкости, согласно требованиям пункта 33.17(b), требуется, чтобы любые внешние магистрали, соединения и другие компоненты, в которых циркулируют или содержатся воспламеняющиеся жидкости при нормальных условиях работы двигателя были экранированы или расположены таким образом, чтобы исключить воспламенение ВЖ в случае утечки из этих компонентов.

Основной целью этого требования является минимизация последствий от возможных утечек ВЖ, ее контакта с источником зажигания и последующего воспламенения ВЖ.

К источникам воспламенения относятся горячие поверхности с температурами, равными или превышающими типичные температуры самовоспламенения для авиационных топлив, масел и рабочих жидкостей или любых других компонентов, которые создают электрический разряд, достаточный для воспламенения ВЖ.

При этом выполнение данного требования может быть реализовано одним из следующих методов:

- применением элементов с двойной герметизацией;
- установкой защитных кожухов на соединительные элементы с ВЖ и обеспечением их дренажа. Эффективность дренажа должна быть подтверждена испытаниями с помощью пролива жидкости;
- взаимным расположением компонентов с ВЖ относительно потенциальных источников зажигания на двигателе;
- изоляцией потенциальных источников зажигания, которые в результате трения, соударения могут выделять энергию, превышающую 0,2 мДж;
- обеспечением при нормальной работе и при возможных отказах максимальной температуры поверхностей двигателя на 25 °С ниже, чем температура самовоспламенения рассматриваемой ВЖ (см. Приложение А). В тех случаях, когда температура горячей поверхности выше указанной в Приложении А, необходимо учитывать возможный состав смеси (соотношение ВЖ и воздуха), скорость обдува поверхности воздухом и другие факторы, которые могут сыграть соответствующую роль при определении возможности

воспламенения ВЖ от горячей поверхности. Эти ограничения должны быть внесены в документацию по установке двигателя.

7.3 К пункту (с) АП-33 «Баки, содержащие воспламеняющиеся жидкости, связанные с ними перекрывные устройства и узлы их крепления, которые являются частью двигателя и устанавливаются на нем, должны быть огнестойкими или должны быть защищены огнестойким экраном, чтобы повреждение огнем любой неогнестойкой детали не вызвало утечку или выброс опасного количества воспламеняющейся жидкости. Для поршневых двигателей, имеющих встроенный маслоотстойник вместимостью менее 24 л, не требуется, чтобы маслоотстойник был огнестойким или защищен огнестойким экраном».

Методические рекомендации

7.3.1 Требования огнестойкости распространяются на маслобаки, топливные дренажные бачки и другие емкости, содержащие опасное количество ВЖ. Это требование не распространяется на встроенные маслоотстойники поршневых двигателей емкостью менее 24 л, которые должны быть огнестойкими.

Для доказательства выполнения требований данного пункта необходимо определить баки с ВЖ и узлы их крепления.

Баки могут быть спроектированы и изготовлены с любым сочетанием вышеуказанных или иных не перечисленных элементов, с использованием различных материалов. Поэтому, в некоторых случаях может потребоваться подтверждение соответствия §33.17(с) данными других испытаний на пожарную безопасность, многочисленных локальных испытаний, испытаний на уровне подузлов или данными, полученными на основе опыта эксплуатации для рассмотрения всех элементов бака.

Подтверждение бака требованиям по огнестойкости обычно достигается проведением нескольких огневых испытаний элементов конструкции бака с целью проверки всех ранее определенных критических узлов.

При определении мест воздействия пламени следует учитывать эксплуатационные характеристики бака и возможное наличие специальных защитных элементов, встроенных в конструкцию бака (экраны, покрытия, размещение элементов, и т.д.).

Огнестойкость рассматриваемого компонента может быть доказана на основании:

- анализа применяемых материалов;
- анализа конструктивных решений (например, защитные чехлы, применение огнезащитного покрытия, принудительное охлаждение и др.);
- фрагментарных огневых испытаний подобных конструкций при воздействии

стандартного пламени;

– материалов по аналогам.

По результатам анализа определяются необходимость и условия проведения фрагментарных огневых испытаний при воздействии стандартного пламени. В процессе испытаний должны имитироваться возможные внешние условия (вибрации, расходы, температуры и давления ВЖ и др.) для доказательства того, что бак и его элементы обеспечивают целостность при пожаре в ожидаемых условиях эксплуатации.

