

УДК 621.45.026.2

Емельянов Дмитрий Александрович,
кандидат технических наук,
доцент кафедры авиационных двигателей
ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Елисеев Сергей Яковлевич,
кандидат химических наук, старший преподаватель
кафедры авиационных двигателей,
ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ СИСТЕМЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация. В статье рассмотрены современные подходы к противопожарной защите летательных аппаратов, объединяющие конструктивно-компоновочные мероприятия (пассивные средства) и автоматизированные системы обнаружения и тушения пожара (активные средства). Проанализированы физико-химические основы возникновения и распространения пожара на борту воздушного судна, требования нормативных документов, а также перспективные направления развития огнегасящих составов и систем управления. Показано, что эффективность противопожарной защиты достигается комплексным применением различных методов на всех этапах эксплуатации летательного аппарата.

Ключевые слова: Противопожарная система, летательный аппарат, пожарная безопасность, пассивная защита, активное пожаротушение, системы обнаружения.

Обеспечение пожарной безопасности является одной из приоритетных задач при проектировании и эксплуатации летательных аппаратов (ЛА). Сложность решения этой проблемы обусловлена высокой интенсивностью использования авиационной техники, усложнением бортового оборудования, увеличением числа энергоемких устройств, а также разнообразием причин, приводящих к возгоранию. Пожар на борту в полете отличается исключительной скоротечностью. Температура горения авиационного топлива достигает 1100°C, а живучесть элементов конструкции в условиях пожара не превышает 1-5 минут. При этом прямой доступ человека в зону пожара в большинстве случаев невозможен, что делает автоматизированные системы противопожарной защиты критически важным элементом безопасности полетов.

Для возникновения пожара или взрыва необходимо наличие трех компонентов: горючего вещества, окислителя (кислорода воздуха) и источника воспламенения. На борту ЛА горючими веществами являются авиационное топливо, масла, гидравлические жидкости. Источником воспламенения могут служить нагретые элементы конструкции двигателя, разряды статического электричества, поражение молнией, а также боевые повреждения на военных самолетах.

Особую опасность представляет сочетание высокой температуры и ограниченного пространства отсеков. Авиационные топлива самовоспламеняются при температуре 230-240°C, что значительно ниже температуры плавления алюминиевых сплавов (650°C), но превышает порог термического разрушения многих конструкционных материалов. На взлетно-посадочных режимах и при полете на малых высотах вероятность возникновения пожара максимальна вследствие интенсивного поступления кислорода из обтекающего потока воздуха.

Пассивные средства направлены на предотвращение условий возникновения пожара и локализацию его зоны. Эти конструктивно-компоновочные мероприятия реализуются на этапе проектирования ЛА.



Компоновочные решения включают разделение пожароопасных отсеков огнестойкими противопожарными перегородками, обеспечивающими изоляцию зон с высокой концентрацией горючих жидкостей от источников воспламенения.

Дренажное и вентиляционное оборудование пожароопасных отсеков обеспечивают удаление возможных утечек горючих жидкостей и предотвращают накопление взрывоопасных паров. В мотогондолах предусмотрены дренажные отверстия и шланги для безопасного сброса жидкостей за борт, а также принудительная вентиляция для рассеивания паров топлива.

Протекторная защита топливных баков применяется на боевых самолетах и заключается в использовании пористого пенопласта, поры которого заполнены коагулянт – веществом, твердеющим при контакте с воздухом. При пробое коагулянт вытекает в повреждение, затвердевает и герметизирует его, предотвращая вытекание топлива.

Металлизация конструкции служит для выравнивания электрических потенциалов всех частей самолета, что предотвращает искровые разряды. Накопленный заряд статического электричества отводится через разрядники на законцовках крыла или через зарядосъемники шасси.

Системы сигнализации о пожаре обеспечивают своевременное выявление очага возгорания и автоматическую или ручную активацию средств тушения. Датчики устанавливаются в наиболее пожароопасных отсеках: мотогондолах, отсеках вспомогательных силовых установок, багажно-грузовых отсеках.

