

Троицкий авиационный технический колледж – филиал
Московского государственного технического университета ГА



Учебное пособие по дисциплине
**ТОПЛИВНАЯ
БЕЗОПАСНОСТЬ**

Троицк 2013

Рассмотрено на заседании
ЦК КТЭЛА
протокол №
от ____ 2013 г

Утверждено
Зам. директора колледжа
по учебной работе
Х.М. Валеев _____
_____ 2013 г

Автор:
преподаватель ЦК КТЭЛА
С.М. Локтионов

Содержание

	Стр.
Принятые сокращения в тексте	4
Введение. Обучение топливной безопасности	5
Глава 1. Общие положения	7
Глава 2. Авиационные происшествия, случившиеся по причине воспламенения топлива в баках	10
Глава 3. Ограничение летной годности топливной системы по правилам FAA	15
Глава 4. Проведение осмотра топливной системы по правилам FAA	19
Глава 5. Руководящие материалы JAA-EASA, касающиеся топливной безопасности	32
Глава 6. Приложение А к TGL (от 1 ноября 2002 г)	35
Глава 7. Система инертного газа самолета Boeing 737 NG	47
Список использованной литературы	52

Принятые сокращения в тексте

- AD – Airworthiness Directives – Директивы летной годности (США)
- ALI – Airworthiness Limitation Instructions – Инструкции об ограничении летной годности ВС (Европа, США)
- АММ – Aircraft Maintenance Manual – Руководство по технической эксплуатации ВС (Европа, США)
- ARAC – Aviation Rulemaking Advisory Committee – Комитет по наблюдению за принятием авиационных правил (США)
- АТА – Air Transport Association – Ассоциация воздушного транспорта (международная организация)
- CDCCL – Critical Design Configuration Control Limitations – Предельные ограничения конструктивных возможностей ВС (США)
- CMR – Certification Maintenance Requirements – Требования к сертификации процесса ТО ВС (Европа)
- EASA – European Aviation Safety Agency – Европейское агентство безопасности полетов (Европа)
- ЕС – European Commission – Еврокомиссия (Парламент Евросоюза)
- FAA – Federal Aviation Administration – Федеральное авиационное управление (США)
- FAR – Federal Aviation Regulation – Федеральные авиационные правила (США)
- FTS – Fuel Tank Safety – безопасность топливных баков, топливная безопасность
- IACA – International Air Carrier Association – Международная ассоциация воздушных перевозчиков (международная организация)
- JAA – Joint Aviation Authorities – Сообщество авиационных властей (Европа, предшественник EASA)
- MMEL – Master Minimum Equipment List – Основной перечень допустимых отложенных неисправностей (Европа, США)
- NPA – Notice of Proposed Amendment – Извещение о внесении изменений (Европа)
- NTSB – National Transport Safety Board – Национальное бюро транспортной безопасности (США)
- SFAR – Special Federal Aviation Regulation – Специальные федеральные авиационные правила (США)
- SSA – System Safety Assessments – Нормативные требования к уровню безопасности систем (Европа)
- TC – Type-Certificate – Сертификат типа ВС
- TGL – Temporary Guidance Leaflet – Временное руководство к действию (Европа)
- ВС – воздушное судно
- ВСУ – вспомогательная силовая установка
- ТВС – топливовоздушная смесь
- ТО – техническое обслуживание

Введение

Обучение топливной безопасности

Основные положения дисциплины «Топливная безопасность» определены в Решении EASA Decision № 2003/11/RM, вносящем поправки в сборники регул Еврокомиссии Part-M, Part-145 и Part-66.

В Решении определена необходимость изучения «Топливной безопасности» (Fuel Tank Safety и Fuel Tank Flammability Reduction) в следующих случаях:

1 Проблема топливной безопасности актуальна для гражданских самолетов, получивших сертификат летной годности позднее 1 января 1958 года с максимальной пассажироместимостью свыше 30 человек или с максимальной коммерческой загрузкой свыше 7500 фунтов (3402 кг).

2 Проблема топливной безопасности актуальна для организаций, выполняющих работы по ТО и поддержанию летной годности самолетов, перечисленных в п. 1.

3 Определяется перечень должностных лиц организаций, перечисленных в п. 2, которые обязаны пройти обучение по «Топливной безопасности».

Обучение первой ступени (phase 1) обязательно для руководителя организации, руководителя отдела качества и персонала отдела качества.

Обучение первой и второй ступени (phase 1 + phase 2) и изучение поправок обязательно для всех менеджеров, выполняющих непосредственное управление процессом ТО и поддержания летной годности самолетов, а так же для всех лицензированных специалистов в штате организации.

4 Определяются общие требования к обучению «Топливной безопасности».

4.1 Обучение первой ступени «Общее понимание». Необходимо для начального изучения проблемы топливной безопасности лицами не участвующими непосредственно в процессе ТО и поддержания летной годности ВС.

Должны быть изучены принципиальные основы проблемы топливной безопасности, которые могут быть проведены в форме изучения методического пособия или другой литературы для самостоятельного изучения. Достаточно получить подпись обучающегося лица о том, что он прошел обучение.

При изучении должна быть классифицирована проблема и даны основные понятия «Топливной безопасности».

Проверяющий должен убедиться, что обучаемое лицо достигло следующих результатов:

- человек ориентируется в основных понятиях дисциплины «Топливная безопасность»;

- человек дает простое описание исторического развития проблемы и перечисляет основные способы соблюдения мер безопасности, используя простые формулировки и примеры;

- человек способен пользоваться терминологией.

4.2 Обучение второй ступени «Углубленная подготовка». Обучение должно производиться лицензированным специалистом по утвержденной учебной программе в течение специально отведенного для этого времени с обсуждением схем, понятий и примеров. Обучение должно быть проведено после 31 декабря 2010 года.

Обучение должно быть всесторонним и проводиться специально обученным инструктором. Обучение не может происходить в форме самостоятельного изучения. Обучение должно проводиться до тех пор, пока обучаемое лицо не сможет дать верного ответа в устной форме не менее чем на 75 % вопросов.

Обучение должно производиться как в теоретической форме, так и в форме проведения практических занятий. В течение обучения должна быть объяснена теоретическая основа вопроса, приведены примеры, даны необходимые схемы и описание работы задействованных агрегатов самолета. Рекомендуется использование рисунков, фильмов и примеров проведения ТО топливной системы.

Проверяющий после завершения обучения должен проверить следующие результаты освоения дисциплины:

- знание исторических событий, явившихся причиной изучения топливной безопасности с точки зрения теории и практики;
- общее знание SFAR 88 и TGL 47;
- знание концепции CDCCL и ALI с теоретическим и практическим обоснованием;
- способность практического применения полученных знаний в логической последовательности;
- знание опыта соблюдения «Топливной безопасности» на авиапредприятиях;
- понимать и уметь использовать инструкции завода-изготовителя и контролирующих органов, касающиеся топливной безопасности;
- при необходимости самостоятельно добывать информацию, касающуюся топливной безопасности, из различной литературы завода-изготовителя ВС;
- понимать необходимость соблюдения мер безопасности при работе с топливной системой и особенности работы системы инертного газа на основе азота.

Глава 1 Общие положения

Исторически сложилось, что вопросы авиационной безопасности очень важны и являются предметом повышенного интереса со стороны граждан – потенциальных пассажиров. Сегодня в вопросах, касающихся безопасности полетов, не полагаются на удачу или везение, - это трудная ежедневная работа специалистов. Накопление статистики происшествий является важнейшим способом сбора данных для дальнейшего анализа, позволяющего понять причины происшествий.

Примерно половина всех полетов в мире осуществляется в США. Соответственно в США существует система, состоящая из 116 крупных авиакомпаний и более чем из 2300 небольших авиакомпаний; ежедневно совершается более 32000 полетов. Перед тем как ВС будет допущено к полетам необходимо проверить его на соответствие стандартам, принятым во всем мире. Для этого процесс изготовления ВС делится на производственные процессы и процессы контроля качества.

Существуют различные способы измерения безопасности полетов, которыми пользуются постоянно, такие как постоянный анализ рисков и вычисление величины безопасности полетов.

Один из способов измерения безопасности полетов заключается в следующем: подсчитывается количество погибших пассажиров коммерческих ВС на 100 миллионов перевезенных пассажиров. На заре коммерческой авиации количество катастроф показывало, что гражданская авиация является новым направлением деятельности и требует пристального внимания. В 1946 году этот показатель составлял 1300 смертей на 100 миллионов перевезенных пассажиров. Безопасность полетов интенсивно улучшалась и к 1994-1996 годам достигла 45,7 смертей на 100 миллионов перевезенных пассажиров. Уровень 1994-1996 годов взят за основу для сравнения. В течение прошедших лет уровень безопасности полетов постоянно улучшался и на 2004-2006 год составил 4,2 погибших на 100 миллионов перевезенных пассажиров.

Уровень безопасности полетов улучшился за счет совместной работы авиакомпаний и контролирующих органов, и в исторической перспективе будет только улучшаться. Основными направлениями развития, которые отразились на уровне безопасности полетов, являлось улучшение способности ВС совершать полеты в плохую погоду и увеличение точности навигационных систем, позволяющих безопасно выполнять посадку в условиях ограниченной видимости. Авиадвигатели являются предметом отдельного рассмотрения. На современных ВС газотурбинные двигатели имеют значительный запас мощности и высокий уровень надежности по сравнению с предыдущими поколениями.

Тогда возникает вопрос, что же является основной причиной авиационных происшествий в настоящее время? Ответа на этот вопрос пока нет. Авиационные происшествия подобны человеческим болезням, поэтому

необходимо сначала поставить точный диагноз и только на основе точного диагноза приступить к лечению и принятию окончательных решений. Конечно, сама по себе постановка диагноза не означает, что болезнь ушла и не означает, что болезнь не появится вновь, но удастся постепенно снизить риск.

Взрыв в топливном баке

После трагедии TWA 800 все эксперты по безопасности полетов сфокусировали свое внимание на том, как предотвратить возможность взрыва в топливном баке. Способы решения данной проблемы были предложены FAA и NTSB, а также авиационными властями всех стран мира. Что бы предотвратить подобные происшествия необходимо рассмотреть проблему с разных сторон для выявления источников воспламенения и для снижения пожароопасности баков. С тех пор как случилось данное происшествие прошло несколько лет и FAA разработало ряд мероприятий, увеличивающих безопасность топливных баков. FAA издало более 100 AD и SFAR для уменьшения количества или устранения источников зажигания ТВС. AD были направлены на решение широкого круга проблем, таких как устранение недостатков конструкции топливных насосов, электропроводки топливной системы, созданию защитных барьеров внутри агрегатов топливной системы и исключения перегрева электромагнитных клапанов (соленоидов). SFAR, выпущенные в мае 2001 года, были направлены на изменение способов проектирования, эксплуатации и ТО ВС. К концу 2002 года заводы-изготовители ВС отчитались об устранении более 200 ранее неизвестных источников зажигания топлива. По мере обнаружения новых источников зажигания FAA стала выпускать директивы AD по их устранению. Результатом стало не только устранение источников зажигания, понижающее пожароопасность топливных баков, но так же была выработана комплексная стратегия повышения топливной безопасности.

Начиная с 1998 года FAA поставило перед ARAC дополнительную задачу по снижению пожароопасности топливных баков. Первая группа в ARAC выявила, что перевозка на борту ВС запаса инертного газа для наполнения им топливных баков слишком дорога и не практична. В 2001 году вторая рабочая группа ARAC выявила, что наземная заправка систем инертного газа возможна только при перестроении инфраструктуры всех аэропортов. ARAC установила, что бортовые системы инертного газа, которые в основном использовались на военных ЛА, не подходят для использования в коммерческой авиации. Они были слишком сложными, тяжелыми, не практичными и дорогими в эксплуатации.

Требовалось с чистого листа начать разработку мер по снижению пожароопасности внутри топливных баков и FAA нашло соответствующее решение. Ученые и инженеры FAA и EASA выдвинули предположение, что удастся создать бортовую систему, вырабатывающую инертный газ из воздуха в полете. В короткие сроки была проведена научно-

исследовательская работа и был разработан прототип системы инертного газа для коммерческих ВС. Назначение системы инертного газа – заменить кислород, находящийся в топливном баке инертным газом, таким как азот, и в случае появления искр топливо не воспламенится. Это означает, что даже если не все источники зажигания топлива были обнаружены и устранены, то в случае искрения в топливных баках не произойдут катастрофические события. На военных самолетах для выработки инертных газов обычно использовали выхлопные газы двигателей, но такая технология не соответствовала требованиям безопасности FAA. Военная система могла работать лишь несколько часов в неделю и для коммерческих самолетов не подходила.

Не так давно стали использовать азот в качестве инертного газа для заполнения топливных баков. Был задействован комплекс технологий, позволяющий выделять инертный азот из воздуха. В мае 2002 года FAA обнародовало результаты создания прототипа бортового генератора азота. Стало понятно, что удастся усовершенствовать прототип так, что он станет гораздо проще и легче способов, используемых на военных самолетах. Это стало важным достижением в решении поставленной задачи.

Для устранения условий для взрыва топлива при воспламенении от не выявленных источников FAA и EASA приняли итоговые решения, позволяющие авиакомпаниям повысить топливную безопасность. FAA и EASA согласились, что наполнение топливных баков инертным газом будет оптимальным решением проблемы и необходимы единые стандарты.

FAA и EASA совместно занялись разработкой соответствующих правил. NTSB рекомендовало ускорить работу после ряда трагических событий, вызванных воспламенением топлива в баках. Используя все возможные ресурсы FAA и EASA выработали ряд новых решений. Такой пример слаженной работы авиационных властей разных стран показывает, что объединение усилий приводит к повышению уровня безопасности полетов.

Глава 2

Авиационные происшествия, случившиеся по причине воспламенения топлива в баках

Катастрофа Boeing 707 компании Pan American 8 декабря 1963 года

8 декабря 1963 года самолет B707 с 81 человеком на борту летел рейсом 214 из Балтимора (штат Мэриленд) в Филадельфию (штат Пенсильвания). Близ города Эклтон (штат Мэриленд) в самолет попала молния, он загорелся и разрушился. Погибли все – 73 пассажира и 8 членов экипажа. Последними словами экипажа было: «Тревога, тревога. Самолет вышел из под контроля, падаем».

Комиссия по расследованию пришла к выводу, что причиной падения самолета стал взрыв ТВС в резервном топливном баке левого крыла. Воспламенение ТВС произошло в результате сильной электромагнитной индукции в точке попадания разряда молнии. Молния имела нетипичный «положительный» заряд, в то время как почти всегда молнии имеют «отрицательный» заряд.

В результате FAA выпустило приказ установить разрядники статического электричества на концах крыла на всех коммерческих самолетах, летающих над территорией США.

Катастрофа Lockheed 188A компании LANSA 24 декабря 1971 года

24 декабря 1971 года турбовинтовой самолет Lockheed 188A Electra принадлежавший компании LANSA с 91 человеком на борту летел рейсом 508 из Лимы (столица Перу) в Икуитос (Перу) с промежуточной посадкой в Пукальпе (Перу). На высоте 6400 метров самолет попал в зону грозы и небольшой турбулентности. Экипаж принял решение продолжать полет, несмотря на плохую погоду, экипаж торопился прилететь вовремя на празднование Рождества. Через 20 минут после вхождения в зону грозы в правую консоль крыла попала молния, вызвавшая возгорание ТВС в топливном баке, далее последовало быстрое разрушение конструкции крыла. Погибли 85 пассажиров и 6 членов экипажа, 1 пассажир спасся, удачно приземлившись на высокие деревья в джунглях, и позже был найден живым спустя 10 дней.

Комиссия по расследованию посчитала причиной крушения самолета несоблюдение экипажем правил полетов в зоне грозовой активности и создание экипажем сильных нагрузок на конструкцию при попытках выровнять горящий самолет в турбулентной атмосфере.

Изменений в конструкции и правилах эксплуатации самолета не последовало.

Катастрофа Boeing 747 компании ИАФ 9 мая 1976 года

9 мая 1971 года грузовой самолет В747-100F, принадлежавший Imperial Iran Air Force (ВВС Ирана) с 10 членами экипажа и 7 сопровождающих лицами совершал полет из Тегерана (Иран) в Мадрид (Испания).

