

УСТРАНЕНИЕ ОПАСНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КРИСТАЛЛОВ ЛЬДА В РЕАКТИВНОМ ТОПЛИВЕ

Бикташев П.В., Бикташев Р.В.
СФУ, Институт Нефти и Газа

Современные топлива для гражданской авиации должны удовлетворять ряду требований, связанных с экономичностью, надёжностью и долговечностью работы авиационной техники. Надёжная и долговечная работа летательного аппарата обеспечивается в этом случае, если применяемые топлива имеют:

- хорошую испаряемость для обеспечения высокой полноты сгорания;
- хорошие низкотемпературные свойства для надёжной прокачиваемости топлива при отрицательной температуре;
- низкую склонность к образованию отложений в топливных системах, высокую химическую и термоокислительную стабильность;
- хорошую совместимость с металлическими и неметаллическими материалами топливных систем двигателя, оборудования для хранения и транспортировки топлива;
- хорошие противоизносные свойства, не допускающие повышенного износа деталей топливных агрегатов;
- электропроводимость, обеспечивающую безопасность при накоплении топливом баков и емкостей.

В зимний период при температуре топлива ниже 0 °С (а при длительных высотных полетах и летом) в нем могут появляться кристаллы льда. Они забивают топливный фильтр двигателя перед насосом и резко снижают его пропускную способность, что приводит к отказу двигателя. Появление кристаллов льда в топливе может быть вызвано как образованием их в самой топливной системе ЛА, так и заправкой ее топливом, уже содержащим кристаллы льда. Разумеется, последнее совершенно недопустимо. В топливе растворено небольшое количество воды; ее растворимость уменьшается с понижением температуры топлива и внешнего давления. Количественную характеристику, описывающую изменение растворимости воды в топливе при изменении температуры, формулирует уравнение Генри:

$$g_{H_2O} = g_0 \psi_0 \frac{p}{p_0} \frac{T}{T_0},$$

где: g_0 - растворимость воды в авиатопливе при $p_0=760$ мм рт.ст.; $T_0=293K$; $\psi_0=1,0$;

С помощью этого уравнения можно оценить скорость оттаивания воды в резервуарах с топливом при разных температурах окружающей среды и значениях атмосферного давления. При охлаждении топлива, например, в холодную погоду при заполнении наземных емкостей теплым топливом из подземных резервуаров или летом в дозвуковом полете на большой высоте избыток воды выделяется в виде мелких капелек, которые при отрицательной температуре замерзают. При этом мельчайшие капельки воды переходят из метастабильного жидкого состояния в кристаллическое только при контакте с твердой поверхностью, прежде всего на топливном фильтре перед насосом.

1 Противоводокристаллизационные жидкости

Эффективным средством против образования кристаллов льда являются противоводокристаллизационные жидкости. На воздушных судах гражданской авиации России используется жидкость «И-М», состоящая из 50% этилцеллозольва и 50% метанола (по объему) в концентрации 0,1-0,15%, т.е на 1 м³ топлива добавляется 1,0-1,5 л ПВКЖ «И-М», что повышает растворимость воды в топливе, а при снижении температуры топлива происходит выделение растворенной воды вместе с ПВКЖ «И-М» в процентном соотношении примерно 50% воды на 50% ПВКЖ. При этом образуется «антифриз», не замерзающий до температур $\leq -50^{\circ}\text{C}$. Ввод ПВКЖ «И-М» в топливо применяется только на старых типах самолетов (ИЛ-18, АН-24, ЯК-40, ТУ-154 А,Б,М, ИЛ-62, ИЛ-76) не оборудованных системами подогрева топливных фильтров воздухом, отбираемым из промежуточных ступеней компрессора. Все современные самолеты имеют такие системы подогрева (ТУ-204, ИЛ-86, ИЛ-96 и др.). Тетрагидрофурфуриловый спирт (ТГФ), использовавшейся ранее в качестве ПВКЖ менее стабилен и на практике неоднократно способствовал загрязнению фильтров нерастворимыми осадками. Поэтому использование его в последние годы ограничено, а в ГА РФ исключено.

На большинстве типов ЛА топливо с добавкой ПВКЖ применяется только в зимнее время. Добавление ПВКЖ в топливо зависит от температуры воздуха в аэропорту вылета и длительности предстоящего рейса: 0,1 % при температуре от 0 до -20°C и длительности рейса более 3 часов. На транспортных и некоторых других типах самолетов, где возможно охлаждение топлива в длительном полете, ПВКЖ используют также и летом (в количестве 0,1 %). Обводненную ПВКЖ применять нельзя, она может внести в топливо избыточную влагу и вызвать образование кристаллов. Жидкость ПВКЖ «И-М» ядовита: пары ее вызывают головную боль, а попадание в пищеварительный тракт — сильное отравление. Введение ПВКЖ в топливо производится на складах ГСМ, например, при наливе цистерны топливозаправщика с помощью специальных дозаторов.

