

**СОДЕРЖАНИЕ ЭТАНОЛА В АВТОМОБИЛЬНОМ БЕНЗИНЕ
(МОГАЗ) В АВИАЦИИ В СРАВНЕНИИ С АВИАЦИОННЫМ БЕНЗИНОМ
(АВГАЗ)**

Аль ДарабсеАмер Мохаммад Фархан,

студент 5 курса,
специальность Самолето-и-вертолетостроение
amersamarah4@gmail.com

Маркова Елена Владимировна,

к.э.н., доцент
кафедры «Экономика, управление и информатика»
morozova319@yandex.ru

Миллер Вадим Вячеславович,

студент 5 курса,
специальность Самолето-и-вертолетостроение
dreinor73@yandex.ru

Институт авиационных технологий и управления,

Ульяновский государственный технический университет,

г. Ульяновск, РФ

Аннотация. Могаз является альтернативой этилированному топливу с 1964 года, когда Экспериментальная ассоциация самолетов (ЕАА) начала испытания на нем. Тем не менее, для того, чтобы могаз можно было использовать в авиационных двигателях и модификации аэродинамической рамы, необходимо получить разрешение от Федерального авиационного управления (ФАА) на получение дополнительного сертификата типа (STC). Cessna провела оценку альтернативных видов топлива на основе этанола, одобренных STC FAA для использования в некоторых самолетах с одним двигателем. Тем не менее, испытания Cessna обнаружили, что бензин на основе

этанола не может рассматриваться как вариант для 100LL Авгаз. Тест также предположил, что эксплуатационная безопасность может быть под угрозой, если использование этих видов топлива, содержащих этанол, будет продолжено. Сессна наметила несколько проблем в МОГАЗ; МОГАЗ нуждается в увеличении расхода топлива на 40% по сравнению с АВГАЗ, топливо MOGAS несовместимо с некоторыми компонентами топливной системы, возможно опасное влияние электрических топливных насосов из-за добавления внутреннего износа, вызывающего неожиданное возникновение искры, MOGAS несовместимо с некоторыми системами измерения топлива и может к неправильным знакам количества топлива на индикаторе, растворите большое количество воды при температуре до -77°F , затрудняя обнаружение и удаление воды из топливной системы, возможную блокировку топливных фильтров и потока топлива и возможные большие потери от испарения. В данной статье рассматриваются проблемы при использовании МОГАЗ в авиации.

Ключевые слова: компоненты топливной системы, дизайн, температура, измерения, дополнительная сертификата, федеральная авиационная управления.

1. Введение

Авиационные двигатели, предназначенные для бензина, сталкиваются только с проблемами совместимости с химически различными составляющими в топливе. В этих двигателях вся система сгорания ориентирована на бензин. Большая часть оборудования была изготовлена много лет назад, а используемые материалы не были ориентированы на различные виды топлива. Хотя некоторые более мелкие детали топливной системы, такие как фитинги, лошади, уплотнения и топливные насосы, могут быть заменены другими, изготовленными из более новых материалов, некоторые оригинальные детали не будут совместимы с этими заменами [1]. При разработке новых деталей необходимо учитывать плотно прилегающие баки, карбюраторы, специальные

встроенные топливные насосы или алюминиевые головки цилиндров, которые работают под очень горячей жидкостью или испаренным топливом.

Этанольные примеси значительно изменяют физико-химические свойства топлива. Следовательно, различные аспекты как топлива, так и этанола должны быть изучены отдельно, чтобы определить безопасную эксплуатацию самолета. Современные гибкие топливные автомобильные двигатели включают в себя комплексное адаптивное кондиционирование топлива и, следовательно, могут работать на широком спектре горючих веществ [9]. Если это адаптивное кондиционирование топлива происходит в авиационных двигателях, они должны быть способны работать на части с низким октановым числом бензина.

Согласно ИАТУ, хотя современные авиационные двигатели, такие как те, что используются в сверхлегких самолетах, сертифицированы для использования автомобильного бензина и совместимы с соответствующими добавками этанола, они не имеют кондиционирования для гибкого топлива. Если топливо не имеет разделения фаз, двигатель будет работать так, как должен, потому что все другие проблемы, связанные со свойствами авгаз, решаются. Однако, если произойдет разделение фаз, современные двигатели не смогут справиться с ситуацией.