При подлете к Мадриду экипаж получил информацию от диспетчера, что на пути самолета наблюдается область грозовой активности. Через минуту состоялся последний радиокontakt, экипаж запросил диспетчера об изменении курса и сообщил, что самолет на высоте 5000 футов (1500 м), продолжают снижение. Позже было установлено, что на высоте около 900 м произошло разрушение левой консоли крыла. Все люди, находившиеся на борту, погибли.

В ходе расследования было установлено, что в носовую часть самолета попала молния. Электрический заряд, полученный от молнии, начал стекать через разрядники статического электричества на концах крыла. При этом возник сильный электрический ток на заклепочном стыке вдоль заднего лонжерона крыла. Одна из перемычек металлизации внутри левого топливного бака была отсоединена от нервюры, произошел разряд статического электричества внутри топливного бака, который явился причиной взрыва ТВС внутри топливного бака. В результате взрыва ТВС была вырвана верхняя панель крыла, аэродинамические силы вызвали сильную вибрацию, разрушившую левую консоль крыла.

Катастрофа Boeing 737 компании Philippine Airlines 11 мая 1990 года

11 мая 1990 самолет В737-300 авиакомпании Philippine Airlines со 126 людьми на борту начал готовиться к выполнению полета из Манилы (столица Филиппин) в город Илоило (Филиппины). После посадки пассажиров во время запуска двигателей взорвался центральный топливный бак в центроплане крыла, самолет сгорел за четыре минуты, погибли восемь пассажиров.

В аэропорту вылета в тот день было + 35 °С, самолет был заправлен еще за два месяца перед вылетом и стоял на хранении, при этом центральный бак был пустым, бак нагрелся до + 35 °С. Примерно за 40 минут перед посадкой пассажиров была запущена вспомогательная силовая установка и включена система кондиционирования воздуха. Агрегаты системы кондиционирования воздуха на В737 находятся под центропланом крыла, и в процессе работы отсек системы кондиционирования нагрелся, что вызвало дополнительный разогрев ТВС в центральном топливном баке. После посадки пассажиров во время запуска двигателей произошел взрыв ТВС внутри центрального топливного бака. Силой взрыва фюзеляж разорвало на две части, самолет загорелся. Была проведена эвакуация пассажиров и экипажа по надувным трапам.

На самолете была установлена дополнительная подсветка логотипа авиакомпании. При установке дополнительной подсветки было проложено

два дополнительных электропровода внутри топливных баков, провода были проложены в одном жгуте с проводами топливной системы.

Источником зажигания ТВС явилось перетекание тока высокого напряжения питания дополнительной подсветки в один из проводов топливной системы, проложенный внутри центрального топливного бака. Точное место контакта проводов установить не удалось, т.к. самолет был сильно поврежден при пожаре.

После расследования причин катастрофы NTSB рекомендовало FAA выпустить бюллетень о проведении проверки топливных насосов, поплавковых датчиков наполнения баков и изоляции проводов. FAA эту рекомендацию отклонило.

Катастрофа Boeing 747 компании TWA 17 июля 1996 года

17 июля 1996 года самолет B747 авиакомпании Trans World Airlines с 230 людьми на борту летел рейсом 800 из Нью-Йорка в Рим с промежуточной посадкой в Париже. Через 12 минут после взлета крыло самолета взорвалось, самолет развалился на части и упал в воды Атлантического океана недалеко от острова Лонг Айленд. Свидетелями взрыва стали несколько экипажей и пассажиры пролетающих рядом самолетов, а так же экипажи морских судов и жители острова. Все 212 пассажиров и 18 членов экипажа погибли.

Эта катастрофа стала третьей по числу погибших за всю историю США. Было проведено самое тщательное за всю историю авиации расследование причин катастрофы. Для дальнейшего изучения из воды и со дна зоны падения было собрано свыше 2300 фрагментов конструкции, из которых в ангаре на 95 % был собран самолет (см. рисунок 1).

Первично основной предполагаемой причиной взрыва был взрыв бомбы на борту или попадание ракеты. После того, как самолет был восстановлен, было обнаружено, что ни на одном элементе конструкции нет следов оплавленного металла, которые характерны для взрыва бомбы. Так же не было обнаружено отверстия в обшивке, которое обязательно остается после попадания ракеты. Через 6 месяцев после начала расследования комиссия пришла к выводу, что взрыв вызван техническими причинами. Эпицентром взрыва был центральный топливный бак, расположенный в центроплане крыла.

Был обнаружен речевой самописец и тщательнейшим образом изучен звук в кабине экипажа в последние секунды полета самолета.

Тщательный анализ распределения обломков, найденных повреждений, следов сажи и горения – все это внесло вклад в понимание последовательности событий во время крушения самолета. В начале катастрофы не было пожара, он возник в результате разрушения конструкции самолета и топливных баков.

Официальный отчет о расследовании, выпущенный в 2001 году гласит, что причиной катастрофы является разрушение центроплана крыла

вследствие взрыва ТВС внутри центрального топливного бака. Источником зажигания ТВС явилась подача высокого напряжения на провода датчика уровня топлива по невыясненным причинам.



Рисунок 1 – Восстановленный B747 TWA рейс 800 в ангаре NTSB

Катастрофа Boeing 737 компании ТАИ 3 марта 2001 года

3 марта 2001 года самолет B737-400 авиакомпании Thai Airways International готовился к вылету из аэропорта Бангкока. За 27 минут до запланированного времени отправления взорвалась ТВС в центральном топливном баке и самолет сгорел.

Температура воздуха в тот день составляла + 36 °С. На самолете непрерывно работала вспомогательная силовая установка и система кондиционирования воздуха в течение всего периода подготовки ВС к следующему вылету. Перед взрывом система кондиционирования отработала на земле примерно 40 минут. Блоки системы кондиционирования расположены под центропланом крыла и вызвали дополнительный нагрев центрального бака. На борту самолета находились восемь членов экипажа. При взрыве одна стюардесса погибла, шесть членов экипажа получили травмы.

Официальное заключение комиссии по расследованию гласит «Взрыв в центральном баке произошел в результате воспламенения ТВС. Источник зажигания не может быть точно установлен, но, скорее всего в крыльчатку топливного насоса центрального бака попала металлическая стружка, появились тепловые искры».



Рисунок 2 – Самолет В737-400 компании ТАІ после взрыва центрального топливного бака

Глава 3

Ограничение летной годности топливной системы по правилам FAA

Введение

Эта глава содержит ограничения ALI согласно программе периодических осмотров, выпущенных FAA. Цель ALI – гармонизация структуры ТО по каждому типу ВС и внедрение стандартов SFAR 88 (Требования к определению опасности отказов в топливных системах) и FAR 25.981 глава 14 (Предотвращение зажигания в топливных баках), являющихся инструкциями по безопасному ТО и выявлению опасного технического состояния топливных баков.

В параграфе 2(a) SFAR 88 содержится требование о необходимости проведения конструктивных доработок на ВС собственниками ВС и последующем оформлении дополнения к сертификату типа (ТС), подтверждающему, что доработки на ВС проведены. Необходимо изучать итоговую статистику безопасности полетов для контроля результативности принятых мер, исключающих возможность искрообразования внутри топливных баков. Ограничения ALI для топливной системы представляют собой ряд мер, выполняемых на этапе ТО ВС для выявления несоответствий, указанных в SFAR 88, и работ по устранению выявленных недостатков, выполнению ремонта, приведения в соответствие, доработок или определения недостатков в программе технической эксплуатации ВС на протяжении всего срока эксплуатации ВС.

ALI топливной системы могут представлять собой отдельные ALI инструкции или CDCCL ограничения.

CDCCL – это меры по выявлению индивидуальных особенностей каждого отдельного ВС, касающиеся наличия источников зажигания топлива в баках на протяжении всего срока эксплуатации ВС. CDCCL являются обязательными к исполнению и не могут быть изменены или отменены без одобрения FAA или национального контролирующего органа, которые отвечают за выдачу сертификата летной годности. Предотвращение появления в топливных баках серьезных источников воспламенения является важнейшим элементом. Если создадутся неблагоприятные условия, то произойдет катастрофа. Для исключения нарушения правил CDCCL необходимо строго выполнять описанные в них требования к методике, технологии и способам проведения работ. Любые нарушения CDCCL такие как несоблюдение правил монтажа агрегатов, методик, технологий и способов работы с топливной системой могут привести к тому, что FAA или национальный контролирующий орган аннулирует сертификат летной годности ВС.

ALI – это проверка, направленная на выявление источников зажигания топлива, с последующим устранением источников зажигания. Источники

зажигания не допускаются в течение всего срока эксплуатации ВС. ALI являются обязательными к исполнению и не могут быть изменены или отменены без одобрения FAA или национального контролирующего органа, отвечающего за выдачу сертификата летной годности. Для исключения нарушения ALI необходимо строго выполнять описанные в них требования к методике, технологии и способах проведения работ. Любые нарушения ALI такие как несоблюдение правил монтажа агрегатов, методик, технологий и способов работы с топливной системой могут привести к тому, что FAA или национальный контролирующий орган аннулируют сертификат летной годности ВС.

Использование нелицензионного инструмента. Для проведения указанных перечисленных работ должен использоваться специализированный лицензионный инструмент, любое использование нелицензионного инструмента должно быть согласовано с FAA или национальным контролирующим органом.

Отступление от периодичности выполнения работ. Каждый осмотр топливной системы должен выполняться периодически через строго определенные интервалы времени. Незначительное нарушение периодичности осмотров влияет незначительно на уровень безопасности и иногда допускается. При этом любое нарушение периодичности должно быть заранее одобрено инспектором по безопасности полетов и оформлено документально, если инспектор не одобрил данного решения, то нарушение сроков не допускается.

Увеличение периодичности проведения осмотров допускается, только если ВС не доступно для проведения осмотра или нет свободного инспектора. При этом периодичность осмотра не должна быть увеличена более чем на 30 дней.

Запрещается повторное продление периодичности осмотров хоть одного, хоть нескольких ВС в парке авиакомпании с целью большего удобства и синхронизации осмотров внутри парка. Не допускается увеличение интервала осмотра нескольких ВС в парке одной авиакомпании. После однократного увеличения интервала осмотра следующий осмотр должен быть проведен на столько же дней раньше, что бы снова выполнять осмотры по ранее утвержденному плану. FAA или национальный контролирующий орган вправе отказать в увеличении периодичности осмотров.

Утверждение контролирующего органа. Для стран, действующих под юрисдикцией FAA, национальный контролирующий орган должен работать строго в соответствии с ALI топливной системы, утвержденной в FAA. Любое изменение в регламенте выполнения осмотров может быть проведено только после согласования контролирующего органа с офисом FAA в Сиэтле.

Если страна не находится в юрисдикции FAA, то ее национальные контролирующие органы вправе самостоятельно вносить любые коррективы в ALI.

Общие сведения об ограничении летной годности

1 CDCCL – Critical Design Configuration Control Limitations – Предельные ограничения конструктивных возможностей ВС.

Для каждого типа ВС существуют свои индивидуальные ограничения, о чем подробно описано в АММ (Руководстве по эксплуатации ВС). На странице 28-00-00/201 в АММ описаны способы устранения неисправностей для восстановления летной годности ВС, которые необходимо соблюдать на конкретном типе ВС.

Особенности CDCCL описываются и контролируются на основании SFAR 88. Ссылки на CDCCL имеются в ALI и CMR. CDCCL содержит сведения необходимые для надежного обнаружения источников зажигания в топливных баках на протяжении всего срока эксплуатации ВС. Осуществление постоянного наблюдения за основными источниками зажигания позволяет за одно проверить правильность работы топливной системы и надежность крепления агрегатов. При этом если обнаружены неисправности агрегатов или их крепления, то необходимо устранить обнаруженные неисправности, даже если они не являются источниками зажигания. В CDCCL указана точная последовательность выполнения работ, описаны методы, технологии и практическое руководство. Любое отклонение от требований CDCCL может выполняться только при согласовании с FAA или национальным контролирующим органом, выдающим сертификат летной годности.

Предупреждение: Надо учитывать, что в отдельных случаях инструкции завода-изготовителя отличаются от инструкций в CDCCL. Если не следовать требованиям CDCCL, то повысится вероятность существования источников воспламенения топлива.

2 ALI – Airworthiness Limitation Instructions – Инструкции об ограничении летной годности ВС.

Все инструкции ALI, касающиеся топливных баков, могут быть взяты из Руководства по эксплуатации ВС (АММ).

Инструкции ALI ссылаются на АММ, страницы 28-00-00/201 в которых перечислены недопустимые дефекты и способы их устранения.

Задания для осмотров, перечисленные в ALI разработаны на основании SFAR 88, они направлены на устранение источников зажигания топлива с целью достижения заданного уровня безопасности на протяжении всего срока эксплуатации ВС. В ALI указана точная последовательность выполнения работ, описаны методы, технологии и практическое руководство. Любое отклонение от требований ALI может выполняться

только при согласовании с FAA или национальным контролирующим органом, выдающим сертификат летной годности.

Предупреждение: Надо учитывать, что в отдельных случаях инструкции завода-изготовителя отличаются от инструкций в ALI. Если не следовать инструкциям ALI, то повысится вероятность существования источников воспламенения топлива.

Глава 4

Проведение осмотра топливной системы по правилам FAA

Осмотр перемычек металлизации в топливной системе

Это задание состоит из визуального осмотра и механической проверки перемычек металлизации в топливной системе.

Не допускаются изгибы и перекручивание перемычек металлизации сверх установленной нормы. Если перемычка металлизации слишком изогнута, то возможно потерян электрический контакт между оловянным наконечником и проводящим шнуром.

При осмотре металлизации могут быть обнаружены черные или коричневые отложения на проводящем шнуре. Эти отложения являются признаком износа контакта между оловянным наконечником и проводящим медным шнуром, и вызваны химической реакцией меди с серой, растворенной в топливе. Наличие отложений не вызывает проблем до тех пор, пока сохраняется прочность нитей проводящего шнура. Если проводящий шнур начал разрушаться, необходимо поменять перемычку металлизации.

При осмотре перемычек металлизации необходимо обратить внимание на ослабления крепления перемычек и коррозию.

Визуальный осмотр металлизации

Перемычка металлизации должна быть серебристого цвета без коричневых отложений.

Если на проводящем шнуре есть черные или коричневые отложения, то необходимо убедиться в целостности нитей.

Если нити проводящего шнура не разорваны, то перемычка металлизации допускается к дальнейшей эксплуатации.

Если некоторые нити разорваны, то необходимо выполнить замену перемычки металлизации по надлежащей технологии.

Механическая проверка перемычек металлизации

Необходимо попытаться пальцами повернуть наконечник перемычки металлизации. Если наконечник повернулся, то необходимо подтянуть крепежный винт перемычки и проверить наличие электрического контакта.

Проверка соединений электрических проводов топливной системы

Примечание: Необходимо руководствоваться SWPM 20-20-00 во время монтажа агрегатов, снабженных электрическими проводами. Трубопроводы и агрегаты топливной системы часто соединены перемычками металлизации

с силовой конструкцией крыла. Для монтажа разных агрегатов и трубопроводов существуют свои различные требования.

При монтаже перемычек металлизации необходимо выполнять измерение электрического сопротивления:

- необходимо измерить электрическое сопротивление между каждой перемычкой металлизации и соответствующим трубопроводом.

- измерение необходимо проводить для каждого участка, разделенного прокладками или другими изоляторами.

- необходимо убедиться, что электрическое сопротивление на каждом участке составляет не более 0,001 Ом (1 мОм).

Примечание: В SWPM 20-20-00 указано, что электрическое сопротивление между прилегающими металлическими поверхностями должно быть не более 0,0005 Ом (0,5 мОм). Необходимо учитывать, что каждый проводник имеет два конца и проверку проводимости электрического тока необходимо выполнять на обоих концах.

На трубопроводах и агрегатах топливной системы необходимо выполнить следующие действия:

- измерить суммарное электрическое сопротивление между трубопроводом или агрегатом и силовой конструкцией крыла.

- убедиться, что измеренное сопротивление составило не более чем 0,10 Ом (100 мОм).