Пламя направляют на зоны или элементы бака, которые по результатам анализа или испытания признаны наиболее критическими в отношении воздействия пламени (то есть зоны или элементы, с наименьшей вероятностью способные выдержать условия испытаний или соответствовать критериям прохождения/непрохождения испытания). К таким элементам могут относиться: корпус самого бака, входное и выходное устройства, смотровое окно, сливная пробка, сигнализатор магнитной стружки, узел заправки, линия вентиляции, крышка заправочной горловины и дренажная труба, узлы крепления, отсечной клапан, датчик температуры, датчик уровня масла, сепаратор воздуха/жидкости.

Объем жидкости в баке на начало испытания не должен превышать минимального установленного уровня, если большее количество не является более жестким требованием. Расход первые 5 минут испытания должен проводиться на самом критическом режиме (обычно минимальный расход в режиме полетного малого газа) и последующие 10 минут испытания должны проводиться при расходе в режиме отключения двигателя с учетом продолжающегося вращения (авторотация). Испытание может проводиться по усмотрению Заявителя в течение 15 минут в наиболее критическом режиме (наиболее тяжелые условия работы двигателя или отключение в полете).

Температура жидкости должна быть максимальная (наибольшая температура в установившемся режиме или предельное значение на переходном режиме) в начале испытания, за исключением случаев, когда более низкая температура является более критичной.

Внутреннее давление в баке должно соответствовать рабочему давлению в нормальном рабочем режиме на начало испытания. Предполагается, что эти значения могут изменяться в зависимости от условий испытаний.

7.3.2 Если бак не является огнестойким, то он должен быть защищен огнестойким экраном (например, изготовленным из материалов, приведенных в Приложении Б), чтобы повреждение огнем любой неогнестойкой детали не вызвало утечку или выброс воспламеняющейся жидкости.

Эффективность огнестойких экранов, применяемых для защиты

неогнестойких деталей, должна быть доказана на основании анализа или продемонстрирована в результате огневых испытаний. Должно быть установлено, что воздействие высоких температур за огнезащитным экраном не приводит к утечкам ВЖ, разрушению элементов бака и его узлов крепления.

7.4 К пункту (d) АП-33 «Если конструкция компонентов и/или элементов двигателя выполняет роль пожарной перегородки, то она должна быть:

- (1) огнестойкой;*
- (2) сконструирована так, чтобы опасное количество воздуха, воспламеняющейся жидкости или пламя не могли проникнуть через пожарную перегородку;*
- (3) защищена от коррозии».*

Методические рекомендации

7.4.1 В отдельных случаях элементы заявляемой типовой конструкции двигателя могут выполнять роль пожарной перегородки или ее части, а при установке двигателя на воздушное судно эти элементы совместно с элементами самолета образуют общую пожарную перегородку. Например, для двухконтурного двигателя роль пожарной перегородки может играть разделительный корпус между отсеком газогенератора и вторым контуром, если он входит в заявляемую типовую конструкцию.

Все элементы двигателя, которые выполняют роль пожарной перегородки, должны отвечать требованиям к огнестойкости в условиях, в которых они будут эксплуатироваться. Например, для разделительного корпуса двухконтурного газотурбинного двигателя эти требования должны выполняться при обдуве воздушным потоком со скоростью не более 150 км/ч и при выключенном двигателе.

Конструктивное выполнение пожарных перегородок предварительно оценивается по результатам осмотра двигателя.

Для пожарных перегородок в Приложении Б приведены примеры плоских образцов (с указанием их толщины), подвергающихся воздействию равномерных тепловых потоков, которые однозначно отвечают сертификационным требованиям. Необходимо учитывать, что данные примеры образцов материалов применимы только для пожарных перегородок (и огнезащитных экранов), на которые не действуют механические нагрузки в процессе эксплуатации двигателя.

Если в конструкции пожарной перегородки использованы другие материалы или ее форма не является плоской, а также предполагается существенная неоднородность тепловых потоков, то огнестойкие защитные устройства перегородки должны быть проанализированы. Если огнестойкость перегородки не может быть подтверждена расчетным путем, перегородка должна быть подвергнута огневым испытаниям

стандартным пламенем со средней температурой $(1100 \pm 80) ^\circ\text{C}$ в течение по крайней мере 15 минут. Пожарные перегородки, в конструкцию которых входят огнезащитные покрытия, должны подвергаться испытаниям с воспроизведением вибрации.