Топливо, смешанное с этанолом, имеет большую энтальпию испарения, что приводит к большему падению температуры всасываемого воздуха в карбюраторе. Это приводит к более быстрому отложению льда и требует более сильного предварительного нагрева воздуха. Для самолетов, склонных к обледенению карбюратора, использование топлива, смешанного с этанолом, увеличивает угрозу [5].

Если смешанное с этанолом топливо непреднамеренно смешивается, это может привести к повышению давления пара. При этих высоких давлениях паров запас допустимого прогрета частей топливной системы уменьшается по сравнению с обычным несмешанным МОГАЗдо того, как может произойти блокировка удушьющего пара двигателя [1]. Для двигателей, которые, как известно, испытывают пароизоляцию с прежними качествами МОГАЗ,

давление пара выше этого уровня будет вредным. Эти и другие проблемы, связанные с этанольным топливом, обсуждаются ниже.

2. Вызванное водой разделение фаз в смеси бензин-этанол

Сообщалось, что одной из проблем, связанных с добавлением этанола к Могаз, является тенденция к разделению фаз. Эта проблема не так распространена, как в случае использования Могаз для автомобилей; однако при использовании в авиации топливо подвержено быстрым (в большей степени, чем автомобилям) изменениям высоты над уровнем моря [8]. Когда самолет взбирается, топливо быстро остывает, когда температура поднимается вверх. Это быстрое изменение температуры вызывает так называемое фазовое разделение, при котором насыщенный кислородом этанол отделяется от бензина на углеводородной основе. Проблема заключается в том, что «когда спирт отделяется от бензина, он может нести воду, которая содержалась в растворе и которая не может быть обработана отстойником» [10]. Когда происходит такое разделение фаз, это может привести к замерзанию воды в топливных магистралях, вызывая нехватку топлива, или порция воды может попасть в двигатель в тот момент, когда требуется мощность двигателя, что приведет к остановке двигателя, опять же, если этанол отделить от воды, бензин больше не будет иметь защиту от детонации или детонации. Это может привести к сильной детонации двигателя, что может привести к катастрофическому отказу двигателя в полете.

Хотя самопроизвольный распад ранее гомогенной фазы на две отдельные фазы обычно происходит в виде облачности смешанного топлива, этого условия следует избегать всеми средствами, поскольку не гарантируется, как долго физически метастабильная суспензия будет оставаться в существование [5]. Кроме того, эта суспензия не проявляет тех же физических свойств, что и гомогенная комбинированная фаза, поскольку микроскопически различные фазы могут вести себя по-разному на поверхностях небольших отверстий и в фильтрах и, таким образом, создавать новые проблемы.

ИАТУ объясняет, что по мере увеличения уровня примеси этанола в

базовом бензине возникающая фаза спирта и водной фазы занимает значительное место в резервуаре, если произошло разделение фаз и оседает более тяжелая водная фаза. С бензином Е-5 это даст приблизительно 5 процентов объемного занятия. Поэтому, если имеется низко расположенное выходное отверстие бака, оно попадет в этот диапазон, доставляя преимущественно спиртовую фазу в двигатель, который будет задыхаться.

ИАТУ и УЛГТУ утверждают, что самая сложная задача — это не простой метод извлечения растворенной воды из топлива. Даже небольшой фильтр, который может хорошо отделить даже эмульгированную воду, не удалит его. В результате компании, которые производят и торгуют бензиновым топливом, смешанным с этанолом, знают о необходимости не допускать попадания воды (жидкой и газообразной) в емкости для хранения топлива. Они обычно используют вентиляционные системы с водоотделителями для достижения этой цели. Именно по этой причине топливо, смешанное с этанолом или этанолом, не может транспортироваться на корабле или по трубопроводам [4].