Необходимо проверить перемычку металлизации между топливным насосом бака № 1 и силовой конструкцией крыла. Сопротивление должно быть не более 0,0002 Ом (0,2 Ом).

Доступ в топливный бак и продув топливного бака

1 Допуск специалистов

Допускаются специалисты, прошедшие обучение и понимающие всю опасность данной процедуры. Необходимо убедиться, что самолет, оборудование и погодные условия позволяют безопасно выполнить данную работу.

2 Класс опасности 1, подкласс 1 – опасные зоны

К этому классу опасности относятся следующие зоны (см. рисунок 3):

- зоны, в которых постоянно находится легковоспламеняющийся газ или пары с концентрациями достаточными для воспламенения;

- зоны, в которых при ТО появляется легковоспламеняющийся газ или пары с концентрациями достаточными для воспламенения;

- зоны, в которых появляется легковоспламеняющийся газ или пары с концентрациями достаточными для воспламенения вследствие утечек топлива;

- зоны, в которых появляется легковоспламеняющийся газ или пары с концентрациями достаточными для воспламенения вследствие

неисправностей или нарушений в работе оборудования и при этом возможно воспламенение из-за неисправностей в электрооборудовании.

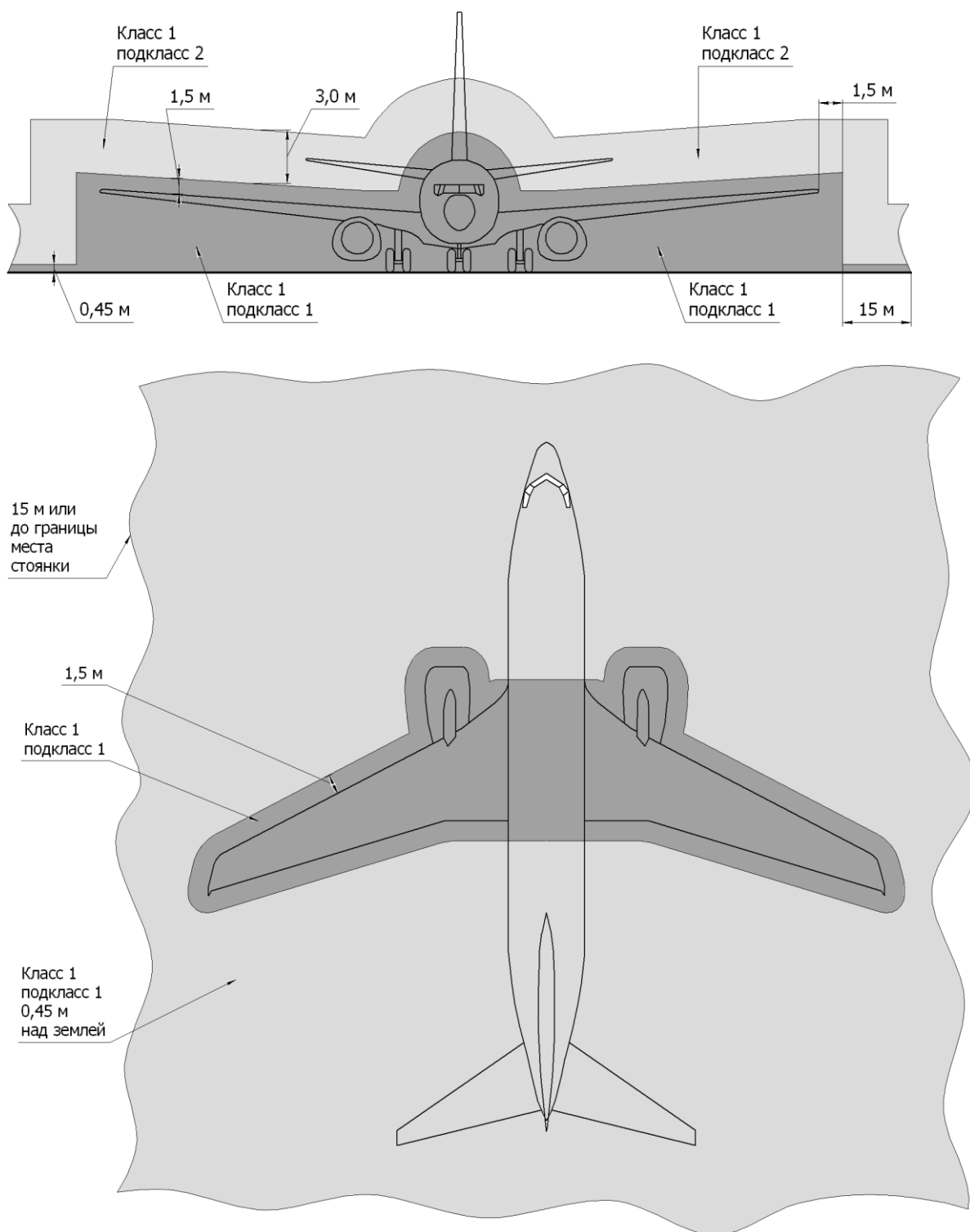


Рисунок 3 – Расположение опасных зон на самолете B737 Classic при открытых топливных баках

3 Класс опасности 1, подкласс 2 – опасные зоны

К этому классу опасности относятся следующие зоны (см. рисунок 3):

- зоны, в которых горючие жидкости или газы поступают, используются для работы или вырабатываются в процессе работы, но при

этом жидкости, пары или газы обычно находятся в закрытых емкостях или в закрытой системе. Емкости или системы содержат жидкости, газы или пары в количествах недостаточных для получения легковоспламеняющейся ТВС, за исключением случаев неисправностей.

4 Взрывобезопасный инструмент

- инструмент, находящийся в корпусе, не позволяющем нагретым газам вырваться из него в случае внутреннего взрыва;
- инструмент, который не позволит вырваться наружу искрам или пламени в случае взрыва газов внутри инструмента;
- инструмент, поверхности которого остаются холодными в процессе работы и не позволяют воспламениться ТВС вокруг инструмента;
- инструмент, который был одобрен независимой лабораторией к использованию в помещениях с классом опасности 1, подклассом 1;
- инструмент, нагревающийся в процессе работы не более чем до 90 % минимальной температуры вспышки ТВС.

5 Пожарная безопасность

Пожаробезопасными являются такие условия, при которых концентрация горючих веществ в воздухе составляет не более 10 % от минимальной концентрации горения ТВС.

6 Защита здоровья специалистов

Безопасными для здоровья является среда с концентрацией кислорода от 19,5 % до 23,5 % объема и с концентрацией горючих веществ, не достигающих минимальной пожароопасной концентрации. Так как керосин имеет низкое давление насыщенных паров, то в нормальных условиях его концентрации в воздухе не достигает опасных для здоровья значений. Нормальные условия для жизнедеятельности обеспечиваются при температуре воздуха ниже + 21 °С. При достижении температуры в топливном баке + 32 °С становится возможным достижение опасных для здоровья концентраций керосина в воздухе. При температуре в топливном баке свыше + 32 °С становится возможным появление взрывоопасной концентрации керосина. Так же возможно, что в бак попадали другие типы топлив, а не только керосин. Если процедура продувки бака не была выполнена, то концентрация паров керосина достигает высоких значений, в чем можно убедиться при помощи прибора измерения концентрации газов.

Предупреждение: Керосин Jet-B (JP-4) не имеет безопасных для здоровья концентраций, т.к. содержит бензин, а бензин является причиной раковых заболеваний. Перед входом в топливный бак, содержащий керосин Jet-B (JP-4), необходимо надеть защитную маску, в которую подается атмосферный воздух.

Выполнять осмотр топливных баков можно на площадках, которые находятся на открытых пространствах, оборудованы взрывобезопасным инструментом и первичными средствами пожаротушения.

Вокруг самолета должен находиться заградительный барьер из ленты, которым обозначается зона класса опасности 1, подкласса 1. Вокруг барьера должны быть выставлены таблички с надписью «ОПАСНО – ОТКРЫТЫЕ ТОПЛИВНЫЕ БАКИ».

Самолет должен быть заземлен до выполнения процедуры слива топлива из баков и открытия топливных баков.

Предупреждение: При открытых люках доступа в топливные баки бортовая электрическая сеть самолета должна быть полностью обесточена. Включенное электрооборудование самолета может вызвать воспламенение или взрыв ТВС. Огонь или взрыв может привести к серьезным травмам или смерти людей, а так же повредить оборудование.

Перед открытием люков доступа в топливный бак самолет должен быть полностью обесточен. В необходимых местах в течение всего времени должны находиться таблички «НЕ ВКЛЮЧАТЬ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО».

Аккумуляторные батареи должны быть отсоединены. В электроотсеке должна быть установлена табличка «НЕ ВКЛЮЧАТЬ АККУМУЛЯТОРЫ».

Все необходимое оборудование, инструмент, средства пожаротушения и защитная одежда должна быть на месте стоянки самолета до открытия лючков топливных баков. Волочение инструмента по бетону может привести к появлению искр и последующему возгоранию паров топлива.

Перед открытием топливных баков не допускается выполнять лакокрасочных работ на самолете.

Предупреждение: Не допускается использование радиопередатчиков и радиоприемников. В случае их неисправности возможно появление огня и искр, которые могут вызвать воспламенение или взрыв ТВС.

В таблице 1 показаны минимально допустимые расстояния от самолета до радиоприемников и радиопередатчиков при открытых топливных баках.

Не допускается выполнять работы в прямом луче радара с энергией свыше 5 Вт/см^2 , т.к. ТВС может воспламениться.

Источниками воспламенения топлива на земле являются:

- 1 Открытый огонь (спичка, зажженная сигарета и др.)
- 2 Электроинструмент (светильники, моторы, искры и др.)
- 3 Места, нагретые трением
- 4 Электромагнитное оборудование (радиопередатчики и локаторы)
- 5 Статическое электричество
- 6 Молнии

Стоянка должна быть оборудована одним из следующих средств пожаротушения:

- один 68 кг химически-пенный огнетушитель на колесах
- один 68 кг углекислотный огнетушитель на колесах
- один 68 кг хладонный огнетушитель на колесах

Таблица 1 – Минимально допустимые расстояния от самолетов до источников радиоизлучения при открытых топливных баках

Мощность оборудования радиоприема и радиопередачи, Вт	Продувка баков выполнена Расстояние от самолета до объекта, м	Продувка баков не выполнена, или выполняется Расстояние от самолета до объекта, м
более 100	60	60
от 25 до 100	15	15
менее 25	3	15
локатор наблюдения за небом	90	90
открытое пламя, источники тепла, зажженная сигарета и другие потенциальные источники воспламенения	15	15

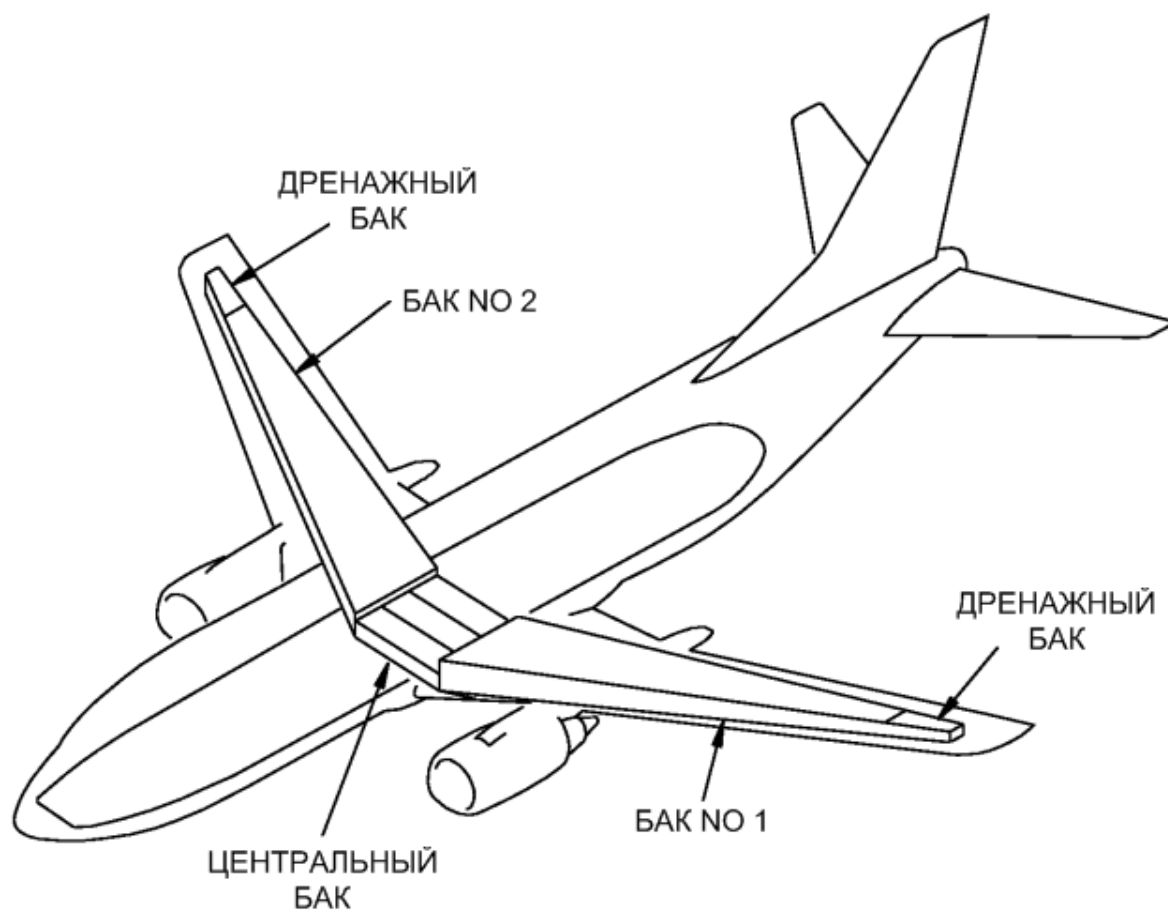


Рисунок 4 – Расположение топливных баков на самолете B737 Classic

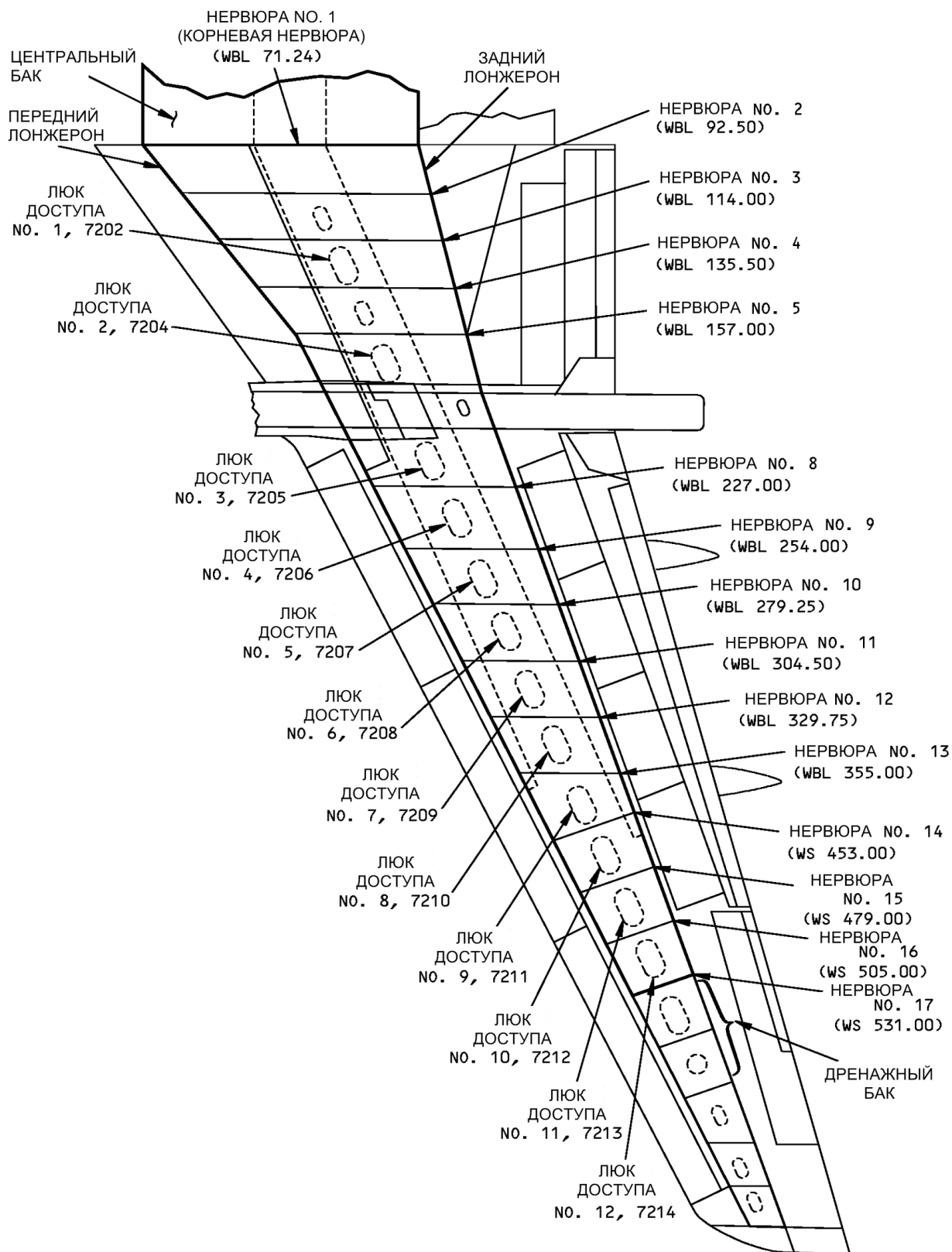


Рисунок 5 – Расположение люков доступа в бак No 1 и нервюр на самолете B737 Classic