Например, изогнутая пожарная перегородка (из металла) может неравномерно поглощать однородный тепловой поток и создавать горячую зону, температура которой превышает $1150 ^\circ\text{C}$, в результате чего такая конструкция пожарной перегородки прогорит быстрее чем за 15 минут.

Некоторые композиты с особой формулой материала могут быть использованы в качестве материалов для противопожарных перегородок при условии положительных результатов, полученных при стендовых огневых испытаниях образцов, отражающих их типовую конструкцию. Огневые испытания композитных противопожарных перегородок должны проводиться с воспроизведением вибрации.

Титан является приемлемым материалом для пожарных перегородок. Однако использование титана всегда должно тщательно анализироваться, поскольку при определенных термодинамических условиях он может потерять прочностные свойства и гореть (автогорение) с высокой температурой, усиливая при этом пожар, вместо того чтобы обеспечивать предполагаемую защиту.

Листовые материалы и пожарные перегородки следует испытывать, подвергая участок поверхности размером приблизительно 255 мм в одном направлении, то есть размером 255×255 мм или участок с размерами, которые соответствуют предполагаемому применению. Если представительный образец вырезается из целой корпусной детали или изготавливается специально для испытаний, рекомендуется использовать образцы размером 320×320 мм или больше, например, 610×610 мм, для избежания попадания пламени от горелки на тыльную сторону образца.

При испытаниях и после их завершения в области пожарной перегородки не должно возникать возгорания. Приемлемым доказательством того, что пожар удерживается, является следующее: на противопожарной перегородке не возникает прогаров, разрушения крепления и противопожарных уплотнений по её периметру, не возникает воспламенения задней стороны, отсутствует горение после прекращения воздействия пламени. Ни в коем случае вокруг противопожарной перегородки или через нее не должно проходить опасное количество топлива, воздуха или смеси топлива с воздухом. Не должно быть воспламенения с противоположенной пламени стороны перегородки. Также противопожарная перегородка должна удерживать пожар без создания опасного состояния.

Влияние давления и механических нагрузок на конструкцию перегородки и соответствующие уплотнения учитываются при оценке общей эффективности перегородки

и во время испытаний в соответствии с требованиями §33.17.

7.4.2 Для обеспечения герметичности пожарных перегородок все отверстия в них должны быть снабжены плотно пригнанными уплотнениями, такими как огнестойкие уплотнительные прокладки, втулки, фитинги, вращающиеся уплотнения, или эквивалентными им средствами, которые должны быть по крайней мере столь же эффективными, как и сама пожарная перегородка. Например, считается достаточным, если будет обеспечен зазор «S» между втулкой, вмонтированной в пожарную перегородку, и вращающимся валом или подвижной тягой, равный $1/12$ длины втулки «L», т.е. будет обеспечено соотношение: $L/S = 12$. Данное условие должно сохраняться в процессе эксплуатации и под воздействием стандартного пламени. Это необходимо, чтобы обеспечить отсутствие местного нарушения огнестойкости.

Для пожарных перегородок из композитных материалов должно быть показано, что выгорание связующего материала не приводит к проникновению опасного количества воздуха через перегородку или что количество проходящего через перегородку воздуха незначительно по сравнению с объемом воздуха, проходящего через данную зону двигателя.

7.4.3 Должна быть определена среда, способствующая возникновению коррозии, и обеспечена соответствующая защита. Должны быть проведены сертификационные испытания на достаточность коррозионной защиты с использованием образцовых пластин или других эквивалентных методов.

При необходимости должна быть указана периодичность осмотра пожарных перегородок и/или защитных устройств в эксплуатации, чтобы обеспечить поддержание целостности их конструкции.

7.5 К пункту (е) АП-33 «Должны быть выполнены огнестойкими или защищенными от воздействия высокой температуры следующие элементы, входящие в типовую конструкцию двигателя:

(1*) Воздухопроводы, разрушение которых от воздействия пожара может привести к подаче воздуха в зону горения (для газотурбинных двигателей и поршневых двигателей с турбонагнетателями).

(2*) Компоненты системы управления двигателем, которые расположены в пожароопасной зоне, должны быть по крайней мере огнестойкими».