3. Беспокорство паровой блокировки

Блокировка пара включает в себя образование пузырьков пара в топливной системе, которые приводят к застою потока топлива в двигатель. В авиации это известное явление, особенно известное тем, кто эксплуатирует свои самолеты на МОГАЗ. Газ двигателя имеет относительно высокое давление паров по сравнению с АВГАЗ, поэтому вероятно появление парового затвора. Смешивание бензина с этанолом добавляет новое измерение к этой проблеме, поскольку смесь будет демонстрировать эффект нелинейного повышения давления пара в состоянии смешивания [3].

Чистый этанол имеет температуру пара, которая зависит от температуры, но четко определена, в отличие от бензиновых смесей, которые могут быть только разумно описаны кривыми кипения [2] как многокомпонентная смесь. Когда двигатель работает, наблюдаются термостаты с переменным временем. Испарение топлива в двигателе, которое сильно влияет на пластичность воздушной смеси с топливом, занимает очень короткое время, определяемое

общим содержанием испарения. С другой стороны, подача топлива в карбюратор и впрыск топлива — это медленный процесс, который пропускает жидкость через различные кучи, которые, вероятно, нагреваются при длительных выдержках. В этом случае давление компонентов паров легкого топлива играет основную роль в отношении риска возникновения спонтанного пузырька пара и потока топлива.

В общем, общая летучесть бензина изменяется при добавлении к нему этанола. Это может привести к проблемам с блокировкой пара при попытке запуска реактивного двигателя. Авиационный бензин имеет очень маленький диапазон колебаний (то есть давление пара), если давление пара выходит за пределы стандартного диапазона от 5,5 фунтов на квадратный дюйм до 7,1 фунтов на квадратный дюйм [1], тогда топливо может быть недостаточно летучим, чтобы запустить двигатель в очень холодных или очень горячих условиях. При использовании МОГАЗ, смешанного с этанолом, существует проблема коррозионной природы этанола. FAA объясняет, что компоненты системы реактивного топлива не были изготовлены, чтобы противостоять коррозионной природе добавленного этанола. Кроме того, поскольку некоторые самолеты летают в течение многих лет, компоненты из натурального каучука, предназначенные для прочного топлива без этанола, не способны противостоять абразивному движению, которое приносит им этанол. Эти проблемы приводят к снижению производительности топливной системы и возможному отказу.

Амеротмечает, что, хотя это не касается непосредственно топлива, смешанного с этанолом, существует потенциальное влияние на кавитацию и кипение, вызванные вибрацией, которая также приводит к блокировке пара в топливной системе. Это усугубляется потенциальным увеличением давления пара в случае случайной неудачной смеси. Физические эффекты кавитации и кипения не рассматриваются вместе, хотя рассматривается примерно то же физическое явление, что и самопроизвольное образование паровой фазы жидкой фазы. Высокая температура жидкости увеличивает наклон полости,

вызванный снижением динамического давления. Этот эффект проверяется быстродвижущимися частями насосов или большими вибрациями топливных линий, возникающими в результате механического сцепления двигателя [1]. Однако, согласно ИАТУ, теоретические и экспериментальные соображения в основном сосредоточены на чистых и в основном чистых материалах, чтобы сформировать основу для научного воспроизводства. Имеется ограниченная информация об испарении, вызванном низким давлением в несбалансированных смесях, подобных бензолу, в условиях высоких температур. Однако можно указать, что тепловые входы в полость увеличиваются, что повышает тот факт, что топливопроводы и вместе с ними топливо могут подвергаться дополнительному нагреву.

4. Снижение содержания энергии

Самая большая проблема смешанного с этанолом МОГАЗ заключается в том, что при использовании этанола он снижает общее содержание энергии в каждом галлоне топлива. SIAB указывает, что «метанол имеет примерно 55 процентов энергосодержания бензина, а этанол - примерно 73 процента энергосодержания автомобильного бензина». ФАУ заявляет, что «чем больше алкоголя в автомобильном бензине, тем больше большее уменьшение дальности полета самолета»[6]. Для автомобиля уменьшение дальности, как правило, вызывает раздражение от более частых остановок на заправочных станциях. Для самолета уменьшение дальности приводит к разнице между попаданием в пункт назначения и падением где-то далеко от аэропорта. Самая большая проблема заключается в том, что пилоты не могут компенсировать этот укороченный диапазон, потому что они могут не знать, какой тип топлива у них может быть на борту [9]. Опять же, в отличие от автомобилей, где люди регулярно заправляют топливный бак на топливной остановке, воздушным судам обычно необходимо перевозить только необходимое количество топлива на необходимое расстояние и резерв безопасности. Часто воздушные суда могут не перевозить полные баки с топливом из-за невозможности нести дополнительный вес топлива при полной загрузке груза и пассажиров.