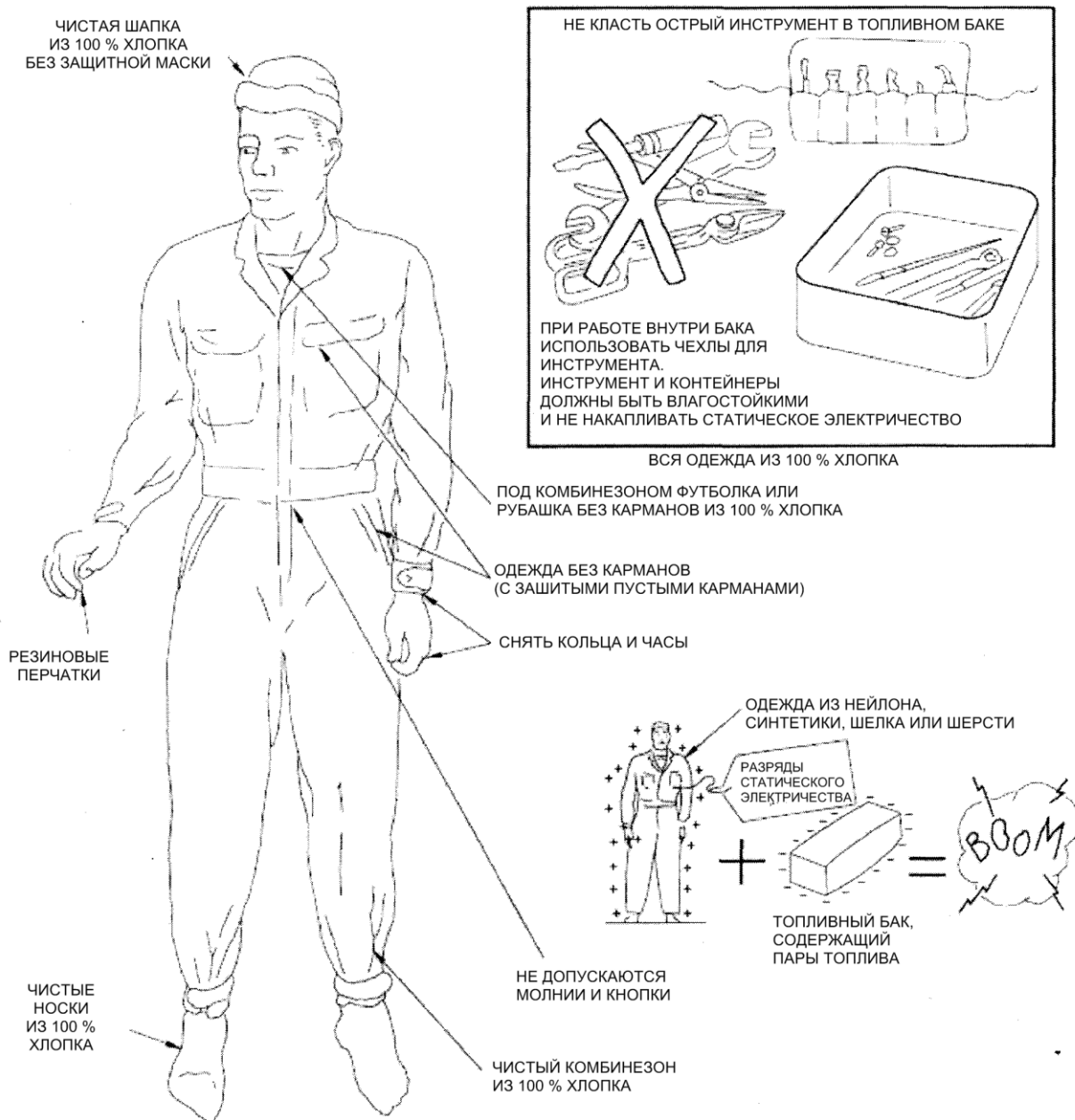


Рисунок 6 – Меры безопасности при работе внутри топливных баков

Предупреждение: Не допускается одежда из шерсти, шелка или синтетики, т.к. могут появиться разряды статического электричества, которые вызовут взрыв ТВС. Комбинезон должен быть из 100 % хлопка. Одежда на запястьях и лодыжках должна плотно прилегать, кнопки и молнии, способные вызвать искры статического электричества, не допускаются.

Разрешены к применению комбинезоны только одного из следующих лицензированных производителей:

- 100 % хлопковая одежда Aramark, Сиэтл, штат Вашингтон, США;
- комбинезоны, покрытые пленкой Tyvex фирма Saranex, Сиэтл, штат Вашингтон, США.

Ботинки – только из неопрена.

Светильники – только взрывобезопасные (любых производителей).

Контейнеры – из пластика не склонного к накопления статического электричества с закругленными углами. Контейнеры необходимы для складывания инструмента или сбора топлива внутри топливного бака.

