

Бойченко С.В.¹, докт. техн. наук, проф., **Яковлева А.В.¹**, аспирант,
Шкильнюк И.О.¹, мл. науч. сотр., **Ключник О.Г.²**

¹ **Национальный авиационный университет, Киев**

просп. Космонавта Комарова, 1, 03058 Киев, Украина, e-mail: , pinchuk_anya@ukr.net

² **ПАТ «Лукойл-Одесский НПЗ», Одесса**

ул. Шкодова Гора, 1/1, 65041 Одесса, Украина, e-mail: kluchnick-olga@rambler.ru

Сравнительные характеристики физико-химических свойств топлив для воздушно-реактивных двигателей разных стран-производителей

Представлен сравнительный анализ основных международных и отечественных нормативных документов, определяющих требования к качеству авиационных топлив. Рассмотрено влияние некоторых физико-химических и эксплуатационных свойств топлив для воздушно-реактивных двигателей на надежность и безопасность работы воздушных судов. Проведено исследование качества топлив для воздушно-реактивных двигателей разных стран-производителей. Показано, что топлива отечественного производства не уступают по качеству своим зарубежным аналогам. Представлены новые тенденции, наметившиеся в авиационной отрасли: внедрение и постепенный переход гражданской авиации на альтернативные виды топлив, а также повышение и контроль качества применяемых авиационных топлив. *Библ. 13.*

Ключові слова: топлива для воздушно-реактивных двигателей, требования к качеству, авиационный керосин, биотопливо, контроль качества, эксплуатационные свойства топлив.

Производство топлив для авиационных двигателей является одним из приоритетных направлений нефтеперерабатывающей отрасли в мире [1]. В первую очередь это связано с увеличением парка воздушных судов (ВС). По данным государственной корпорации гражданской авиации КНР Commercial Aircraft Corporation of China (COMAC), в 2012 г. мировой воздушный пассажирский флот насчитывал 18202 ВС. По прогнозам, к 2031 г. их количество увеличится до 37 тыс. шт. [2]. По данным аналитического сайта Index Mundi, в мире ежедневно производится и потребляется около 5,5 тыс. баррелей топлива для воздушно-реактивных двигателей (ВРД). В Украине, по данным Государственной службы статистики, в 2011 г. было использовано 343 284 т авиационного керосина.

Постановка проблемы

Требования к физико-химическим и эксплуатационным свойствам топлив для ВРД изначально значительно выше, по сравнению с автомобильными бензинами и дизельными топливами [1, 3]. Использование высококачественного топлива для ВРД позволяет снизить вероятность возникновения неполадок в работе си-

ловых установок ВС и избежать их отказов. Традиционно основным сырьем для производства топлив для ВРД является нефть. Однако в последнее время активно разрабатываются и применяются авиационные топлива из альтернативных видов сырья. Такая ситуация связана с ограниченным запасом традиционных энерго-ресурсов, а также активной экологизацией всех сфер человеческой деятельности, в том числе авиации.

В некоторых странах введены в действие новые нормативные документы, а также внесены изменения в уже существующие, что позволяет массово применять альтернативные топлива для ВРД. В Украине пока отсутствует практический опыт применения альтернативных авиационных топлив. Указанные нововведения в мировой гражданской авиации, а также различные подходы к оценке качества топлив для ВРД в Украине и за рубежом способствовали введению некоторых ограничений на использование отечественных реактивных топлив на воздушных судах основных мировых производителей.

Анализ публикаций

Комплекс физико-химических свойств топлив для ВРД по сравнению с другими нефтепродукта-

ми в наибольшей степени зависит от природы нефти и пределов выкипания фракций, выделяемых при атмосферной перегонке. Фракции прямой перегонки очищают разными способами, обусловленными составом нефти и требованиями, предъявляемыми к качеству топлива [4]. Некоторое количество топлив для реактивных двигателей получают каталитической деструктивной переработкой дистиллятов атмосферной или вакуумной перегонки и продуктов каталитического крекинга в присутствии водорода [4, 5]. Режим каталитической переработки зависит от качества сырья и практически полностью определяет качество топлива [3].

