

потребителей. При поставке изделий заказчику предлагается комплектация программно-аппаратным комплексом для обучения операторов управления целевой нагрузкой.

Компания предлагает своим заказчикам полный спектр услуг по разработке, производству ОЭС и их интеграции на объектах заказчика, а также гарантийное и послегарантийное обслуживание.

УДК 623.746

ТОПЛИВО ДЛЯ БПЛА

М.О. ШЕВЧУК, С.Г. МИХАЛЁНОК

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

С начала XXI века наблюдается стремительное развитие отрасли беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). В 2024 году объём их продаж превысил 30 миллиардов долларов США. Согласно прогнозам, к 2030 году этот показатель может достичь от 90 до 260 миллиардов долларов, отражая динамичный рост спроса и масштабов производства.

В малогабаритных беспилотных летательных аппаратах применяются различные источники энергии, включая литий-полимерные аккумуляторы, солнечные панели и водородные топливные элементы. Для увеличения дальности полёта могут использоваться двигатели внутреннего сгорания или воздушно-реактивные установки.

Большинство воздушных судов, особенно в коммерческой авиации, используют авиационное топливо. При этом авиационный бензин применяется исключительно в летательных аппаратах с поршневыми двигателями – таких как сверхлёгкие воздушные машины и небольшие коммерческие самолёты. В результате его производство стало узкоспециализированной отраслью с ограниченными объёмами выпуска. В данной работе мы выделим пять ключевых факторов, критически важных для топлива, применяемого в авиации, включая беспилотные летательные аппараты:

- высокая детонационная устойчивость – значительно превышает аналогичный показатель у автомобильного топлива, что обеспечивает надёжную работу двигателя при высоких нагрузках;

- оптимальный фракционный состав – определяет температуру кипения и испаряемость бензина, влияя на эффективность его сгорания и стабильность работы двигателя;

– химическая инертность – топливо сохраняет свои свойства при длительном хранении и не вступает в нежелательные реакции, что важно для безопасности и надёжности;

– многофункциональность – способность топлива выполнять роль хладагента и смазки для трущихся деталей двигателя, снижая износ и повышая ресурс агрегатов;

– высокая удельная теплота сгорания — обеспечивает большую энергоотдачу на единицу объёма, что критично для повышения дальности и эффективности полёта.

В авиационных бензинах, выпускавшихся в СССР и Российской Федерации, в качестве традиционной высокооктановой добавки применялся тетраэтилсвинец (ТЭС). В связи с ужесточением экологического законодательства сначала отказались от ТЭС в бензинах для автомобилей, а затем и в авиабензинах: с 01.07.2003 года вступил в действие Федеральный закон от 22.03.2003 г. № 34-ФЗ «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации», в результате которого производства ТЭС в РФ было прекращено, а вместе с ним стало сокращаться производство авиабензина. В Беларуси автобензин с металло- и аминосодержащими октаноповышающими присадками, в том числе этилированный автомобильный бензин, не допускается к размещению на рынке с 01.07.2010 г. (Технический регламент «Автомобильный бензин и дизельное топливо. Безопасность», Постановление Совмина № 18 от 11.01.2010 г.) По состоянию на 2011 год производство авиационного бензина всех марок в РФ было прекращено, но в 2016 году ПАО «Газпром» возобновило производство авиабензина. В РФ производится авиационный бензин с пониженным содержанием ТЭС марки Avgas 100LL по ГОСТ Р 55493-2013.

Avgas 100LL – это высокооктановый этилированный авиационный бензин, обладающий детонационной стойкостью не ниже 99,6 по моторному методу. Он представляет собой прозрачную, легко воспламеняющуюся жидкость голубого оттенка с характерным запахом. Содержание свинца в топливе составляет 0,56 г/л. Данный вид бензина предназначен для эксплуатации в воздушных судах, оснащённых поршневыми двигателями с системой искрового зажигания.

На сегодняшний день бензин марки Avgas 100LL представляется наиболее подходящим вариантом для заправки беспилотных летательных аппаратов. Однако, в условиях ужесточения экологических требований и ограниченного доступа к данному виду топлива для сельскохозяйственных предприятий и лесных хозяйств Беларуси, заправка БПЛА будет осуществляться бензином, произведённым на белорусских нефтеперерабатывающих заводах с добавлением специальных присадок.