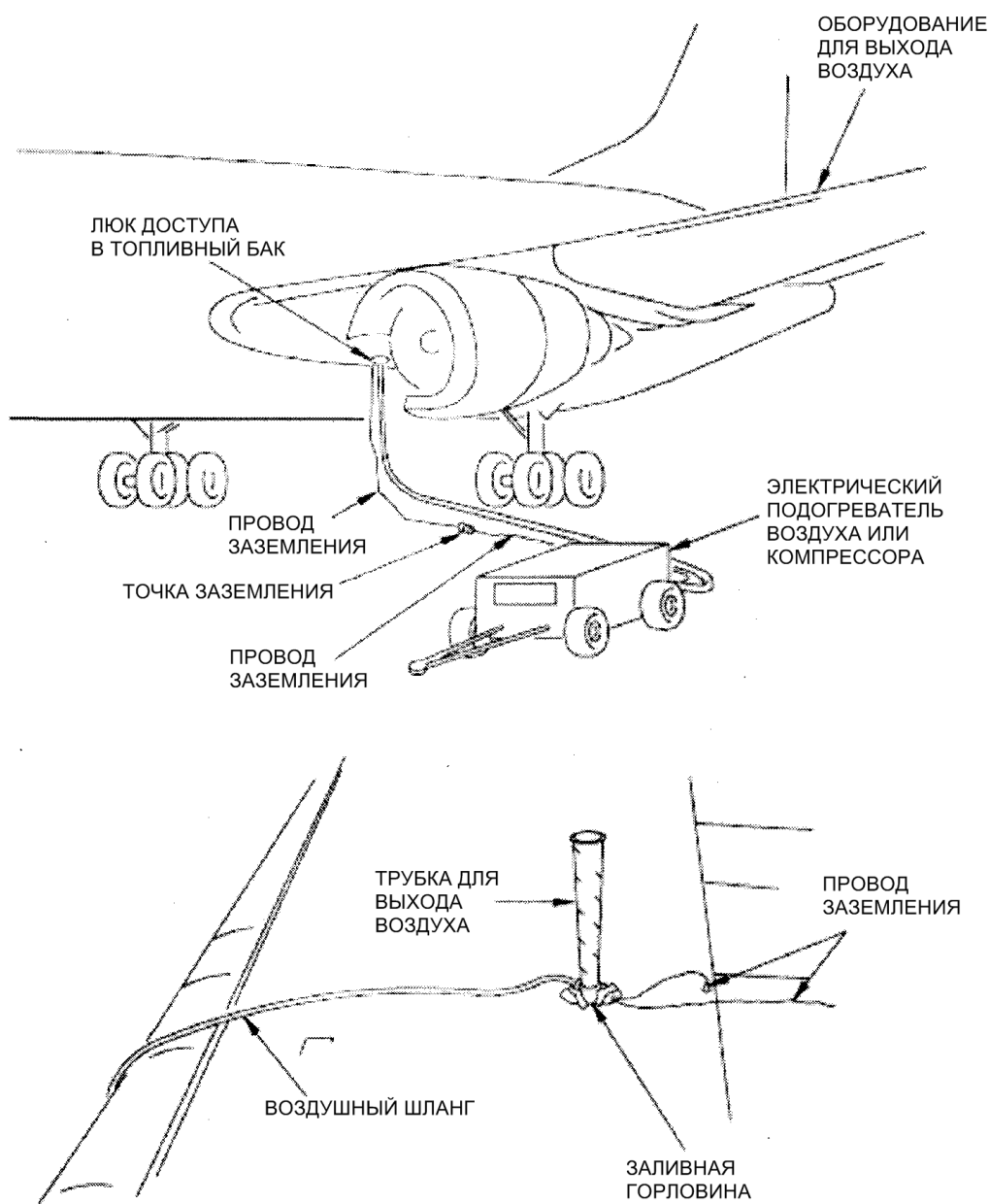


Рисунок 7 – Оборудование для продувки топливных баков

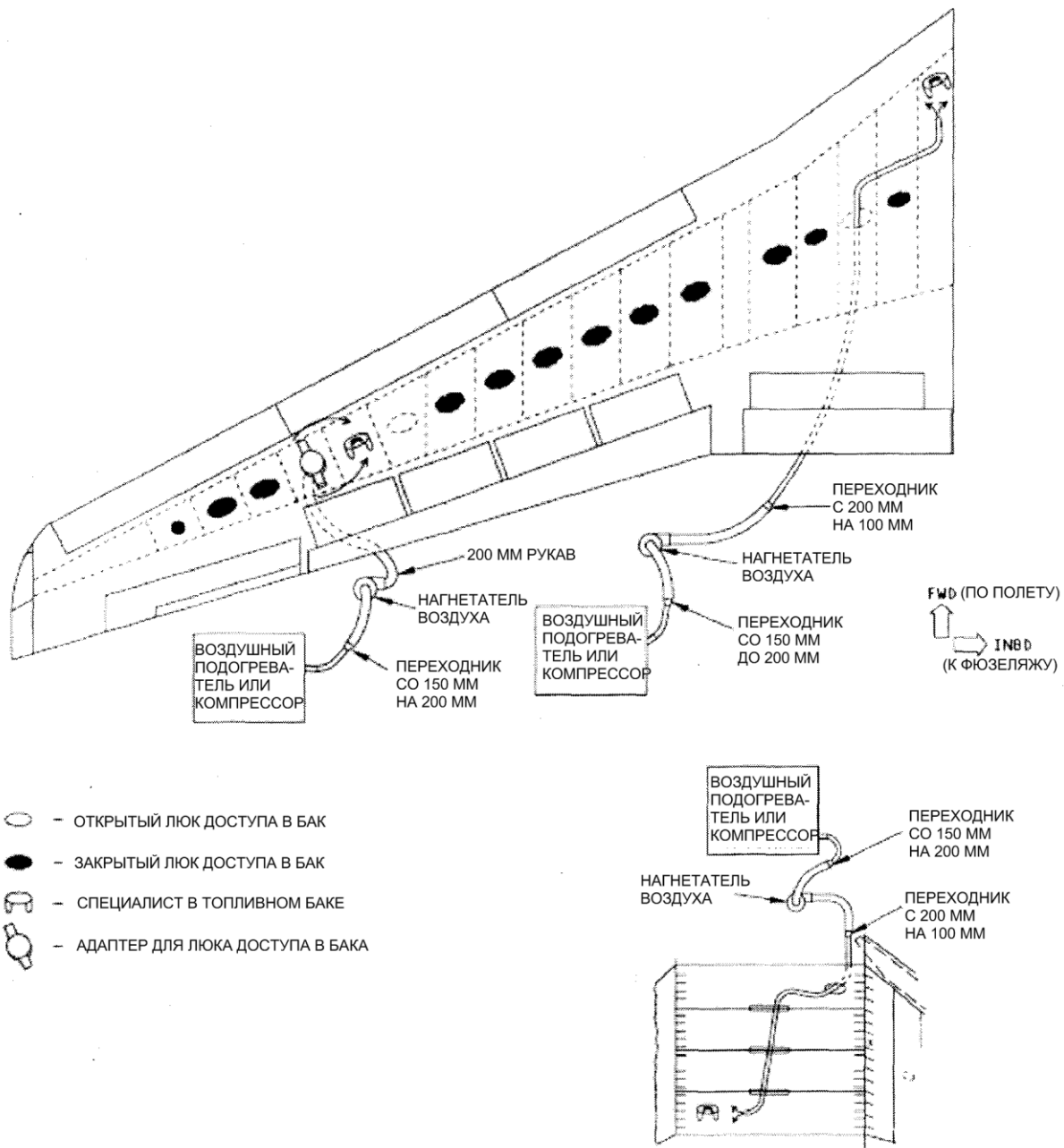


Рисунок 8 – Расположение оборудования для продувки топливных баков

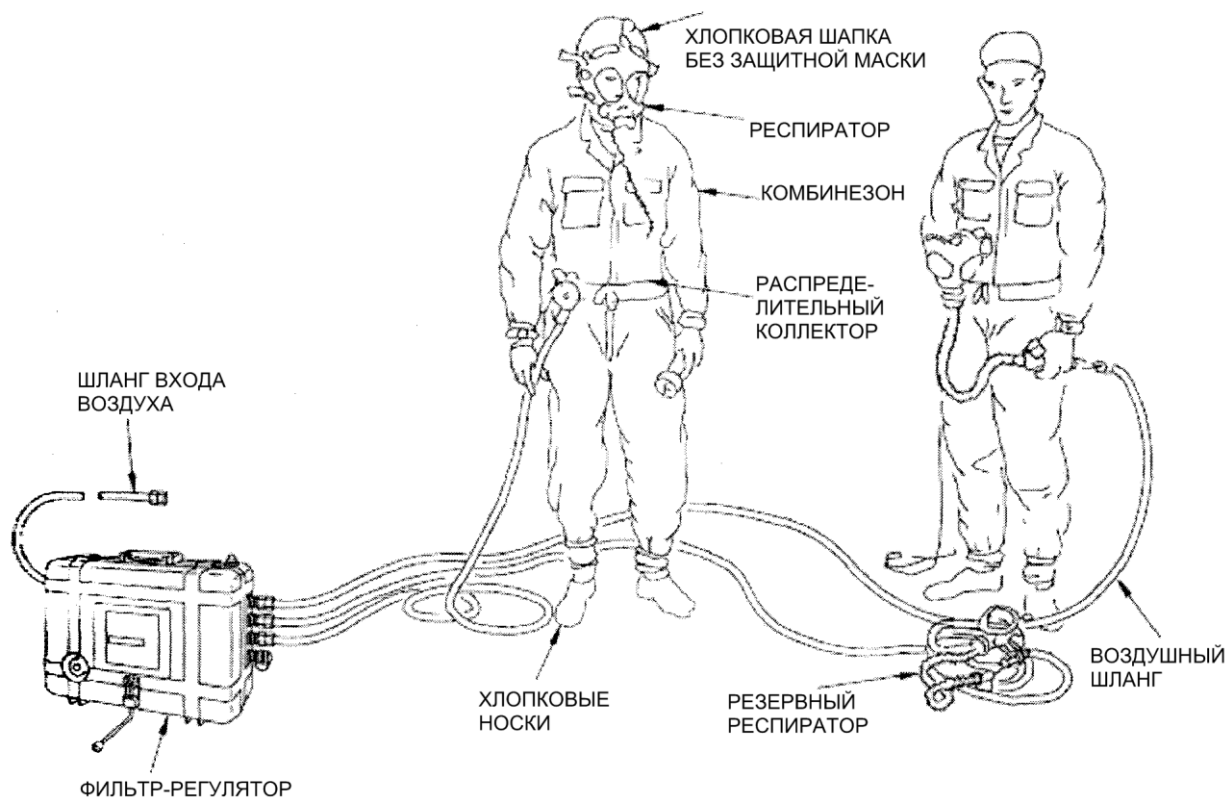


Рисунок 9 – Оборудование для дыхания специалиста в баке

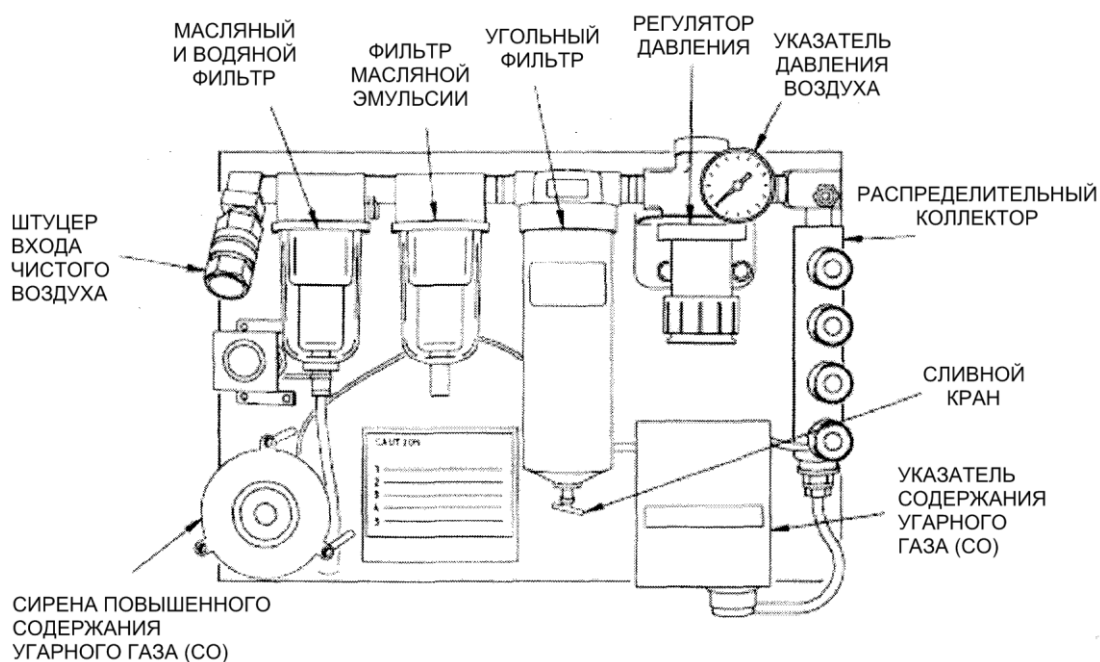


Рисунок 10 – Конструкция фильтра-регулятора для дыхания

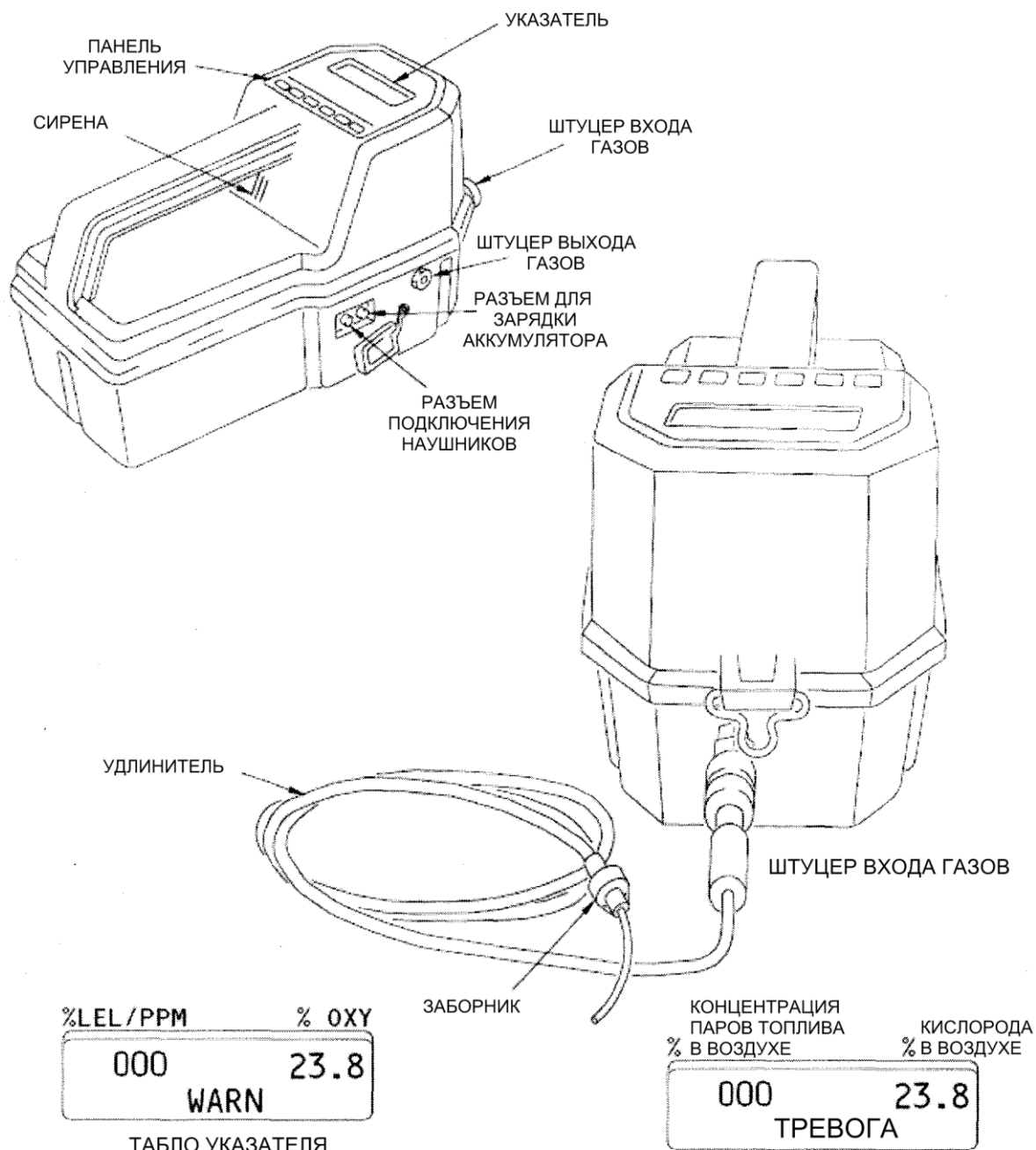


Рисунок 11 – Конструкция прибора измерения концентрации газов в воздухе

Одной из мер взрывобезопасности является прибор измерения концентрации газов в воздухе (см. рисунок 11). Разрешено использовать измеритель, производимый Termo Electronic Corporation, Франклин, штат Массачусетс, США или его аналог.

Необходимо демонтировать один или несколько люков доступа в топливный бак для свободного прохождения воздуха через топливный бак. Далее, необходимо установить защитный резиновый профиль на проем открытого люка доступа в бак и включить нагнетатель воздуха для подачи воздуха в топливный бак.

После подачи воздуха в течение 30 минут необходимо вставить заборник измерителя концентрации газов внутрь топливного бака так, чтобы он находился как можно дальше внутри бака.

Примечание: Необходимо предварительно настроить прибор измерения концентрации газов под конкретный сорт топлива, так как для разного сорта топлива опасная концентрация взрывоопасных паров в воздухе разная. После 30 минутной продувки бака, заправляемого керосином, прибор должен показывать нулевую концентрацию газов. В этом случае соблюдаются условия взрывобезопасности и безопасности для здоровья человека.

Для правильного измерения концентрации газов необходимо подождать три минуты на каждый метр длины удлинителя.

Предупреждение: Не допускается использовать подогреватель или компрессор воздуха, если концентрация паров топлива в баке выше 10 % по прибору измерения концентрации газов в воздухе. Если концентрация паров топлива в баке выше 10 %, то может произойти взрыв ТВС.

После того, как концентрация паров топлива в баке снизится до 10 %, можно начинать продувку баков при помощи теплого или холодного воздуха от подогревателя или компрессора воздуха.

Примечание: Температура воздуха, подаваемого для продувки топливных баков, должна подбираться из условия комфортного пребывания человека внутри топливного бака и не влияет на качество продувки.

Предупреждение: В момент нахождения воздушного рукава внутри топливного бака запрещено включать или выключать подогреватель/компрессор воздуха. В момент включения или выключения электромотора может произойти воспламенение ТВС внутри подогревателя/компрессора воздуха. Воспламенение или взрыв в подогревателе/компрессоре может привести к серьезным травмам или гибели персонала.

Необходимо включить подогреватель или компрессор воздуха и только после этого поместить воздушный рукав внутрь топливного бака. Далее необходимо зафиксировать рукав при помощи подручных средств. Необходимо продолжать продувать топливный бак до тех пор, пока все работы не будут завершены. Необходимо не реже одного раза в 30 минут проверять концентрацию паров топлива при помощи измерителя концентрации газов. Если концентрация газов внутри баков поднимется выше 0 %, необходимо сразу же эвакуировать людей из топливных баков и продолжить работы тогда, когда прибор покажет концентрацию 0 %.

Глава 5

Руководящие материалы JAA-EASA, касающиеся топливной безопасности

TGL LEAFLET № 47 – Временное руководство к действию, выпущенное JAA и касающееся топливной безопасности.

1 Общие положения

TGL (Временное руководство к действию) является поясняющим материалом для государств-членов JAA (EASA, Евросоюз) и содержит общие рекомендации по поддержанию летной годности топливной системы самолетов.

2 Введение

В течение последних лет авиационная промышленность получила сведения о множестве инцидентов и происшествий, связанных с возгоранием и взрывом в топливных баках. Эти явления не связаны с каким-то одним типом ВС. Конструкция топливных баков не гарантирует полной безопасности на протяжении всего срока эксплуатации ВС. FAA выпустила новые Правила, касающиеся безопасности топливных баков, такие как SFAR 88 и дополнительная глава № 14 в Федеральных авиационных правилах США. Был выпущен ряд бюллетеней о доработках конструкции, внесены изменения в руководящую документацию и введены новые виды осмотров и обслуживания ВС. Перед JAA была поставлена задача сокращения рисков, связанных с опасностью возгорания топливных баков, и при этом не допустить внесения новых неисправностей в процессе осмотра и обслуживания баков. Была установлена необходимость провести ряд мероприятий, таких как введение конструктивных доработок, определение новых критериев исправного состояния, введение дополнительных работ по осмотру и обслуживанию топливной системы и дополнительному обучению персонала. Таким образом, TGL LEAFLET № 47 описывает наработки JAA в области повышения топливной безопасности.

3 Общие положения

JAA во взаимосвязи с национальными контролирующими органами государств Евросоюза выработало меры улучшения топливной безопасности, по которым смогут работать национальные контролирующие органы. Это TGL позволяет всем членам JAA работать по единым правилам, аналогичным Правилам FAA. Таким образом, политика JAA сводится к выполнению практических действий, основанных на Регулах JAR 25.1309, и обработке опыта, накопленного на этапе ТО ВС. Регулы распространяются на обладателей Сертификатов летной годности ВС, обладателей Дополнительных сертификатов летной годности ВС, на органы, вносящие изменения в Сертификаты летной годности ВС и на сертифицированные конструкторские бюро. В случае нарушения требований топливной

безопасности проводятся мероприятия по их устранению, возглавляемые национальными контролирующими органами. Соблюдение требований не гарантирует полной безопасности, однако, их соблюдение приводит к тому, что все ВС имеют одинаковый уровень топливной безопасности. Далее обладатель Сертификата летной годности ВС обязан периодически повторять осмотр ВС, постоянно выполнять требования при ТО ВС, что в целом приводит к повышению топливной безопасности. Авиакомпания и владельцы Сертификатов летной годности ВС должны полностью соблюдать требования TGL.

4 Область распространения

TGL, выпущенное JAA, применяется ко всем коммерческим ВС оснащенных газотурбинными двигателями, выпущенными после 1 января 1958 года и имеющих максимальную пассажироместимость свыше 30 человек или максимальную коммерческую загрузку свыше 3402 кг.

5 Требования

JAA через национальные контролирующие органы требует от обладателей Сертификатов летной годности ВС неукоснительного выполнения правил топливной безопасности согласно принципам, заложенных в JAR 25.1309 и Приложения А к TGL. В них показано, что существование только источников воспламенения (искр) недостаточно для возникновения опасных ситуаций. Для того, чтобы ситуация стала действительно опасной необходимо наличие ТВС с достаточной концентрацией, окружающей источники воспламенения. Дополнительно описывается, что нагрев ТВС, локализованной в небольшом объеме, и не связанной с остальной топливной системой, не представляет большой угрозы. Все системы, включая топливную систему, которые нагреваются в процессе работы, как в штатных, так и в нештатных ситуациях, должны быть проанализированы. Таким образом, можно прийти к выводу, что топливный бак всегда является пожароопасным и любое несоблюдение JAR 25.1309 сразу же вызывает угрозу безопасности. Для выявления несоответствий были разработаны оптимальные критерии оценки безопасности, при обнаружении которых требуется выполнить работы по восстановлению безопасности. Эти критерии, включающие в себя оценку пожароопасности топливных баков, перечислены в Приложении А к TGL. Авиакомпания обязана определить типы топливных систем, установленных на всех ВС в их парке, уведомить об этом в письменной форме обладателя Сертификатов летной годности ВС и проинформировать обладателя о необходимости выполнения тех или иных мероприятий на ВС. В случае если обладатель ВС не способен выполнить эти мероприятия, то авиакомпания должна обратиться за помощью на завод-изготовитель ВС для выполнения необходимых мероприятий. В результате проведенных мероприятий должна быть точно определена модификация установленного на ВС оборудования и необходимость выполнения конструктивных доработок, без выполнения которых безопасность ВС будет

под угрозой. Выпускаются дополнительное ALI для каждого ВС, оформляется соответствующая производственно-техническая документация, пересматривается АММ. Далее авиакомпания и технический центр обязаны провести обучение персонала, объяснить изменения в регламенте ТО и АММ, и получить одобрение от органа, утверждающего изменения в перечисленных документах. Далее проводятся необходимые смотровые работы и устранение выявленных дефектов. Авиакомпания должна убедиться, что все периодические осмотры проведены, соблюдены правила выполнения осмотров и ТО ВС выполняется в полном соответствии с TGL или SFAR 88.

6 Выводы

В случае если осмотры выявили дефекты, влияющие на летную годность ВС, то необходимо их устранить в течение определенного времени. Если дефекты не обнаружены, то в дальнейшем необходимо продолжать выполнять периодические осмотры и ТО.

Первый отчет о проверке соответствия авиакомпаний в Европе был составлен 6 декабря 2004 года.

Дальнейшие указания могут быть издаваться FAA в AC 120 согласно Правил внесения изменений в SFAR 88. Так же по мере необходимости в TGL будут вноситься изменения и дополнения.

Глава 6
Приложение А к TGL (от 1 ноября 2002 г)
Пояснительный материал к INT/POL/25/12

**Топливная безопасность – Источники воспламенения
топливных баков**

1 Введение

Опыт проведения смотровых работ показывает, что источники воспламенения топливных баков имеют непредвиденный характер и не могут быть выявлены при традиционной системе осмотров для получения Сертификата летной годности ВС. Предназначение данного материала – внесение пояснений в концепцию INT/POL/25/12, опубликованных JAA 1 октября 2000 года.