Часть топлив для ВРД получают из угля, природного газа, битуминозных песков, нефтяных сланцев, а также биомассы [6]. Технологии, применяемые для переработки данных видов сырья, позволяют получать топливо высокого качества с возможностью варьировать при необходимости определенные его показатели [7, 8]. Однако данные технологии являются достаточно энергоемкими и сложными в реализации [7]. Так, если для облагораживания базовых керосиновых фракций нефти применяют гидроочистку и различные деструктивные методы, то, кроме этих стадий, получению базовых фракций из ненефтяного сырья предшествуют процессы пиролиза, газификации, синтеза Фишера-Тропша (ФТ-синтеза) и др. Однако ограниченность мировых запасов нефти стимулирует развитие альтернативных технологий производства топлив для ВРД [7]. Компанией «British Petroleum» в 2011 г. был проведен статистический обзор и сделан прогноз развития мировой энергетики до 2030 г. Согласно данному исследованию, рост потребления нефти будет постепенно уменьшаться, а доля биотоплив будет увеличиваться [9].

В последние годы к качеству топлив для ВРД предъявляются дополнительные экологические требования [5, 7]. Например, в резолюции Европарламента об уменьшении последствий деятельности авиации для климатических изменений (INI/2005/2249) говорится о том, что «Европейский парламент настоятельно призывает содействовать введению авиационного биотоплива, способствуя таким образом уменьшению последствий для климатических изменений». Международной ассоциацией воздушного транспорта (IATA) была поставлена задача снизить уровень выбросов CO₂ от авиатранспорта на 50 % до 2050 г. [10].

Основные тенденции, наметившиеся в европейской политике в сфере внедрения и применения альтернативных топлив в авиации, обозначены в следующих документах: 1) Директи-

ва 2009/28/ЕС Европейского Парламента и Совета от 23.04.09 «О стимулировании использования энергии из возобновляемых источников»; 2) Соглашение Европейской Комиссии от 08.02.06 «Биотопливная стратегия ЕС», определяющая семь стратегических направлений развития и производства биотоплив странами — членами ЕС и развивающимися странами; 3) Директива 2009/30/ЕС Европейского парламента и Совета от 23.04.09. «О технических требованиях к бензину, дизельному и газовому топливу и вводе механизма мониторинга и сокращения выбросов парниковых газов» (Директива о качестве топлива).

Возможность применения по всему миру авиационных топлив для ВРД с удовлетворительными характеристиками является основным требованием международной авиации. В сентябре 1957 г. в Стокгольме состоялось заседание представителей авиакомпаний и поставщиков топлива, а на следующем заседании во время Десятой технической конференции IATA вышел в свет руководящий документ по авиационным топливам для ВРД, применяемых в гражданской авиации [5, 11].

Руководящий материал по спецификациям на авиационные топлива для ВРД был издан IATA 4 марта 2000 г. В настоящее время основные требования к топливам для ВРД формируют IATA, Американское общество испытаний материалов (American Society of Test Materials — ASTM), британская спецификация (DERD) и «Контрольный перечень» («Check List»). Наиболее распространенное в мире топливо для ВРД имеет международное название Aviation Turbine Fuel — Kerosine type (AVTUR) — авиационное газотурбинное топливо типа керосин Jet A-1 [5, 12].

С вступлением Украины в единое торговое пространство появилась потребность унификации и оптимизации требований к качеству производимых товаров, в частности, авиационных топлив [11]. Подавляющее число стран, в том числе Китай и Индия, производят реактивные топлива для гражданской авиации типа Jet A-1, отвечающие требованиям ASTM D 1655 (США) и DEF STAN 91-91 (Англия). Топлива для ВРД украинского производства ТС-1 и РТ, несмотря на отличия от топлива Jet A-1, по большей части показателей качества не уступают этому топливу, а по некоторым показателям превосходят его. Несмотря на это, с 2012 г. европейскими властями было введено ограничение на использование украинского топлива европейскими авиакомпаниями.