Тепловые датчики реагируют на превышение пороговой температуры в контролируемом отсеке. В современных системах применяются детекторы с двумя чувствительными элементами, образующими резервные петли. Сигнал обрабатывается контроллером, который формирует индикацию на приборной доске и звуковое предупреждение.

Ионизационные датчики реагируют на повышение ионизации воздуха при появлении пламени. Радиационные (световые) датчики срабатывают на излучение пламени в инфракрасной части спектра или на рассеяние света дымом.

Микропроцессорные системы управления интегрируют сигналы от всех датчиков и обеспечивают автоматическое включение пожаротушения. На маневренных боевых самолетах, где лимит массы критичен, применяются полностью автоматические системы с одной очередью подачи огнетушащего состава. На гражданских самолетах первая очередь включается автоматически, а последующие – только членом экипажа.

Физика процессов горения определяет три основных способа тушения: снижение концентрации кислорода, отвод тепла и химическое ингибирование реакции горения.

Хладоны (галогенсодержащие углеводороды) являются наиболее эффективными огнетушащими веществами, применяемыми в авиации. Их механизм действия основан на химическом взаимодействии с продуктами горения со значительным поглощением тепла и обрыве цепных реакций окисления. Наиболее распространенным составом является галон 1301 (бромтрифторметан), который хранится под давлением в баллонах-огнетушителях.

Баллонные системы являются основным типом противопожарной защиты. Запас огнетушащего состава в жидком или газообразном состоянии хранится в баллонах высокого давления.

Газоаэрозольные составы представляют собой альтернативное техническое решение, запатентованное еще в советской авиационной промышленности. Система включает кольцевой коллектор, размещаемый в носовой части мотогондолы, внутри которого находятся каналы с шашками состава на основе нитрата калия. При срабатывании пирозула шашки воспламеняются, и образующаяся газоаэрозольная смесь заполняет объем мотогондолы, осуществляя тушение. Преимуществом такой системы является снижение массогабаритных характеристик и исключение повторного воспламенения.



Современное развитие противопожарных систем движется в нескольких направлениях. Так как галон 1301 разрушает озоновый слой, его производство прекращено, а текущие запасы постепенно истощаются. Ведутся активные поиски заменителей. Компания Boeing разработала новые галогенсодержащие соединения, например, 2-бром-1,1,3,3,3-пентафторпропен и 2-йод-3,3,3-трифторпропен, которые демонстрируют огнетушащие свойства, сопоставимые с галон 1301, но обладают меньшим озоноразрушающим потенциалом. Для совершенствования пассивной защиты разрабатываются новые огнестойкие материалы и защитные покрытия, позволяющие повысить живучесть конструкции без существенного увеличения массы. Кроме того, современные системы противопожарной защиты интегрируются в систему управления общесамолетным оборудованием, что обеспечивает автоматическое отключение топливных и гидравлических систем при обнаружении пожара, а также автоматическое выключение вспомогательных силовых установок.

Список литературы:

1. ГОСТ Р 71620-2024 «Средства противопожарной защиты самолётов и вертолёт. Термины и определения».
2. Система управления пожарной защитой для летательных аппаратов // Патент № 2727323. 2020.
3. Система пожаротушения мотогондолы двигателя // Патент №1821986. 1995.
4. Зайцева А.А., Дудаев Н.О., Щербаков К.В. Микропроцессорная система автоматического управления средствами противопожарной защиты самолета // Вестник УГАТУ. 2022. Т.18, №1. С.131-142.
5. Hillman T.C., Hill S.W., Sturla M.J. Aircraft Fire Detection and Suppression // Kidde Aerospace & Defense. Technical Paper, Kidde plc, USA, 2002. 30 p.
6. Nariram S., Philipp P., Dummeyer D. Fire Protection: Engines and Auxiliary Power Units // Boeing AERO Magazine. 2010. Q4.
7. Кулбаев Б.Р. Куликов Г.Г. Структурно-функциональная модель системы пожарной защиты силовой установки летательного аппарата // Актуальные проблемы развития авиационной техники и методов ее эксплуатации – 2017: X научно-практическая конференция студентов и аспирантов. Иркутск, 5-7 дек. 2017: тр. конф. Иркутск: Иркутский филиал МГТУ ГА. 2017. Т. 1. С. 180-184.