Методические рекомендации

7.5.1 Параграф 33.17(е) требует, чтобы все компоненты системы управления двигателем были огнестойкими или огнестойкими, в зависимости от условий. Подобно пункту 33.17(b), нужно установить, какой уровень противопожарной защиты

должен быть продемонстрирован для рассматриваемых компонентов. Требование не разграничивает технологии управления: электронные, механические или оптоволоконные компоненты. Тем не менее, если через компонент протекает ВЖ, следует дополнительно соблюдать требования §33.17(b). Для других компонентов системы управления, через которые протекают невоспламеняющиеся жидкости, установление критерия огнестойкости или огнестойкости производится так же, как описано в пункте §33.17(b). Поэтому при установлении критерия следует учитывать функцию компонента. Компоненты системы управления включают, помимо прочего, электронные контроллеры, электромеханические измерительные устройства, электрическую обвязку, клапаны, оптоволоконные устройства и т.д.

Для доказательства соответствия требованиям данного пункта необходимо представить инженерный анализ конструкции двигателя с целью выявления входящих в его типовую конструкцию:

- органов управления выключением двигателя;
- электропроводки системы управления органами выключения двигателя и других его систем, которые признаны необходимыми для обеспечения контроля состояния двигателя во время и после пожара, в том числе системы, обеспечивающей пожарную сигнализацию;
- воздухопроводов, разрушение которых от воздействия пожара может привести к подаче воздуха в зону горения (для газотурбинных двигателей и поршневых двигателей с турбонагнетателями).

Степень стойкости к пожару рассматриваемых компонентов может быть показана на основании:

- анализа применяемого материала;
- конструктивных решений (например, применение огнезащитного покрытия, принудительное охлаждение и др.);
- фрагментарных огневых испытаний при воздействии стандартного пламени. В процессе испытаний необходимо воспроизвести эксплуатационные условия, которые могут повлиять на их огнестойкость;
- материалов по аналогам.

Функции, которые предполагается выполнять в случае пожара, будут определяться в каждом конкретном случае. Например, системы управления двигателем не должны приводить к опасным, связанным с двигателем, последствиям, если будут продолжать функционировать, но должны допускать или могут приводить к безопасному выключению двигателя в любое время в течение требуемого периода времени воздействия.

Безопасное выключение двигателя в любое время при испытаниях на огнестойкость является приемлемым результатом для этого типа компонентов при условии, что возможность безопасного выключения поддерживается до конца 5-минутного периода испытаний.

7.5.2 Если какие-либо компоненты не отвечают требованиям огнестойкости или огнестойкости, то они должны быть экранированы или расположены таким образом, чтобы была обеспечена их защита от воздействия факторов пожара. При оценке защищенности компонента должно учитываться возможное направление пожара, расположение элементов двигателя, способных экранировать защищаемый компонент и тем самым обеспечить его огнестойкость.

Эффективность огнестойких (огнестойких) экранов, применяемых для защиты неогнестойких компонентов, должна быть доказана на основании анализа или продемонстрирована в результате огневых испытаний. Должно быть установлено, что воздействие высоких температур за огнезащитным экраном не приводит к опасным, связанным с двигателем, последствиям.

7.6 К пункту (f) АП-33 «Накопление опасного количества воспламеняющихся жидкостей и паров должно предотвращаться дренированием и вентиляцией».

Методические рекомендации

Нежелательное скопление воспламеняющихся жидкостей и паров и, как следствие, образование горючей среды должно предотвращаться дренированием и вентиляцией. Выполнение данного требования должно быть показано на основании рассмотрения заявляемой типовой конструкции двигателя, расчетов, при необходимости, возможного накопления ВЖ (например, после неудавшегося запуска) и концентрации паров в выхлопном устройстве, масляных полостях и т.п., а эффективность дренажа и вентиляции должна быть продемонстрирована в процессе проведения всех видов сертификационных испытаний двигателя с учетом допустимых в эксплуатации углов его наклона. Допускается использовать материалы по двигателям-аналогам и опыту их эксплуатации.

Некоторые дренажные и вентиляционные системы могут быть освобождены от требований §33.17(b) если может быть продемонстрировано, что обычно они не содержат и не транспортируют ВЖ при нормальной работе двигателя. Под нормальным режимом работы здесь понимается руление и полет. Пример дренажной линии, которая могла бы быть освобождена от требований, является дренажная линия камеры сгорания, которая обычно выпускает остаточное топливо после прерванного запуска двигателя. Примером трубы или линии, которая не освобождается от этих требований, является топливный коллектор с защитным кожухом.