Каждый субъект (специалист, авиакомпания, владелец, контролирующий орган) должен ознакомиться с оформленной производственно-технической документацией, бортжурналами, актами проверок и актами проверок изделий поставщиками для своевременного обнаружения любых ранее не замеченных неисправностей, дефектов или других явлений которые могут явиться причиной воспламенения топливной системы. Вдобавок в отдельных ситуациях замена агрегатов может привести к продлению Сертификата летной годности ВС без анализа влияния внесенных изменений на наличие источников воспламенения.

Теоретически в результате изучения информации о внесении изменений в конструкцию самолета в течение срока эксплуатации, таких как замена агрегатов устаревшего типа на модернизированные агрегаты, должна быть образована основа для дальнейшего рассмотрения данной системы и анализа безопасности системы.

2 Отступление от основной темы

Существует три первичных события, которые могут привести к воспламенению ТВС внутри топливных баков:

- 1 Дуга электрического разряда;
- 2 Искры, появляющиеся в результате трения вследствие механического контакта вращающихся механизмов внутри топливных баков;
- 3 Горячая поверхность, которая может вызвать самовоспламенение ТВС.

Условия для воспламенения паров топлива любым из этих способов значительно зависят от изменения давления и температуры внутри топливного бака и могут быть усилены перемешиванием или распылением топлива внутри баков. Таким образом, в связи со сложностью определения пожароопасности внутри топливного бака или горючести паров топлива можно утверждать, что ни при каких условиях не должно быть причин, способных воспламенить ТВС. Любые изделия находящиеся внутри бака или вблизи с топливным баком, согласно действующим стандартам, и при

нормальной работе и в нештатных ситуациях не должны вызывать воспламенение ТВС. Такое возможно только при качественной сборке конструкции ВС, соблюдении правил проверок и анализа изделий. Проверка взрывобезопасности изделий связана с возможностью появления одного или множества дефектов, вызывающих появление электрических дуг, тепловых искр или теплового воздействия от неисправных агрегатов. Проверка изделий может быть выполнена на основе стандартов или оценочных тестов изделий. Таким стандартом может быть Euro CAE / RTCA DO 160 и BS 3G 100, которыми можно проверить взрывобезопасность электрооборудования и провести анализ потенциальных мест образования электрических дуг и тепловых искр. Теоретически необходимо сфокусировать внимание на внутренних и внешних источниках воспламенения топливных баков, которые можно выявить заранее.

3 Источники воспламенения

3.1 Электрические дуги и электрические искры

Источники воспламенения, такие как электрические дуги и искры могут появиться в результате отказа электрооборудования и электрической проводки, напрямую или косвенно вызывающего образование электрических искр, плазмы от токов высокой частоты, электромагнитной индукции и разрядов статического электричества. Количество электрической энергии, необходимой для воспламенения паров топлива зависит от конкретных условий. За основу принята величина 0,2 мДж. Соответственно определены допустимые пределы, превышение которых недопустимо.

3.2 Тепловые искры

Трение металлических поверхностей может привести к образованию тепловых искр. Обычно они возникают в результате соприкосновения вращающейся крыльчатки топливного насоса с неподвижным корпусом топливного насоса.

3.3 Горячие поверхности

Исследования, приведенные в АС 25-8, показывают, что поверхности с температурой выше + 30 °С могут стать причиной воспламенения ТВС, а так же ТВС с температурой выше + 30 °С может самовоспламениться. Поэтому максимально допустимой является температура + 30 °С, что так же описано в JAR 25.981(a). Допускается повышение температуры поверхностей, погруженных в жидкое топливо не более чем до + 200 °С.

4 Обучение персонала

4.1 Введение

Вся информация, полученная из предыдущего опыта, должна детально изучаться для качественного понимания риска воспламенения паров топлива.

Информация, полученная при проверках и при научных исследованиях, должна анализироваться и применяться в будущем. Основным итогом стало понимание того, что нужно свести к минимуму количество электрооборудования внутри топливных баков.

4.2 Изделия с точки зрения опыта эксплуатации

Ниже приведен список неисправностей, которые могут быть обнаружены в топливной системе. Конечно, в реальности нельзя составить исчерпывающе полный перечень всех неисправностей, т.к. в реальности случается непредвиденное поведение агрегатов топливной системы.

Насосы:

1 Неисправность обмотки возбуждения электродвигателя насоса, возникшая в результате смещения обмотки с последующим разрушением ее о крыльчатку насоса и дальнейшим попаданием ее обломков в топливный бак.

2 Разрушение обратных клапанов на входе в насос с последующим их измельчением об крыльчатку насоса.

3 Неисправность обмоток статора электродвигателя насоса, полученная в процессе работы насоса, с последующим отказом второй ступени нагнетания насоса в случае прохождения электрической дуги через корпус насоса.

4 Устройство температурной защиты обмоток было втянуто в обмотки насоса и далее стало недееспособным, т.к. намоталось поверх обмоток.

5 Трубки подвода охлаждающего топлива были смещены в результате смещения неправильного монтажа насоса.

6 Продолжительная работа насоса без топлива при пустых топливных баках из-за нарушения правил эксплуатации насоса. Предположительно эта неисправность стала причиной двух инцидентов.

7 Попадание в стальную крыльчатку насоса обломков других агрегатов способно производить искры.

8 Внутри насоса застряли металлические обломки.

9 Электрические клеммы питания насоса корродировали вследствие попадания на них утечек топлива или создания на них электрической дуги.

10 Электрические клеммы питания насоса установлены слишком близко от крышки насоса вследствие конструктивной недоработки или неправильного монтажа, что может вызвать появление электрической дуги.

11 Сбой в работе датчиков температуры обмоток электродвигателя насоса.

12 Пламегаситель не работает, т.к. установлен наоборот.

13 Внутренние электрические провода электродвигателя насоса задевают о ротор, по этому электрический ток перетекает на ротор и возникает электрическая дуга на крыльчатке и заборнике топлива.

14 Разрушенная обмотка электродвигателя задевает за окружающие детали.

15 Недостаточное проходное сечение питающего электрокабеля для данной нагрузки.

16 Неплотное прилегание заземления насоса к элементам конструкции планера.

17 Отбор топлива от насоса отключен, топливо в насосе разогревается.

18 Преждевременный износ стальных подшипников, установленных в стальной втулке.

Электропроводка питания насосов расположена внутри металлического кабель-канала или задевает о стенки бака

У провода в тефлоновой оплетке или расположенного внутри металлического кабель-канала, или задевающего о стенки топливного бака при пробое изоляции возникает электрическая дуга, которая является источником воспламенения паров топлива.

Штепсельные разъемы топливных насосов

Электрическая дуга внутри штепсельных разъемов возникает при коррозии или искривлении контактных штырей.

Электропроводка системы измерения количества топлива

Растрескивание изоляции и медные отложения на электрических разъемах незащищенных кожухами проводов без штепселей может привести к перетеканию в них электрического тока высокого напряжения от других электрожгутов.

Датчики системы измерения количества топлива

Коррозия и медные отложения ухудшают изоляцию электропроводов системы, зажимы и хомутики на проводах датчиков могут повредить провода и ухудшить их изоляцию. Загрязнения в топливных баках, такие как стальная стружка, контрольная проволока, гайки, заклепки, болты, а так же вмятины на датчиках могут вызвать появление электрической дуги между стенками внутри датчика уровня топлива.

Перемычки металлизации

Может быть обнаружена коррозия и неплотный контакт наконечников металлизации. Под действием статических нагрузок и колебаний крыла, действующих на разъемы трубопроводов топливной системы, могут появиться механические повреждения трубопроводов и коррозия.

Поврежденные и старые резиновые уплотнения

Износ резиновых уплотнений может привести к внутренним и наружным утечкам топлива, а так же может появиться распыление топлива.

4.3 Снижение количества угроз от электрических агрегатов внутри топливных баков

Один из уроков обязательно должен быть посвящен изучению нежелательных событий, которые могут случиться с электрическими

агрегатами внутри топливных баков. Силовые электрокабели должны быть уложены внутри металлических трубок, которые проходят через весь топливный бак, поэтому внутри труб должен находиться диэлектрический материал. Теоретически электрокабели, проложенные внутри труб, должны выходить из топливных баков как можно дальше наружу. Все оборудование внутри топливных баков (топливные насосы, поплавковые механизмы, штепсельные разъемы) должно быть взрывобезопасным. Тем не менее, для некоторых электропроводов, таких как провода датчиков уровня топлива и датчиков температуры, должна быть предусмотрена возможность сохранения безопасности при их повреждении внутри топливных баков, т.к. этого требуют нормы годности ВС. Требования безопасности полетов, предъявляемые к топливным бакам, предусматривают отказ нескольких таких датчиков одновременно при сохранении работоспособности системы в целом.

5 Оценка уровня безопасности

5.1 Введение

Топливная система должна соответствовать требованиям JAR 25.901(с), которые в свою очередь составлены согласно JAR 25.1309. Согласно концепции INT/POL/25/12 должна быть дана оценка уровня безопасности топливной системы, которая должна показывать, что единичный отказ в топливной системе не приведет к отказу всей системы в целом, о чем подробно описано в JAR 25.1309.

Принципы AMJ 25.1309

AMJ (Advisory Material Joint) Единый консультативный материал 25.1309 «Анализ и проектирование систем» содержит способы соблюдения SSA (Нормативные требования к уровню безопасности систем). Глубина и охват, принятые в SSA зависят от полноты и серьезности функций, выполняемых системой при ее рассмотрении, сложности условий, необходимых для ее отказа, уникальности конструкции и опыта эксплуатации, количества и полноты информации о вероятных отказах, возможностей по своевременному устранению неисправностей. Критерии, процессы, методы анализа и документация SSA должны быть составлены в соответствии с материалами, содержащимися в AMJ 25.1309. Случаи отказов компонентов топливной системы должны быть внимательнейшим образом изучены для полноценного использования полученного опыта в дальнейшей эксплуатации.

5.2 Допущения и граничные условия для анализа

Анализ должен опираться на допущения, описанные ниже.

5.2.а Пожароопасность топливных баков

Анализ безопасности системы должен выполняться с учетом всех условий работы на земле и в полете, иначе говоря, взрывоопасная ТВС присутствует в топливных баках всегда.

5.2.b Классификация условий появления отказа

В то время как конструкторы пытаются снизить опасность, возникающую при воспламенении топливных баков (например, покрывают стенки баков полиуретановой пеной), в Нормативных требованиях SSA утверждается, что появление источника воспламенения является основной причиной катастрофы.

5.2.c Условия появления отказа

При проведении анализа может быть обнаружено, что, в конечном счете, недостатки и аномалии в работе, появление отказов выявляются в первую очередь при изучении информации, полученной в процессе испытаний. Типичные отказы топливной системы тоже могут быть выявлены в результате различных исследований без монтажа агрегатов внутри топливных баков. Необходимо принимать во внимание различные ошибки монтажа, старение, износ, коррозию и другие подобные дефекты. И на производстве и в эксплуатации большинство неисправностей могут быть обнаружены путем различных проверок правильности функционирования системы. В отдельных случаях дефекты могут быть обнаружены только путем периодических проверок всей системы, например, необходимо периодически осматривать всю электрическую проводку и все переключки металлизации. В этом случае периодичность проверок основывается на предыдущем опыте эксплуатации такого же оборудования, работавшего в аналогичных условиях. Если предыдущий опыт не применим, то периодичность проверок сокращают, и при частых проверках появляется необходимый опыт эксплуатации.

Топливные насосы

Опыт эксплуатации показывает, что топливные насосы имеют много видов отказов, способных стать причиной появления источников воспламенения в топливных баках. Многие из этих отказов являются следствием лишь одного дефекта, другие – следствием множества дефектов, накладывающихся друг на друга. Существуют насосы, которые находятся выше уровня топлива и не омываются топливом снаружи. Для таких видов насосов необходимы периодические осмотры для того, что бы убедиться, что в случае их отказа не произойдет возгорание паров топлива внутри баков. Для насосов, омываемых топливом в течение всего полета и остающихся непокрытыми топливом только при полной выработке, такие проверки не требуются.

Электропроводка топливных насосов

Несмотря на принимаемые меры по предотвращению истирания электропроводов, появление электрических искр остается возможным. Для электропроводки, проложенной внутри топливного бака или крепящейся к стенкам бака, должны приниматься дополнительные меры, предотвращающие разрушение изоляции проводов и последующее появление электрических дуг. Необходимо принимать меры, изолирующие электропровода от металлических кабель-каналов и стенок топливных баков.

Электропроводка датчиков измерения количества топлива

В недавнем прошлом конструкторы предприняли меры, изолирующие электропроводку датчиков от остальной электропроводки, но это вовсе не означает, что электропроводка датчиков будет надежно изолирована от остальной электропроводки в течение всего срока эксплуатации ВС. Более новые модификации самолетов, скорее всего, лишены таких недостатков. В-первых, необходимо принять дополнительные меры по надежной изоляции электропроводов постоянного тока с низким напряжением – проводов датчиков уровня топлива – от электропроводов переменного тока с высоким напряжением. Пока конструктивные доработки эксплуатирующихся самолетов не могут полностью решить данную проблему.

Схемы расположения перемычек металлизации

Опыт эксплуатации показывает, что востребованы объективные способы повышения безопасности перемычек металлизации. К таким способам можно отнести прокладку перемычек металлизации параллельно в два ряда и введения избыточного количества перемычек металлизации. В этих случаях удастся увеличить периодичность проведения осмотров. Могут быть даны рекомендации, касающиеся периодичности проверок, но это не означает, что можно снизить качество изготовления перемычек металлизации, и не означает, что проверки можно производить гораздо реже.

5.2.d Внешние условия

Важность внешних условий подтверждается в сертификационных требованиях к ВС, а так же могут происходить непредвиденные ситуации (например, попадание молнии, наведение токов высокой частоты и др.). Достаточно всего одного попадания молнии и пары топлива в отсеках, окружающих топливные баки могут воспламениться.

5.3 Качественное исследование безопасности

До сих пор не достигнут должный уровень качества проверок, при котором надежно обнаруживались бы все источники воспламенения топлива внутри баков. Это связано с особенностями конструкции топливных баков. Детализированные качественные проверки могут не потребоваться, если будет проведено качественное исследование безопасности на стадии проектирования топливных баков, направленное на защиту от появления источников воспламенения топлива внутри топливной системы. Например,

если будет доказано, что электропроводка, заведенная внутрь топливного бака надежно защищена от износа, старения и не нарушает герметичности бака при различных обстоятельствах и ситуациях, то будет возможно значительно увеличить периодичность проведения осмотров электропроводки при сохранении высокой надежности.

5.4 Качественное исследование агрегатов

Опыт эксплуатации топливных насосов показывает, что не всегда происходят неожиданные отказы, обрыв электропроводки или отказ является следствием нарушения правил монтажа. Очевидно, необходимо повышать надежность насосов по всем показателям, связанных с постоянной продолжительной работой насосов в течение долгого срока. Теоретически необходимая надежность агрегата может быть достигнута, если при качественном исследовании подтвердится, что отказ не станет причиной появления источника воспламенения.

5.5 Электрические искры

Необходимо произвести обзор отказов всей топливной системы и подсистем, электропроводка которых находится внутри топливных баков. Необходимо рассмотреть следующие системы: измерения температуры топлива, измерения количества топлива в баках, датчики полной заправки бака, электропроводка питания, управления и индикации топливных насосов, а так же любая другая, чьи провода проложены внутри баков. Уровень надежности систем в целом и отдельных ее элементов в частности должен отвечать требованиям указанным ранее в п. 4.2. Отказы отдельных элементов, которые обнаруживаются при эксплуатации, чаще всего являются единичными отказами. Проверки позволяют выявить скрытые дефекты, такие как разрушение изоляции, износ, механические повреждения проводов, коррозию на датчиках, штепсельных разъемах, проводах. Такие скрытые дефекты могут стать причиной появления источников воспламенения. Так же должны осматриваться провода, расположенные в кабель-каналах и кожухах снаружи топливных баков. Во всех перечисленных случаях могут появиться электрические искры и горячие поверхности.