Низкое содержание тепла в топливе, смешанном с этанолом, снижает мощность двигателя, что приводит к неспособности самолета подняться, как показывают графики характеристик самолета. Если самолет не сможет правильно подняться, он не сможет преодолевать препятствия в конце взлетно-посадочной полосы, или преодолевать горы или неблагоприятную погоду. Все эти опасения в отдельности чрезвычайно опасны для безопасной эксплуатации самолета и, вероятно, смертельны для летных экипажей и пассажиров [2].

5. Совместимость с топливной системой и материалами двигателя

Существуют различные материалы, которые подвергаются воздействию топлива системы двигателя внутреннего сгорания. Первым в системе является топливный бак и его встроенные приспособления, такие как сапуны, крышки бака, индикаторы уровня и герметики. Следующими компонентами являются топливные шланги, фильтры и топливные насосы. В конце концов, головки цилиндров и клапаны камеры сгорания, оба из которых отдельные материалы и комбинации материалов подвержены воздействию топлива [5]. Эти материалы и их комбинации в прошлом были выбраны с наилучшей из возможных стойкостью и свойствами материала, подходящими для чистого бензина. Поэтому они полностью соответствуют АВГАЗ. Более ранние марки бензина МОГАЗ с содержанием этанола, обычно ограниченным менее чем одним процентом для авиационных целей, существенно не отклоняются от этого поведения [7]. Хотя большие количества примесей этанола к бензину разрешены уже некоторое время, по экономическим причинам достичь верхнего предела не удалось. Наличие обязательных биогенных примесей изменит это, и вполне можно предположить, что, по крайней мере, большая доля коммерческого бензина будет содержать этанол до юридически определенного значения.

Из работы Амер очевидно, что металлические компоненты вызывают повышенную коррозию, вызванную немного более высокой электропроводностью бензина, смешанного с этанолом, в сочетании со слегка повышенным содержанием воды. Еще одной проблемой является образование

этанолата алюминия. Когда жидкий этанол вступает в контакт с непокрытым алюминием при более высоких температурах, такая специфическая коррозия может иметь место. Согласно ИАТУ, эта ситуация усугубляется тем фактом, что коррозия уже может быть вызвана только одной неисправной заправкой и не остановится, даже если в дальнейшем двигатель будет работать на стандартном безалкогольном топливе. Ямы, разъеденные этаноловым топливом, продолжают копаться в пораженной поверхности и в конечном итоге разрушат ее.

УЛГТУ также обсуждает другие части топливной системы, изготовленные из неметаллических компонентов. Такие элементы включают трубы, фильтры, резервуары, фитинги и резервуары, среди других. Эти компоненты изготовлены из разных материалов и, следовательно, по-разному влияют на составляющие топлива. Использование и, следовательно, требуемые свойства соответствующего компонента диктуют выбор доступных материалов. Клеи обычно встречаются в составных расходных материалах, где должны быть соединены разные типы материалов. Топливный и масляный фильтры подвергаются наибольшему воздействию, поскольку их обычные свойства, такие как механическая стабильность, проницаемость для жидкости и сохранение нежелательного содержимого, получены различными функциональными составляющими.