2 Установки по очистке топлива от примесей

Также существуют установки по очистке топлива от различных примесей. Все производимые установки соответствуют стандарту API 1581 и применяются на терминалах хранения авиационного топлива или на аэродромах для заправки самолетов и вертолетов.

Установки производятся в стационарном и мобильном исполнении.

2.1 Стационарные установки FAS

Установка для очистки реактивного авиационного топлива (рис. 1) от воды и загрязнений представляет собой многоступенчатую систему, построенную на основе фильтров/коагуляторов и фильтров/сепараторов.



Рис. 1 - стационарная установка для очистки реактивного топлива

По принципу работы установки являются механическими устройствами.

Очищаемое топливо подается под давлением на фильтр FCS. Это двухступенчатый вертикальный или горизонтальный фильтр коагулятор / сепаратор, предназначенный для фильтрации твердых частиц, свободной и эмульсированной воды из топлива. Топливо проходит через мультимедийный картридж фильтра, где улавливаются твердые частицы размером до 0,5 мкм. В тоже время происходит слияние мелких капель воды в более большие и тяжелые капли, которые оседают на дно коагулятора. Затем топливо поступает на вторую ступень, где происходит доочистка от мелких капель воды. Правильное сочетание картриджа коагулятора и картриджа сепаратора, обеспечит высокую степень удаления воды (до 5 ppm) и твердых частиц. Далее топливо подается в фильтр тонкой очистки — VMF, в котором установлены картриджи с элементами глубокой фильтрации. Все внутренние картриджевые элементы соответствуют стандарту API 1581 category C, type S. Установки полностью автоматизированные. Панель управления — NEMA 7 (EX). Все контрольно-измерительные приборы и датчики, входные и выходные насосные агрегаты во взрывозащищенном исполнении EX. Все фильтры, стрейнер фильтр, трубопровод и арматура выполнены согласно нормам API 1581.

Производительность одной установки до 800 м³/ч. Производительность установки в рабочем диапазоне регулируется с помощью RFV блока.

- Адсорбционная система установки:

В топливе, после переработки или после различных методов транспортировки, таких, как грузовики, корабли и трубопроводы, которые несут несколько типов нефтепродуктов в дополнение к авиационному топливу, могут присутствовать нежелательные примеси, поверхностно-активных вещества (ПАВ), цвет и добавки. Эти загрязнения будут накапливаться, и снижать эффективность работы картриджей сепаратора/коагулятора.

Для удаления этих загрязнений из реактивного топлива, в систему обычно устанавливают фильтр FE. Обработка через FE фильтр удаляет поверхностные соединения, цвет и добавки путем адсорбции и поставляет обработанное топливо далее в систему фильтрации на сепаратор/коагулятор, тем самым продлевает работоспособность картриджей фильтра.

2.2 Компактные стационарные установки FASC (рис. 2)

Компактные установки для очистки реактивного авиационного топлива от воды и загрязнений представляет собой двухступенчатую систему, построенную на основе коалесцирующих фильтров сепараторов и фильтров тонкой очистки.

Производительность установок до 300 м³/ч.



Рис. 2 –Установка по очистке реактивного топлива

2.3 Мобильные установки FASM (рис.3)

Используются для заправки вертолетов и легких самолетов.

Производительность до 60 м³/ч.

Могут устанавливаться на автомобиле.



Рис. 3 – Мобильная установка по очистке реактивного топлива

2.4 Портативные установки FASP (рис.4)

Портативные установки с производительностью до 12 м³/ч.

Эффективно использовать в труднодоступных местах для заправки вертолетов.

Установка построена с применением фильтра сепаратора с абсорбирующим картриджным элементом.

Объем абсорбированной воды до 2 л.

Установка имеет дизельный привод насоса, механический расходомер, манометры контроля.



Рис. 4 – Портативная установка по очистке реактивного топлива

Список использованных источников

1. Коняев Е.А, Немчиков М.Л.М.Г. Голубева - Химмотология реактивных топлив. Учебное пособие. М.:МГТУ ГА,2009. -с.
2. <http://filtervac.ru/production/filtration/>