5.5.a Короткие замыкания в электропроводке

Короткое замыкание (в том числе приваривание проводов) может случиться на любом участке электрического провода и характерно для системы измерения количества топлива в баках, датчиков полного бака и других датчиков. Короткие замыкания необходимо рассматривать отдельно от других видов отказов электрооборудования.

5.5.b Электромагнитные эффекты, включая воздействие молнии, токов высокой частоты и электромагнитной индукции

Эффекты наведения электрического поля в результате воздействия молний, токов высокой частоты и электромагнитной индукции на агрегаты и

провода внутри топливных баков должны рассматриваться отдельно от других видов отказа электрооборудования. Традиционные дефекты можно обнаружить путем проверки правильности функционирования системы или путем периодических осмотров. Но когда речь идет об электромагнитных эффектах, эти способы не пригодны. Способы проверки на влияние электромагнитных эффектов подробно описаны в инструкции DO-160 (Европа). При таких проверках необходимо убедиться в исправности защиты от электромагнитных явлений всех компонентов внутри топливных баков.

5.6 Тепловые искры, получаемые в результате трения

В ходе изучения были выявлены явления перемалывания каких-либо элементов при их на крыльчатку топливного насоса. Опыт эксплуатации показывает, что в топливный насос могут быть втянуты и в дальнейшем измельчены о крыльчатку элементы обратных клапанов, электропроводов, гайки, болты, заклепки, хомутики, элементы уплотнений, контрольная проволока и другие. При этом создаются условия для возникновения тепловых искр, способных повлиять на безопасность внутри топливных баков.

6 Инструкции для поддержания летной годности топливных баков

В концепции INT/POL/25/12 указывается, что во избежание вышеперечисленных явлений необходимо регулярно проводить проверки и осмотры. Любой из перечисленных факторов может стать причиной воспламенения топливного бака, что приведет к катастрофическим последствиям, поэтому проблеме топливной безопасности отведено отдельное место в Инструкциях по поддержанию летной годности ВС. Любые возможные источники воспламенения, заложенные в конструкции ВС устаревших типов, должны быть обнаружены и устранены. Это значит, что процессы технического обслуживания, эксплуатации и ремонта модифицированной системы тоже должны быть модифицированы, и станут отличаться от первоначальных процессов до внесения доработок в конструкцию. Владелец устаревших инструкций не сможет качественно произвести техническое обслуживание, так как система подверглась некоторым изменениям.

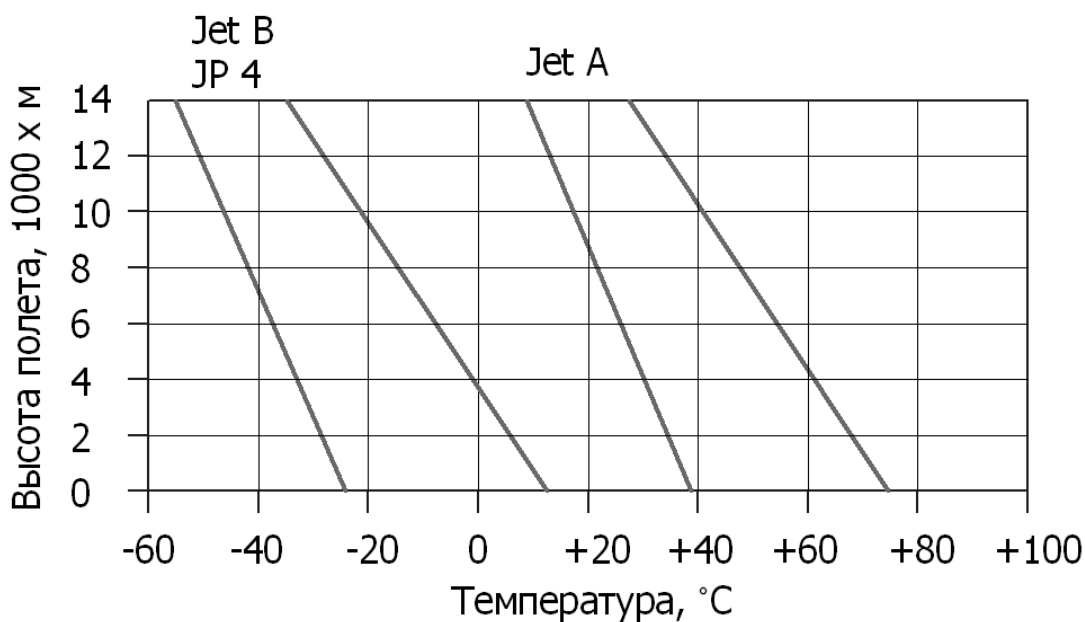
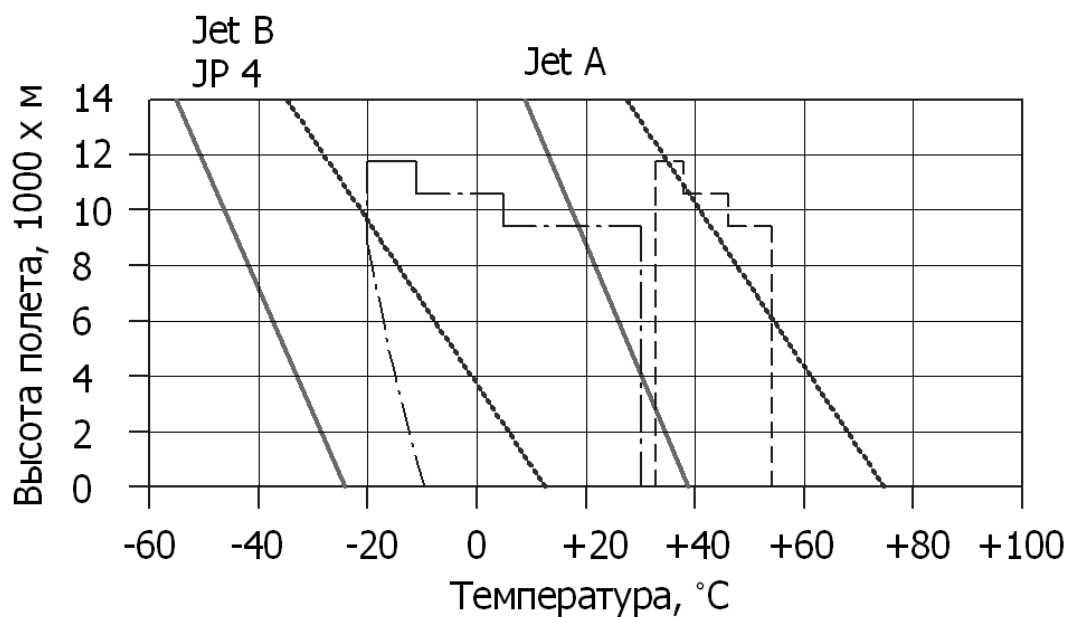


Рисунок 12 – График изменения нижнего температурного диапазона воспламеняемости ТВС в зависимости от высоты полета и сорта топлива



- Нижняя минимальная граница воспламеняемости ТВС
- - - Верхняя минимальная граница воспламеняемости ТВС
- · - · - График изменения температуры центрального топливного бака в зависимости от высоты полета
- · - · - График изменения температуры крыльевого топливного бака в зависимости от высоты полета

Рисунок 13 – График изменения температуры топливных баков в зависимости от высоты полета, наложенный график изменения нижнего температурного диапазона воспламеняемости ТВС в зависимости от высоты полета и сорта топлива



Рисунок 14 – Треугольник возникновения воспламенения ТВС

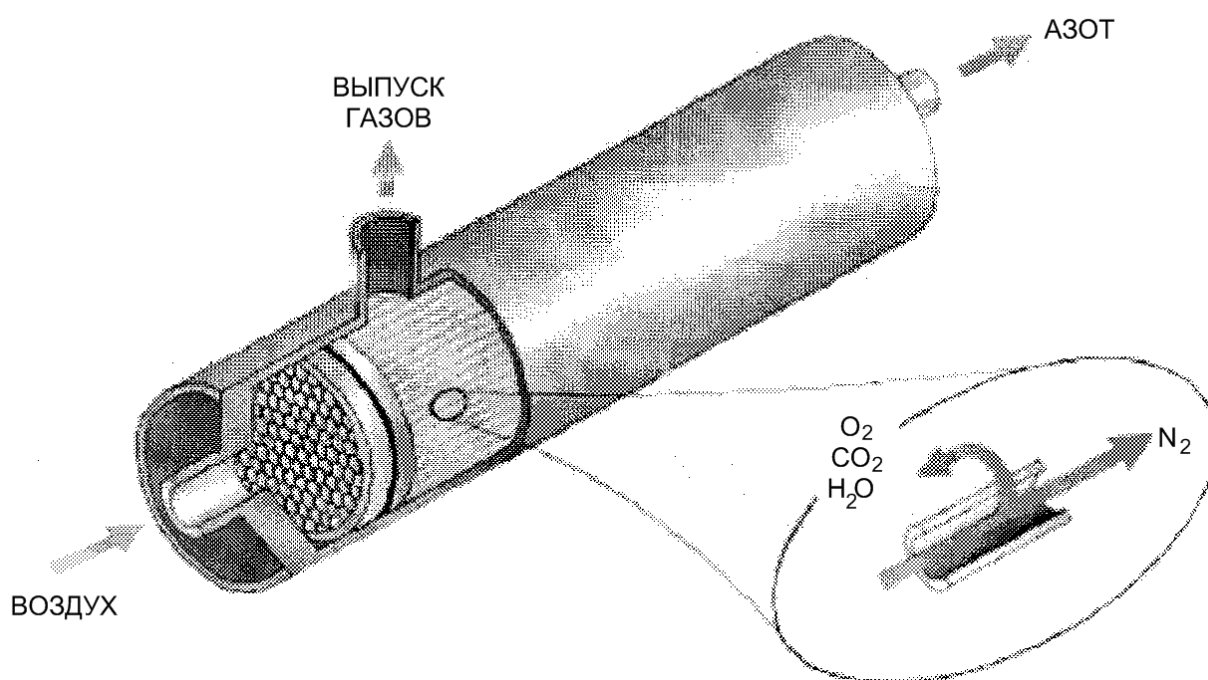


Рисунок 15 – Схема работы агрегата разделения воздуха (Air Separation Module)

Таблица 2 – Основные инциденты, связанные с топливной безопасностью

Годы, в которые произошли инциденты	с 1960 по 1990	с 1990 по 1999	с 2000 по настоящее время
Типы ВС и место, в котором произошел инцидент	В707 Эклтон В747 Мадрид (попадание молнии)	В737 Манила В747 Нью-Йорк (без попадания молнии)	В737 Бангкок (без попадания молнии)
Меры, принятые для улучшения безопасности	Устранены причины конкретных инцидентов только на типах ВС, с которыми произошли инциденты.	Пересмотрена конструкция ВС и введены осмотры, помогающие обнаружить источники воспламенения (SFAR 88). Работы по всем типам ВС.	Обнаружено, что ранее принятые меры не способны полностью решить проблему.
Последовавшие системные изменения	Проведены научные исследования, которые не нашли практического применения. Принципы не изменились.	FAA начало разработку системы инертного газа. Авиационное сообщество посчитало эту идею непрактичной.	FAA разработало действующую систему инертного газа. Решено, что применение систем инертного газа является оптимальным решением.

Глава 7

Система инертного газа самолета Boeing 737 NG

Система инертного газа понижает содержание кислорода в воздухе, поступающем в центральный топливный бак при работе двигателей, до уровня при котором горение ТВС невозможно.

Система выработки азота выполняет следующие функции

- регулирует давление воздуха в системе инертного газа
- превращает озон в кислород
- понижает температуру воздуха
- удаляет примеси из воздуха
- удаляет кислород из воздуха
- снабжает центральный топливный бак воздухом с повышенным содержанием азота
- производит контроль функционирования системы

Агрегаты системы выработки азота расположены в отсеке оборудования системы кондиционирования воздуха под центропланом крыла (см. рисунок 16).

Система получает воздух из левого трубопровода пневмосистемы. Датчик давления на трубопроводе отбора (см. рисунок 17) измеряет давление и передает информацию в контроллер системы (см. рисунок 16). Контроллер подает команду на соответствующее открытие перекрывного клапана (см. рисунок 17). Перекрывной клапан регулирует давление воздуха поступающего в систему выработки азота.

Далее воздух поступает в каталитический конвертер озона (см. рисунок 17), в котором озон превращается в кислород. Озон должен быть превращен в кислород, т.к. снижает качество работы агрегата разделения воздуха.

Радиатор, обдуваемый забортным воздухом (см. рисунок 20), понижает температуру воздуха в системе до 77 ± 6 °С. Клапан забортного воздуха (см. рисунок 20) регулирует количество охлаждающего забортного воздуха, проходящего через радиатор. При этом датчик температуры производит измерение температуры после радиатора и передает эту информацию в контроллер, контроллер регулирует степень открытия клапана забортного воздуха.

Фильтр (см. рисунок 19) обеспечивает очистку воздуха от механических частиц. Сигнализатор засорения фильтра отслеживает степень засоренности фильтра.

Агрегат разделения воздуха (см. рисунок 18) понижает содержание кислорода в воздухе до уровня, при котором горение ТВС невозможно.

Воздух с повышенным содержанием азота проходит через расходный клапан (см. рисунок 18) в центральный топливный бак. Расходный клапан регулирует количество газа поступающего в бак. Контроллер системы использует данные, полученные от датчика высоты полета, датчика разности

давлений и систем самолета для регулирования положения расходного клапана.

Воздух с повышенным содержанием азота движется в центральный топливный бак по коллектору и выходит в бак через сопло, расположенное в левой части бака. Поплавковый клапан, расположенный в правой части бака поддерживает концентрацию воздуха с повышенным содержанием азота на постоянном уровне.

Контроллер постоянно отслеживает давление и температуру в системе и выдает соответствующие команды.

Индикатор работы системы отображает режим работы системы в реальном времени (см. рисунок 21).

Для проверки исправности системы используется цифровой дисплей системы (см. рисунок 16).

На коллекторе подвода воздуха с повышенным содержанием азота в центральный топливный бак имеется штуцер для подключения прибора измерения концентрации газов, при помощи которого можно проверить содержание кислорода в воздухе, поступающем в топливный бак.