Самая большая проблема заключается в совместимости этанольной смеси с эластомерами. Большинство эластичных лошадей, используемых в авиации, производятся из авиационных сертифицированных нитрильных каучуков (NBR) различных видов. Для чистого бензина или только с небольшими количествами смешанного этанола (менее Е-5) они считаются подходящими с точки зрения их долговечности материала [6]. Если они взаимодействуют с более высоким содержанием этанола, они становятся хрупкими и могут разбухать, в зависимости от индивидуального типа эластомера [8]. Решением этой общей проблемы было бы альтернативное использование фторсодержащих каучуков. Стоимость фторсодержащих каучуков примерно в

десять раз выше, чем у материалов на основе NBR, и, следовательно, не было никакого коммерческого интереса к их использованию. Следовательно, они не были введены в эксплуатацию в сертифицированных конструктивных частях общего авиации.

Твердые пластмассы, также называемые термопластичными материалами, имеют сходное поведение с эластомерами. Можно различать типы по молекулярной структуре. Доступные материалы могут быть классифицированы на полукристаллический и аморфный типы. В случае аморфных видов пластмасс существует общая проблема угрозы гидролиза, если в бензине присутствует большее количество этанола, а конструкционная часть, изготовленная из материала, эксплуатируется при очень высоких температурах, что часто встречается в непосредственной близости от двигателя. [8]. В результате для изготовления компонентов топливной системы следует учитывать только полукристаллические материалы.

6. Вопросы сертификации

Чтобы облегчить использование МОГАЗ, воздушное судно должно быть одобрено на индивидуальной основе, чтобы иметь возможность использовать топливо. Утверждение включает в себя процесс изменения конструкции, при котором ФАА контролирует метод регулирования, позволяющий воздушным судам изменять конструкцию своих первоначальных производителей с учетом некоторых изменений конструкции. В этом случае изменение конструкции должно учитывать использование МОГАЗ на самолете, сертифицированном для авиационного бензина [6]. Для некоторых моделей самолетов утверждение конструкции требует чуть больше, чем добавление строки в справочнике пилота, в которой разрешено использование, и метки на крышке топливного бака, требующей одобрения МОГАЗ. Для других моделей самолетов требования, предъявляемые к ФАА безопасного полета на МОГАЗ, требуют более масштабных изменений. В целом, однако, ФАА одобряет эти изменения только для воздушных судов, о которых известно, что они могут приемлемо работать на МОГАЗ. В течение многих лет, с тех пор как проекты МОГАЗ были

начаты для самолетов, такие группы, как ИАТУ и Петерсен Авиация, начали приобретать различные STC для нескольких комбинаций самолетов и двигателей и перепродавать их владельцам самолетов. За прошедшие годы многие самолеты были модифицированы на МОГАЗ, и эти самолеты работали приемлемо. Таким образом, для одного класса самолетов, казалось, было неэтилированное топливное решение.

7. Страховые проблемы

Если авиаторы предпочитают продолжать летать на этаноле, содержащем МОГАЗ, остается риск, выходящий за пределы безопасности полета. Все страховые компании требуют, чтобы застрахованное воздушное судно было пригодным для полетов, а также соблюдало установленные правила, если воздушное судно должно быть застраховано. Если воздушное судно не функционирует в соответствии с этими правилами или если воздушное судно не обслуживается и эксплуатируется в соответствии с принятыми методами, страховые компании часто не получают компенсацию в случае аварии [10]. Владелец самолета или пилот может внезапно столкнуться с трудностями при получении страховки в случае аварии, когда в топливных баках самолета есть этанол. Некоторые владельцы самолетов могут принять на себя риск потери самолета. Однако они не понимают, что это приводит к потере какой-либо защиты от ущерба другим людям или имуществу. Существуют стандартные тестовые наборы для этанола, которые являются стандартным инструментом в наборе инструментов для страховых компаний. Это одна из первых вещей, проверенных страховой компанией по любому иску о несчастном случае.

Список использованных источников

1. Аль-Дарабсе А.М.Ф., Маркова Е.В. Профессиональная деятельность специалистов авиационной сферы как основа формирования их аутентичной речевой коммуникации. // Наука и образование: периодический рецензируемый электронный научный журнал. - 2019. № 2. - Режим доступа: <http://opusmgau.ru/index.php/see/issue/view/11>, свободный. - Загл. с экрана.

