ТЕХНОЛОГИЯ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В ОБИТАЕМЫХ ГЕРМЕТИЧНЫХ ОТСЕКАХ МОДУЛЕЙ КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ОРБИТАЛЬНОМ ПОЛЁТЕ

А.С. Мелихов, д.т.н.,
А.В. Мордвинова, к.т.н.,
И.В. Истомин,
ФГУ ВНИИПО МЧС России, г. Балашиха

Пожары в обитаемых герметичных отсеках (гермоотсеки) модулей космических летательных аппаратов (КЛА) весьма опасны для космических экипажей, поскольку в орбитальном полёте оказать помощь извне практически невозможно. За короткое время пожар может разрушить сферу обитания в обитаемом гермоотсеке и элементы систем, ответственных за живучесть корабля. Особенно опасен период беспилотного полета КЛА в автоматическом режиме, при котором нет контроля космонавтов за обстановкой в обитаемых гермоотсеках.

Пожары с трагическими последствиями происходили в обитаемых гермоотсеках модулей КЛА при отработке программ космических полётов. 27 января 1967 г. произошёл пожар в обитаемом гермоотсеке КЛА «Аполлон» во время наземных испытаний. Погибли три космонавта США [1]. При пожаре в сурдобарокамере 23 марта 1961 г. во время наземной тренировки погиб кандидат в космонавты СССР В.В. Бондаренко [2].

Пожароопасные ситуации возникали в обитаемых гермоотсеках КЛА во время космических полётов. За 12 лет полётов КЛА «Спейс-Шаттл» произошло пять пожароопасных инцидентов, связанных с аварийными ситуациями в электрооборудовании. Во всех случаях экипаж своевременно отключал энергопитание аппаратуры до срабатывания системы обнаружения пожароопасной ситуации, которая предназначена для включения средств пожаротушения при обнаружении признаков возгорания.

Впервые советским космонавтам Г.Т. Добровольскому и В.И. Пацаеву пришлось ликвидировать пожар на борту КЛА в обитаемом гермоотсеке орбитальной станции «Салют-1» в 1971 г. Возгорание силовых кабелей произошло в присутствии космонавтов и им удалось обнаружить и ликвидировать пожар. В 1978г. космонавт Г.М. Гречко предотвратил развитие пожара на орбитальной станции «Салют». Произошло возгорание прибора, дым стал заполнять гермоотсек станции. Задержав дыхание, Г.М. Гречко вплыл в аварийный гермоотсек, нашел горевший прибор и выключил его питание, в результате чего горение прекратилось и работа экипажа на станции продолжилась. 23 февраля 1997 г. в гермоосеке модуля «Квант» космической станции «Мир» произошел пожар, который специалистами считается наиболее опасным в российских пилотируемых КЛА в орбитальном полёте. После инициирования работы очередного твёрдотопливного генератора кислорода (ТГК), используемых для восстановления парциального давления кислорода в

атмосфере обитаемых гермоотсеков космических станций, затрачиваемого на дыхание членов космического экипажа в полёте, на выходе кислорода из ТГК в результате нештатного режима его работы образовалось пламя длиной около 0,5 м. Пламя оказалось направленным в сторону приборной зоны обитаемого гермоотсека модуля «Квант» и поверхности его корпуса. Повреждение корпуса модуля могло вывести космическую станцию «Мир» из строя. Космонавты А.И. Лазуткин и В.В. Циблиев задействовали пять пенных огнетушителей ОСП-4. Горение ТГК прекратилось. 11 июня 2014 г. возникла пожароопасная ситуация в обитаемом гермоотсеке служебного модуля российского сегмента Международной космической станции (РС МКС) [3], когда из вентиляционной системы служебного модуля станции начал выходить дым. Члены экипажа отключили вентиляционную систему в гермоотсеке служебного модуля и электрооборудование, в котором, предположительно, могла возникнуть пожароопасная ситуация, после чего дымовыделение прекратилось. При отсутствии экипажа в обитаемом гермоотсеке служебного модуля, который отключил вентиляционную систему вручную, пожар в обитаемом гермоотсеке служебного модуля мог перерасти до опасного состояния.

Неблагоприятные условия для предотвращения возникновения пожара в обитаемых герметичных отсеках модулей КЛА обусловлены следующим. Атмосфера обитаемых гермоотсеков модулей КЛА при их эксплуатации может быть обогащена кислородом до 40 % (объёмных). С целью снижения массы составляющих КЛА в обитаемых гермоотсеках модулей КЛА используется большое количество полимерных материалов. При этом возникает проблема обеспечения пожарной безопасности, т. к. большая часть из полимерных материалов является интенсивно горящими в атмосфере с повышенной до 40 % концентрацией кислорода. С целью обеспечения пожарной безопасности объектов и изделий самого различного назначения в развитых государствах мира постоянно ведутся работы по созданию полимерных материалов пониженной горючести. Создано большое количество полимерных материалов, негорючих в нормальной земной атмосфере. Создание полимерных материалов, негорючих в атмосфере с концентрацией кислорода, повышенной до 40 %, крайне затруднено, поэтому в обитаемых герметичных отсеках модулей КЛА вынужденно используются горючие полимерные материалы.