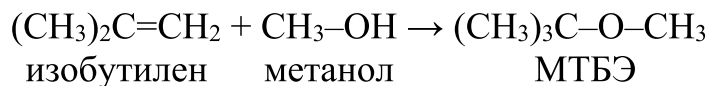
Значительную долю рынка занимают беспилотные летательные аппараты, работающие на топливной смеси из автомобильного бензина и моторного масла. Эти устройства отличаются низкими эксплуатационными затратами и способны продолжительное время выполнять поставленные задачи без необходимости дозаправки. Анализ эксплуатации БПЛА с поршневыми двигателями выявил ряд проблем, связанных с приготовлением топливной смеси, контролем её качества и процессом заправки. На сегодняшний день отсутствуют государственные нормативные акты, регулирующие прием и проверку качества бензина и масла, поступающих на склады ГСМ для использования в БПЛА. Это может негативно сказаться на сроке службы двигателя. [1, 2].

Низкомолекулярные кислородсодержащие соединения, как известно, обладают высоким октановым числом – вплоть до 100 по исследовательскому методу (ИОЧ). Далее будут рассмотрены три разновидности высокооктановых присадок.

Метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ) является самым распространённым кислородсодержащим компонентом с высоким октановым числом, применяемым в составе бензина. Его мировое производство превышает 25 миллионов тонн в год. МТБЭ представляет собой соединение с температурой кипения около 55°C, плотностью 0,76 г/мл и октановым числом 116. По исследовательскому методу его октановое число варьируется в пределах 115–135, а по моторному методу – 100–101.

МТБЭ способен повышать октановое число бензиновой смеси до 135 по исследовательскому методу (ИОЧ), в зависимости от углеводородного состава исходного топлива. Благодаря содержанию кислорода, МТБЭ способствует более полному и эффективному сгоранию топлива в цилиндрах двигателя, что улучшает его экономичность и снижает уровень вредных выбросов, связанных с неполным сгоранием.

Особо необходимо отметить, что сырьё для синтеза МТБЭ (*изобутилен* и метанол) производится в Республике Беларусь на ОАО «Мозырский нефтеперерабатывающий завод» (МНПЗ) и на ОАО «Гродно-Азот» соответственно. Синтез МТБЭ производится на МНПЗ в результате следующей реакции:



В США МТБЭ был недавно выведен из использования в связи с экологическими опасениями, связанными с возможным загрязнением грунтовых вод. Это решение привело к стремительному переходу на этанол, который стал альтернативным источником кислорода и средством повышения октанового числа в топливе.

Следом за МТБЭ, **трет-амилметиловый эфир (ТАМЭ)** занимает второе место по распространённости среди кислородсодержащих высокооктановых добавок, применяемых в бензине. Его октановое число составляет 104,5, плотность варьируется в пределах 0,76–0,78 г/см³, температура кипения – 85–86 °С, а температура вспышки – минус 7°С.

На наш взгляд очень перспективной высокооктановой присадкой в авиабензины является **2,5-диметилфуран** (октановое число 119 (ИОЧ)). 2,5-Диметилфуран, получаемый из биомассы, рассматривается как перспективный вид биотоплива. По эффективности он превосходит этанол благодаря на 40% более высокой плотности энергии – показателю, отражающему количество энергии, содержащейся в единице объёма вещества (в системе СИ измеряется в Дж/м³). Это соединение отличается химической стабильностью: оно не растворяется в воде и не поглощает влагу из окружающей среды. Диметилфуран обладает теплотворной способностью 33,7 МДж/кг, что превышает аналогичный показатель у этанола (26,9 МДж/кг), но уступает бензину (43,2 МДж/кг). Испытания бензинового двигателя с одним цилиндром показали, что термический коэффициент полезного действия при сгорании диметилфурана сопоставим с КПД при использовании бензина.

Выводы: для увеличения срока службы поршневых двигателей, используемых в беспилотных летательных аппаратах, необходимо повысить уровень контроля качества применяемого топлива. Следует использовать топливо с более высокой плотностью и энергосодержанием. Добавление присадок – масел и высокооктановых компонентов – к автомобильному бензину с целью получения авиационного топлива для БПЛА должно осуществляться квалифицированным персоналом в специально оборудованных помещениях, оснащённых вытяжной вентиляцией и мерной посудой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранец, Ю.Г. Качество топлива для БПЛА /Ю.Г. Баранец [и др.] // Сборник научных статей по итогам двенадцатой международной научной конференции Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности, 30–31 декабря 2020, Казань, ООО «Конверт», – Ч.1. – 2020. С. 19–22.

2. Баранец, Ю.Г. Заправка БПЛА – проблемы и пути решения /Ю.Г. Баранец [и др.] // Сборник научных статей по итогам четвертой международной научной конференции Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности, 29–30 апреля 2020, Казань, ООО «Конверт», – Ч. 1. – 2020. С. 32–34.