2. Аль-Дарабсе А.М.Ф., Маркова Е.В. Технология изготовления конструктивных деталей самолетов. // Наука и образование: периодический рецензируемый электронный научный журнал. - 2019. № 2. - Режим доступа: <http://opusmgau.ru/index.php/see/issue/view/11>, свободный. - Загл. с экрана.

3. Аль-Дарабсе А.М.Ф., Маркова Е.В. Солнечная энергетика будущего авиационной промышленности. // Наука и образование: периодический рецензируемый электронный научный журнал. - 2019. № 4. - Режим доступа: <http://opusmgau.ru/index.php/see/issue/view/13>, свободный. - Загл. с экрана.

4. Аль-Дарабсе А.М.Ф., Маркова Е.В. Усовершенствованные конфигурации легких самолетов для экологических операций. // Наука и образование: периодический рецензируемый электронный научный журнал. - 2019. № 4. - Режим доступа: <http://opusmgau.ru/index.php/see/issue/view/13>, свободный. - Загл. с экрана.

5. Аль Д.А.М.Ф., Маркова Е.В. Особенности снабжения аэрокосмической промышленности. // В сборнике: В мире научных открытий Материалы III Международной студенческой научной конференции. 2019. С. 137-140.

6. Черненко Е.В. Форсайт-аудит систем управления в аэрокосмической технологии. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2019. № 1 (85). С. 71-73.

7. Маркова Е.В., Аль-Дарабсе А.М.Ф. Влияние инноваций на экономический рост. // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2019. № 2 (86). С. 72-74.

8. Маркова Е.В. Исследование требований летной годности составных воздушных судов для воздушных судов транспортной категории в FAA. // Российский электронный научный журнал. 2019. № 1 (31). С. 8-21.

9.Маркова Е.В., Денисова Т.В. Моделирование турбовинтовой гибридной электрической двигательной установки. // Российский электронный научный журнал. 2019. № 2 (32). С. 16-33.

10. Аль-Дарабсе А.М.Ф. Исследование экономических систем в авиастроении на основе методологии функционально-стоимостной инженерии. // В сборнике: Молодежь и наука XXI века Материалы Международной научной конференции. 2018. С. 470-472.

**THE CONTENT OF ETHANOL IN AUTOMOBILE GASOLINE
(MOGAZ) IN AVIATION COMPARED TO AVIATION GASOLINE
(AVGAZ)**

Al Darabseh Amer Mohammad Farhan,

5th year student,

Specialty Aircraft and Helicopter Construction

amersamarah4@gmail.com

Markova Elena Vladimirovna,

Ph.D., associate professor

Department of "Economics, Management and Computer Science"

morozova319@yandex.ru

Miller Vadim Vyacheslavovich,

5th year student,

Specialty Aircraft and Helicopter Construction

dreinor73@yandex.ru

Institute of Aviation Technologies and Management,

Ulyanovsk State Technical University,

Ulyanovsk, Russian

Abstract. Mogaz has been an alternative to lead fuel since 1964, when the Experimental Aeronautical Association (EAA) began testing it. However, in order for mogas to be used in aircraft engines and aerodynamic modifications of the frame, you must obtain permission from the Aviation Federation Administration (FAA) to obtain an additional type certificate (STC). Cessna 06/01/2010 evaluated ethanol-based alternative fuels approved by STC FAA for use on single-engine aircraft. However, Cessna tests found that ethanol-based gasoline could not be considered an option for 100LL Avgas. The test also suggested that operational safety could be compromised if continued use of these fuels containing ethanol. Cessna presented several problems at MOGAZ; MOGAZ needs to increase fuel consumption by 40% compared to Avgaz, MOGAS fuel is incompatible with some components of the fuel system, the dangerous effect of electric fuel pumps is possible due to the addition of internal wear which causes an unexpected spark, MOGAS is incompatible with some fuel measurement systems and maybe for incorrect signs of fuel quantity on the indicator, dissolve a large amount of water at temperatures up to -77°F , which makes it difficult to detect and remove water from the fuel system, possible alignment blocks fuel filters and fuel flow and possible large losses due to evaporation. This article discusses issues when using MOGAZ in aviation.

Keywords: fuel system components, design, temperature, measurements, additional certificate, Federal Aviation Administration.