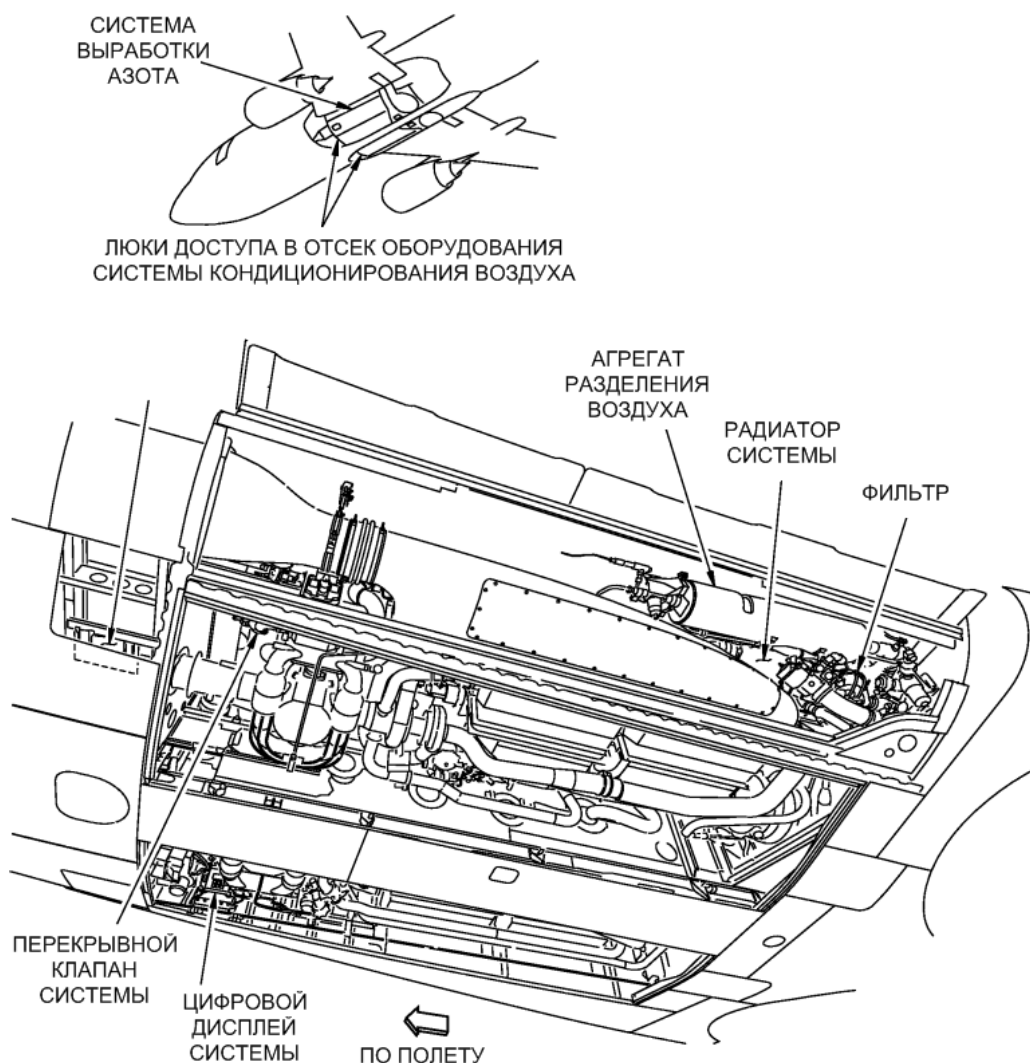


Рисунок 16 – Расположение системы выработки азота на самолете B737 NG

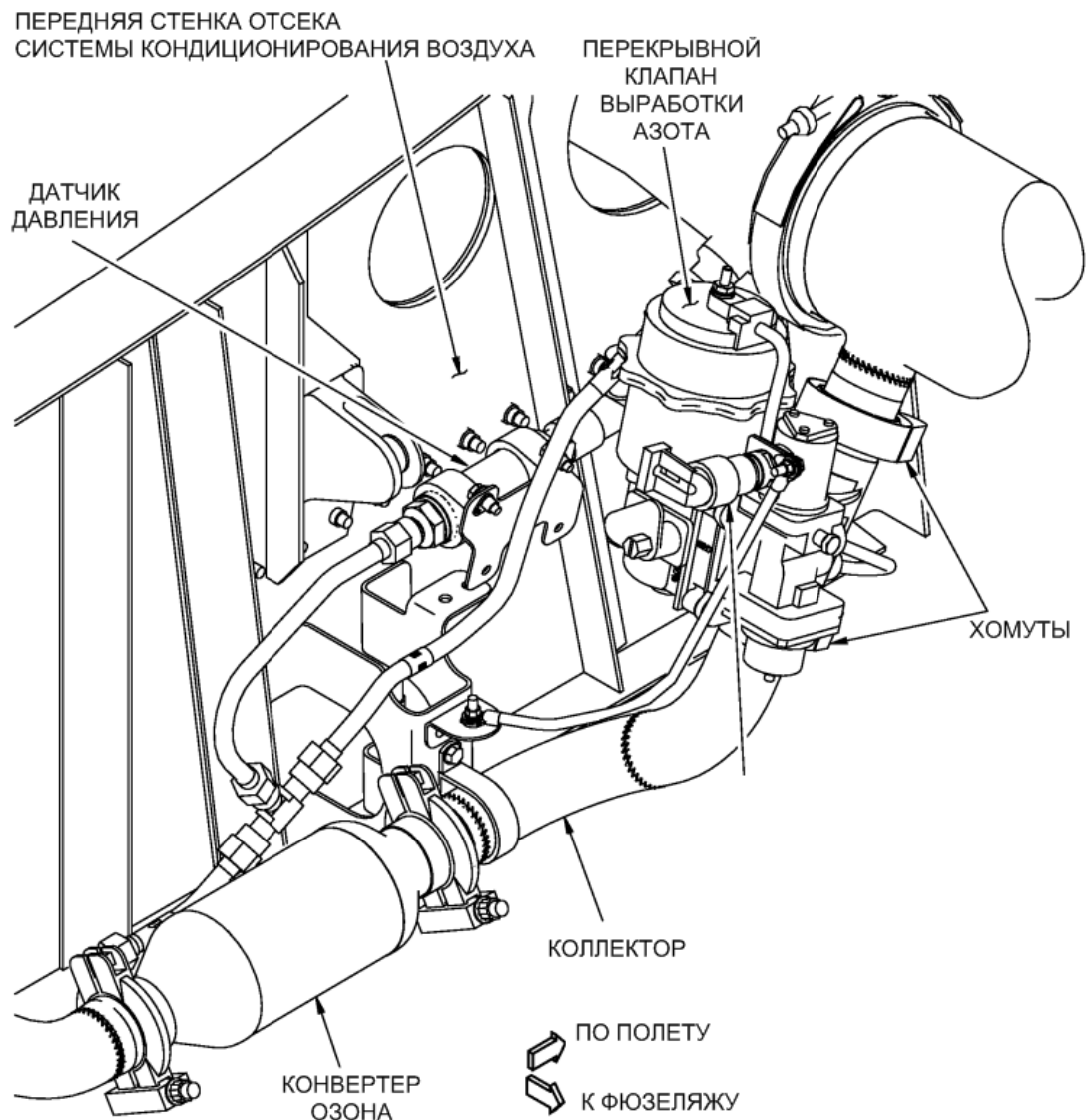


Рисунок 17 – Агрегаты, входящие в модуль перекрывного клапана

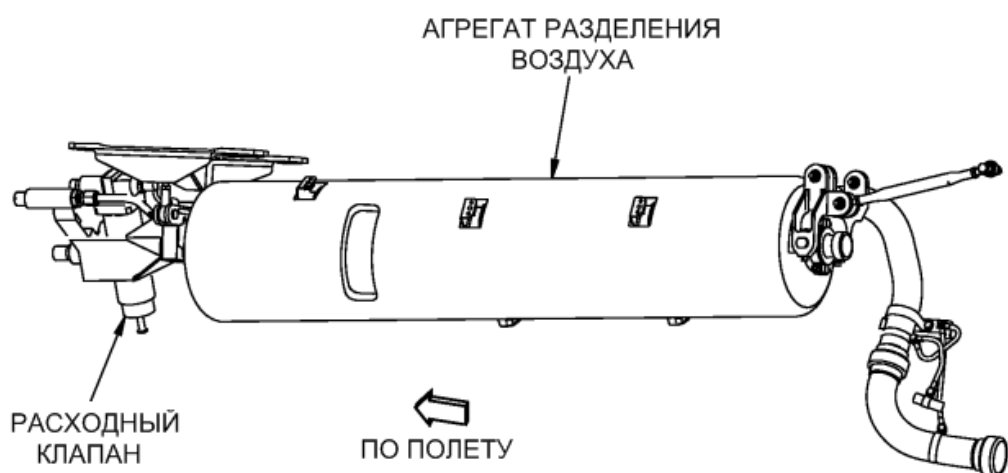


Рисунок 18 – Агрегат разделения воздуха

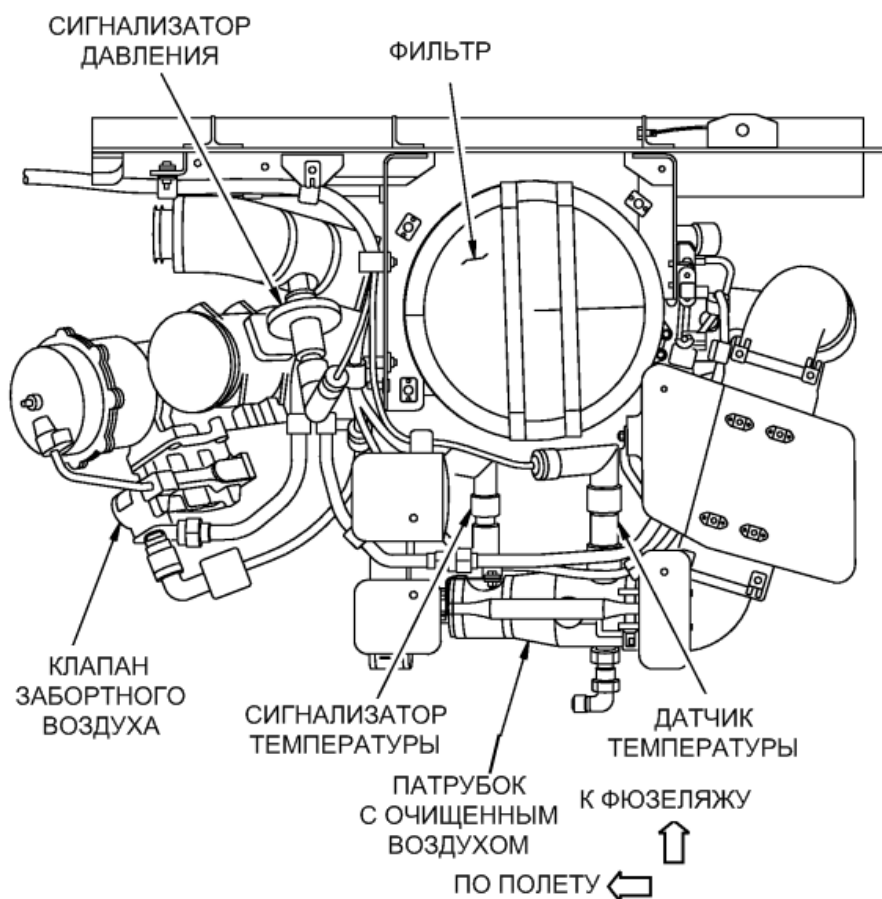


Рисунок 19 – Воздушный фильтр системы выработки азота

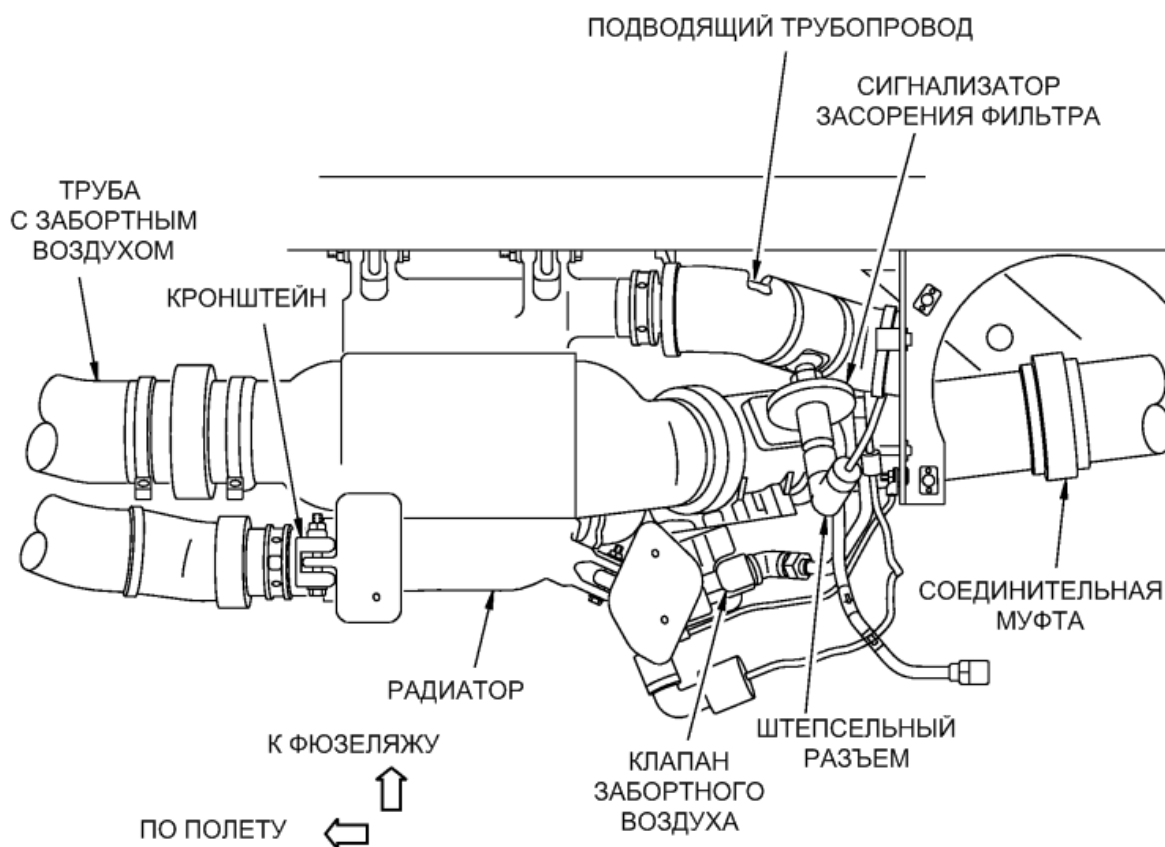


Рисунок 20 – Радиатор системы выработки азота

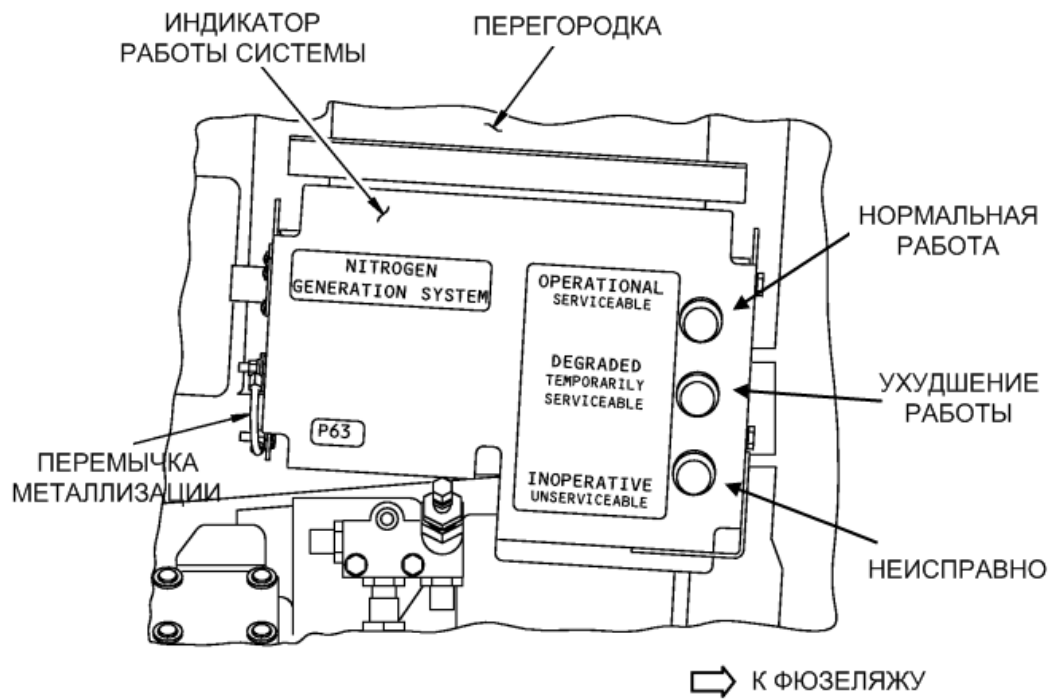


Рисунок 21 – Индикатор работы системы выработки азота

Список использованной литературы

- 1 Special Federal Aviation Regulation SFAR 88. Fuel Tank System Fault Tolerance Evaluation Requirements. Final Rule. – USA, Seattle, FAA, 2002.
- 2 Boeing 737 CL. Aircraft Maintenance Manual. Chapter 28 Fuel. – USA, Chicago: The Boeing Company, 2009.
- 2 Boeing 737 NG. Aircraft Maintenance Manual. Chapter 47 Inert Gas System. – USA, Chicago: The Boeing Company, 2009.
- 3 Notice of Proposed Amendment (NPA) No 2008-16. Fuel tank safety. – EU, Brussels, EASA, 2008.
- 4 Notice of Proposed Amendment (NPA) No 2008-19. Fuel tank flammability reduction. – EU, Brussels, EASA, 2008