В случае, если через дренажную и вентиляционную системы во время непрерывного вращения проходит опасное количество ВЖ, может потребоваться использование критерия огнестойкости. Сливной накопительный бак с опасным количеством ВЖ надо оценивать по критерию огнестойкости. При этом следует тщательно проанализировать функцию каждого компонента дренажной и вентиляционной системы. Расход дренажной и вентиляционной систем должен быть равен максимальному расходу, который может потребоваться от этих систем.

7.7 К пункту (a) АП-33 «Если в конструкции газотурбинного двигателя предусмотрен перепуск воздуха из компрессора и отвод воздуха из суфлирующих полостей масляной системы, то воздух должен отводиться не в подкапотное пространство, а в атмосферу или в наружный контур двухконтурного двигателя».*

Методические рекомендации

Выполнение данного требования должно быть показано на основании рассмотрения заявляемой типовой конструкции двигателя и требований к его установке на воздушное судно.

7.8 К пункту (b) АП-33 «Элементы конструкции, которые образуют узлы крепления двигателя, должны быть огнестойкими, что должно обеспечиваться либо свойствами самой конструкции, либо защитой указанных узлов огнестойкими экранами».*

Методические рекомендации

Те элементы конструкции двигателя, которые образуют часть подвески или узлы крепления, включая прилегающие к ним элементы конструкции двигателя, должны быть огнестойкими, что должно обеспечиваться либо свойствами самой конструкции, либо с помощью их защиты (например, изготовленными из материалов, приведенных в Приложении Б).

Огнестойкость конструкции двигателя, которая образует часть подвески или узлы крепления двигателя, может быть показана на основании:

- анализа применяемого материала;
- конструктивных решений (например, применение огнезащитного покрытия, принудительного охлаждения и др.);
- фрагментарных огневых испытаний при воздействии стандартного пламени. В процессе испытаний необходимо воспроизвести эксплуатационные условия, которые могут повлиять на их огнестойкость, такие как вибрации, нагрузки от работающего в течение 5 минут двигателя и последующие нагрузки от остановленного двигателя в течение 10 минут, в том числе максимально допустимые нагрузки при эволюции воздушного судна

в полете и перегрузки на узел крепления при аварийной посадке. Использование титановых сплавов в тягах и узлах крепления двигателя должно обязательно проверяться огневыми испытаниями. В случае использования защитных экранов в узлах крепления двигателя, эффективность данных мероприятий должна быть проверена огневыми испытаниями или анализом конструкции.

– материалов по аналогам.

8 Критерии зачётности огневых испытаний

Следующие критерии огневых испытания могут считаться приемлемыми и применяться в оценке результатов огневых испытаний как зачётные для подтверждения соответствия требованиям норм летной годности:

1 Сохранение способности осуществления предназначенных функций, предусмотренных в случае возникновения пожара. Функции, предусмотренные в случае возникновения пожара, устанавливаются в каждом отдельном случае.

Ниже приведены примеры таких функций:

(а) Компоненты системы управления двигателем, продолжая работать, не должны приводить к возникновению опасных, связанных с двигателем, последствиям, но должны позволять (или давать возможность) безопасно выключить двигатель в любой момент времени в течение требуемого периода воздействия пламенем. Безопасное выключение двигателя в любой момент в ходе испытаний на огнестойкость является приемлемым результатом для данного типа компонента, при условии, что возможность безопасного выключения поддерживается до конца 5-ти минутного периода испытаний.

(b) Отсечной клапан бака должен быть огнестойким, он должен быть в рабочем состоянии (закрыть по истечении 5 минут) или закрытым по умолчанию и способен сохранять это положение без утечки опасного количества ВЖ до конца 15-минутного периода испытаний на огнестойкость.

2 Отсутствие утечки опасных количеств ВЖ, паров и других веществ. В ходе испытаний либо по их завершении на испытываемых изделиях не должна наблюдаться утечка опасных количеств ВЖ. Небольшие подкапывания или просачивания могут быть допустимы, если оценка безопасности установки показывает, что результирующая утечка не вызовет (или не будет способствовать возникновению) опасного состояния. Струйная течь не допускается. Нагнетательные магистрали должны оставаться под давлением в ходе испытаний и в течение 5 минут после испытаний. Осмотр испытываемого изделия после прекращения действия пламени, когда изделие всё ещё находится под давлением, производится в целях обнаружения утечек и их размеров. Проверка герметичности агрегата в течение 5 минут после испытаний должна осуществляться на рабочем режиме с подачей ВЖ и давления (если это соответствует выбранному режиму).