В атмосфере с концентрацией кислорода, равной 40 %, при штатном напряжении электросетей на борту КЛА, равном 28 В, возгорание полимерных материалов, применяемых в электрооборудовани, от источников электрической природы становится возможным при токе, равном 0,8 А. Поскольку рабочие токи в электрооборудовании обитаемых гермоотсеков существенно превышают указанные пожароопасные значения токов, вероятность возгораний в обитаемых гермоотсеках модулей КЛА велика.

В обитаемых гермоотсеках модулей КЛА постоянно работают системы вентиляции, поддерживающие комфортную для экипажа скорость вентиляционных потоков, равную 0,2 м/с и выше. При таких скоростях, как показано исследованиями [4, 5], пожар развивается и протекает в орбитальном

полете – в невесомости – с той же интенсивностью как и в нормальных земных условиях – при наличии ускорения земного притяжения, равного 9,81 м/с^2, обеспечивающего скорость естественно-конвективных потоков, создающих условия для интенсивных пожаров на Земле.

Это вызывает необходимость оснащения обитаемых герметичных отсеков модулей КЛА средствами пожаротушения, эффективными и быстродействующими при тушении пожара в атмосфере с концентрацией кислорода, равной 40 %. При этом сложность обеспечения пожарной безопасности заключается в ограниченной возможности использования традиционных технологий обеспечения пожарной безопасности, и особенно традиционных средств пожаротушения, из-за существующих ограничений по массе оборудования космического корабля и необходимости выполнения требований экологической безопасности в обитаемых гермоотсеках КЛА. Обитаемые гермоотсеки КЛА имеют сложную внутреннюю конфигурацию с ограниченными труднодоступными для обслуживания зонами. Пожаротушение с помощью огнетушителей с локальной подачей огнетушащего вещества в труднодоступных местах обитаемых гермоотсеков затруднено из-за сложности быстрого вскрытия приборных зон, в которых в основном размещается электрооборудование. Поэтому обитаемые гермоотсеки КЛА должны оснащаться средствами пожаротушения, обеспечивающими объемное пожаротушение – тушение во всех точках обитаемого гермоотсека практически одновременно.

В поисках новых технологий обеспечения пожарной безопасности в обитаемых гермоотсеках КЛА выполнен широкий комплекс теоретических и экспериментальных исследований процессов горения и тушения материалов с учётом влияния на эти процессы факторов космического полёта: концентрации кислорода в атмосфере, давления атмосферы, невесомости, ускорения силы тяжести, скорости газового потока, вибрации и др.

Для исследования процессов горения и тушения материалов в условиях невесомости сотрудниками ФГБУ ВНИИПО МЧС России и ПАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева была разработана экспериментальная установка (ЭУ) «Скорость», которая была доставлена на орбитальную станцию «Мир» и установлена в обитаемом гермоотсеке модуля «Квант». На станции «Мир» на ЭУ «Скорость» российскими космонавтами А.С. Викторенко, Е.В. Кондаковой, Г.И. Падалкой, С.В. Авдеевым в 1994, 1996 и 1998 гг. в условиях орбитальных полётов проведено три серии экспериментов, в которых исследовалось воспламенение, горение и тушение материалов с принципиально отличающимися физико-химическими свойствами [4, 5]. В результате исследований установлены ранее неизвестные закономерности процесса горения и тушения полимерных материалов и веществ. Аналогов подобных исследований до настоящего времени нет.

На основании исследований разработана инновационная технология пожаротушения в обитаемых гермоотсеках КЛА без применения огнетушащих веществ [4]. В основе этой технологии и разработанной на её базе автоматической системы пожаротушения лежит автоматическое оперативное снижение производительности средств вентиляции в герметичном отсеке после

обнаружения в нём пожароопасной ситуации. Базовый вариант автоматической системы пожаротушения, которой оснащён функциональный энергетический модуль РС МКС, прошел проверку на работоспособность в орбитальном полете.

Данные средства противопожарной защиты обитаемых гермоотсеков КЛА обладают высокой надежностью и экологичностью, что обеспечивает безопасность космических полётов.

Автоматическими системами пожаротушения, устроенными на данном принципе, оснащены обитаемые гермоотсеки модулей российского сегмента Международной космической станции.

Список использованной литературы

1. Накакуки А. Пожары и противопожарные мероприятия в камерах высокого давления и концентрации кислорода / А. Накакуки // «Андзен Когаку». – 1972, т. 2, – № 5. – С. 98-105.
2. Капрельянц В. Первый харьковский космонавт. / В. Капрельянц // Газета: Харьковские известия. – 12.04.2008. – № 44.
3. На российском сегменте МКС произошло задымление. «Газета.Ru» 11.06.2014. / Материал из интернета: URL:http://www.vedomosti.ru/tech/ news/27646201/nasa-svyazyvaet-zadymlenie-na-mks-s-neispravnostyu.
4. Патент России № 2116092. / «Способ обеспечения пожарной безопасности обитаемых гермоотсеков космических летательных аппаратов». Авторы: Мелихов А.С., Зайцев С.Н., Иванов А.В. // Приоритет от 05.12.1995. ФИПС Роспатента. 27.07.1998.
5. Романов С.Ю. Системы и средства обеспечения пожарной безопасности российского сегмента МКС / Романов С.Ю., Семенов А.В., Андреева Т.В. // Материал из интернета: URL:http://www.secuteck.ru/ articles2/firesec/sistemi_i_sredstva_obesp_poj_bezop.