Цель данной работы — провести сравнительный анализ качества современных топлив

для воздушно-реактивных двигателей украинского и зарубежного производства.

В мировой практике качество топлива Jet A-1 определяется следующими стандартами: 1) британский стандарт Def Stan 91-91 Turbine fuel, Kerosene type, Jet A-1 (Топливо для газотурбинных двигателей типа керосин, Jet A-1); 2) американский стандарт ASTM D1655 Standard Specification for Aviation Turbine Fuels (Топливо авиационное для газотурбинных двигателей. Технические условия); 3) американский стандарт ASTM D 7566 Standard Specification for Aviation Fuel Containing Synthesized Hydrocarbons (Топливо авиационное для газотурбинных двигателей, содержащее синтетические углеводороды. Технические условия).

Британский Стандарт Defense Standard 91-91 определяет требования к одной марке топлива для ВРД типа керосина, предназначенного для применения в газотурбинных двигателях ВС. Авиационное топливо, определенное данным документом, должно содержать углеводороды, полученные из традиционного сырья, включая нефть, тяжелые нефти, битуминозные пески и нефтесодержащие сланцы. Ранее данным стандартом разрешалось применение топлив, полученных только из нефти, однако с декабря 2011 г. он включает топлива, содержащие углеводороды, синтезированные из некоторых нефтяных источников. Согласно стандарту, синтетический парафиновый керосин может использоваться в качестве компонента традиционного топлива для ВРД в количестве до 50 % объема. Стандарт не определяет процесс производства синтетических компонентов топлива, а только технические характеристики, которым должен соответствовать данный вид топлива для ВРД [7].

Американский стандарт ASTM D1655 был впервые издан в 1959 г. и содержал требования к топливам для ВРД марок Jet A, Jet A-1 и Jet B. Аналогично стандарту Def Stan 91-91, в нем определяются требования к топливу для ВРД типа керосина, предназначенного для использования в газотурбинных двигателях ВС. Данный документ определяет качество топлива для ВРД на всех этапах — от его производства до заправки ВС. В настоящее время этим стандартом предусмотрено только две марки топлива для ВРД: Jet A и Jet A-1 — дистиллятные топлива типа керосина с относительно высокой температурой вспышки. Эти марки керосинового топлива различаются по температуре начала кристаллизации. Аналогично Def Stan 91-91, топливо должно состоять преимущественно из углеводородов, полученных из традиционного сырья, включая нефть, тяжелые нефти, битуминозные пески и нефтесодержащие сланцы. Использование углеводородов, синтезированных

из других новых источников сырья, требует применения особого руководства, которое не рассматривается в рамках стандарта ASTM D1655. Это руководство находится в стандарте ASTM D7566, который описывает также использование различных присадок к топливу (ингибиторы коррозии, антиокислители, биоцидные присадки и др.) [7].

Стандарт ASTM D7566 был введен в действие в 2009 г. Он определяет отдельные виды топлив для ВРД для гражданской авиации, которые состоят из смеси традиционных топлив и синтетических компонентов и являются удовлетворительными для применения на ВС. Стандарт предназначен для определения качества топлив для ВРД и его синтетических компонентов на всех стадиях — от производства до заправки ВС. Данным стандартом предусмотрены две марки топлива для ВРД: Jet A и Jet A-1 — дистиллятные топлива типа керосин с относительно высокой температурой вспышки. Соответственно стандарту, топливо для ВРД должно состоять из традиционного топлива марок Jet A либо Jet A-1, которые отвечают стандарту D1655, и до 50 % объема синтетического компонента, определенного данным стандартом.