3 Отсутствие поддержания горения со стороны материала, составляющего испытываемое изделие, или за счет утечки ВЖ.

4 Отсутствие остаточного горения после отвода испытательного пламени. Самозатухание (в течение не более 30 секунд) и отсутствие повторного возгорания после удаления пламени считается приемлемым.

Однако следует особо рассмотреть горение, продолжающееся после прекращения воздействия испытательного пламени. Такой тип горения поддерживается либо материалом испытываемого изделия, либо утечкой ВЖ из компонента. В общем случае, подобные явления рассматриваются как неудовлетворительный результат испытания, иначе необходимо доказать, что остаточный пожар незначительно увеличивает общий уровень пожарной опасности. Приемлемость подобных результатов испытаний устанавливается в каждом конкретном случае, при этом учитывается тип и функция испытываемого компонента.

Это относится и к некоторым электронным компонентам. В электронных компонентах, созданных по современной технологии, часто используют заливные составы печатных плат, находящихся внутри корпусов системы управления двигателем, которые могут поддерживать горение при достаточном нагреве или при воздействии пожара. Этот состав может также плавиться при высокой температуре и может вытекать из корпусов. Поэтому такие материалы могут поддерживать внутренний пожар малой интенсивности и/или внешний пожар по отношению к корпусу в течение ограниченного периода времени после удаления испытательного пламени. Приемлемость подобных результатов испытаний устанавливается в каждом конкретном случае.

5 При испытаниях и после их завершения в области пожарной перегородки не должно возникать возгорания. Приемлемым доказательством того, что пожар удерживается, является следующее:

- на противопожарной перегородке не возникает прогаров;
- не должно быть воспламенения с задней стороны перегородки.
- отсутствие разрушения крепления и противопожарных уплотнений по её периметру;
- отсутствие горения после прекращения воздействия пламени.
- ни в коем случае вокруг противопожарной перегородки или через нее не должно проходить опасное количество топлива, воздуха или смеси топлива с воздухом.
- противопожарная перегородка должна удерживать пожар без создания опасного состояния.

6 Отсутствие других условий, которые могут привести к опасным, связанным с двигателем, последствиям.

Приложение А

Воспламеняющиеся жидкости и показатели их пожарной опасности

Тип воспламеняющейся жидкости (ВЖ)	Температура, °С	
	вспышки ВЖ*	самовоспламенения ВЖ**
Авиатоплива типа		
Б-70	≥ -28	331
Б-91/115, Б-95/130	≥ -38	380
ТС, РТ	≥ 28	218
Jet A, Jet A/A1, JP8	≥ 38	238
JP5	≥ 60	241
Авиамасла типа		
ВНИИ НП 50-1-4ф (у)	204	365
ИПМ-10	190	360
МС-20	265	
МС-8П	145	230
Б-3В, ЛЗ-240, ПТС-225	235	405
MIL-L-7808	204	390
MIL-L-23699	246	405
Turbonycoil 4000	220	410
Гидрожидкости		
АМГ-10	92	250
НГЖ 5-У	155	595
MIL-H-5606	82	224
Скайдрол Hujet IV	182	393
Скайдрол LD-4	171	471
Скайдрол 500-B4	182	507

* Температура вспышки - самая низкая температура ВЖ, при которой над ее поверхностью образуются пары и газы, способные вспыхивать от источника зажигания, но скорость их образования еще недостаточна для последующего горения.

** Температура самовоспламенения - минимальная температура нагрева ВЖ, при которой возникает пламенное горение в отсутствии источника зажигания.

Приложение Б

Материалы и геометрические критерии, используемые в пожарных перегородках

Материал	Минимальная толщина, мм
Титановый лист	0,4
Нержавеющая сталь	0,4
Малоуглеродистая сталь с противокоррозионным покрытием	0,45

Примечания:

1. Материал должен иметь антикоррозионную защиту, если сам он таким свойством не обладает.

2. Если применяется сборная листовая конструкция пожарных перегородок, то бывает трудно предвидеть поведение тонких листов материала и последующее расхождение соединений внахлест или клепаных соединений под воздействием факторов пожара. Такие конструкции для доказательства сохранения целостности необходимо испытать на стенде при воздействии стандартного пламени.

Однако без испытаний принимаются заклепочные соединения с шагом клепки 50 мм (или менее) на не несущих нагрузку противопожарных перегородках из титановых сплавов толщиной 0,5 мм или стальных пожарных перегородках толщиной 0,45 мм.