Стандартом ASTM D7566 на сегодняшний день предусмотрено использование только двух видов синтетических компонентов: 1) гидрогенизированный синтетический керосин, полученный полностью из синтетического газа методом ФТ-синтеза с последующим применением таких традиционных процессов, как гидроочистка, гидрокрекинг, гидроизомеризация, а также полимеризация, изомеризация или фракционирование; 2) гидрогенизированный синтетический парафиновый керосин, полученный полностью из эфиров жирных кислот и свободных жирных кислот их гидрогенизацией и деоксигенацией с последующим применением указанных выше процессов [7].

Таким образом, расширение сырьевой базы для получения топлив для ВРД нашло отражение и в нормативной базе вследствие внесения изменений в стандарты Def Stan 91-91 и ASTM D1655, а также создания нового стандарта ASTM D7566, регламентирующего производство авиатоплив из альтернативного сырья.

Основная часть

В Украине производятся две марки топлива для ВРД: РТ и ТС-1. Основными производителями топлива для ВРД являются Одесский, Кременчугский и Лисичанский НПЗ [7]. Требования, предъявляемые к качеству этих топлив, регламентированы отраслевыми стандартами ОСТУ 320.00149943.007 «Паливо для реактивных двигунів марки «РТ». Технічні умови» и

ОСТУ 320.00149943.011 «Паливо ТС-1 для реактивных двигунів. Технічні умови» [7]. Качество импортируемого в Украину топлива марки Jet A-1 определено в стандарте ДСТУ 4796:2007 «Паливо авіаційне для газотурбінних двигунів ДЖЕТ А-1. Технічні умови».

Наиболее широко применяемое в Украине топливо ТС-1 производят в основном прямой перегонкой нефти, вследствие чего его физико-химические и эксплуатационные свойства полностью зависят от качества перерабатываемой нефти. Если этим способом получить топливо ТС-1 требуемого качества не удастся, то его получают с применением процесса гидроочистки или демеркаптанализации, либо смешения прямогонного компонента с гидроочищенным или демеркаптанализованным. Топливо РТ по сравнению с ТС-1 производят в значительно меньшем объеме с применением процесса гидро-

очистки. По качеству оно превосходит топливо ТС-1, особенно по термоокислительной стабильности. Топлива типа Jet A-1 могут быть получены прямой перегонкой, либо с применением демеркаптанализации и гидрогенизационных процессов.

Украинские и зарубежные стандарты регламентируют практически одни и те же эксплуатационные свойства топлив, в том числе противозносные, определение которых предусматривает британский стандарт DEF STAN 91-91, но не предусматривает стандарт Российской Федерации ГОСТ 10227 (табл.1). Украинские нормативные документы предусматривают оценку этих свойств при квалификационных и сертификационных испытаниях. Несмотря на то, что серийные отечественные реактивные топлива марок ТС-1 и РТ существенно превосходят реактивное топливо Jet A-1 по ряду эксплуатаци-

Таблица 1. Требования, предъявляемые к топливам для ВРД украинского и зарубежного производства

Показатель	РТ	ТС-1	РТ (ГОСТ 10227)	Jet A-1 (ASTM D 1655)	DEF STAN 91-91
Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не менее	775	775	775	775-840	775-840
Фракционный состав при температурах, °С:					
начала кипения	—*	—*	135-155	—*	—*
10 % перегоняется при t, не выше	175	175	175	205	205
50 % перегоняется при t, не выше	225	225	225	232	232
90 % перегоняется при t, не выше	270	270	270	—	—
98 % перегоняется при t, не выше	280	280	280	300	300
Вязкость кинематическая, мм ² /с:					
При -40 °С, не более	16	16	16	—	—
При -20 °С, не более	—	—	—	8	8
При +20 °С, не менее	1,25	1,25	1,25	—	—
Нижшая теплота сгорания, кДж/кг, не менее	43 100	43 120	43 120	42 800	42 800
Кислотность, мг КОН на 100 г топлива, не более	0,7	0,7	0,2-0,7	0,1	< 0,015
Иодное число, г иода на 100 г топлива, не более	0,5	3,5	0,5	—	—
Температура вспышки в закрытом тигле, °С, не ниже	30	28	28	38	38
Температура начала кристаллизации, °С, не выше	-55	-55	-55	-47	-47
Термоокислительная стабильность:					
количество осадка, мг на 100 см ³ топлива, не более	6	18	6	14	14
критическая температура, °С, не ниже	115	115	—	—	—
Содержание ароматических углеводородов в топливах:					
украинского производства, % (мас.), не более	22	22	22	—	—
зарубежного производства, % (об.), не более	—	—	—	25	25
Концентрация фактических смол, мг/100 см ³ топлива, не более	4	5	4	7	7
Массовая доля общей серы, %, не более	0,1	0,25	0,1	0,3	0,3
Массовая доля меркаптановой серы, %, не более	0,001	0,003	0,001	0,003	0,003
Содержание механических примесей и воды	—**	—**	—**	—**	—**
Критерий противозносных свойств***, %, не менее	95	95	—	85	85
Высокотемпературная коррозия — потеря массы образца при 20 °С. г/м ² . не более:					
для меди	3,0	15	—	—	—
для бронзы марки ВБ23НЦ	2,5	2,5	—	—	—

* Не нормируется. ** Отсутствует. *** В условиях трения скольжения на приборе УПС-01.

онных свойств и физико-химических показателей, их применение на авиационных двигателях компаниями «Pratt and Whitney», «Rolls-Royce», «General electric» существенно ограничено. Европейские авиационные власти издали Евродирективу АД № 2012-0123 от 09.07.12 о внесении ограничений для европейских авиакомпаний по использованию авиатоплива ТС-1. Внутренняя спецификация на топливо, процедуры контроля качества и государственное регулирование Украины «конфликтует» с существующей отработанной специалистами всего мира системой обеспечения безопасности полетов в части производства и применения авиационного топлива. В большей степени это связано с различными подходами к оценке надежности работы авиационной техники, в зависимости от эксплуатационных свойств топлив для ВРД.

В отечественной практике надежную работу топливных систем ВС оценивают в первую очередь по прокачиваемости и склонности топлив к образованию отложений [1, 11, 13]. Под прокачиваемостью обычно подразумевают прокачиваемость топлива при отрицательных и повышенных температурах. Прокачиваемость топлива при пониженных температурах определяется, главным образом, способностью его проходить через топливные фильтры и характеризуется такими показателями: температура начала кристаллизации топлива, вязкость, содержание свободной и растворенной воды [1, 13].

Соответственно требованиям стандартов Украины на топливо для ВРД марок РТ и ТС-1, температура начала кристаллизации должна быть не выше минус 55 °С. При этом в стандартах ASTM D 1655 и DEF STAN 91-91 данный показатель несколько завышен и составляет -47 °С. Вязкость в украинских стандартах определяется при температурах +20 °С (не менее 1,25 мм/с²) и при -40 °С (не более 16 мм/с²). В зарубежных стандартах определена только верхняя граница вязкости при температуре -20 °С на уровне 8 мм/с². Таким образом, требования украинских нормативных документов к указанным показателям являются более жесткими по сравнению с зарубежными спецификациями.

Что касается содержания механических примесей и воды, влияющих на прокачиваемость топлив, то во всех стандартах указано на их отсутствие. Прокачиваемость топлива при повышенных температурах определяется термоокислительной стабильностью, размером и формой нерастворимых осадков, образующихся при нагревании, а также характеристиками фильтра. Термоокислительная стабильность топлив для ВРД определяется их стойкостью к окислению в

заданном эксплуатационном диапазоне температур. Данный показатель характеризуется массой образующихся осадков и смол, скоростью забивки фильтров. Термоокислительная стабильность топлив при повышенных температурах ухудшается при наличии смолистых и сернистых соединений, особенно меркаптанов [1, 3, 11].

Непредельные соединения в топливах легко окисляются, в связи с этим их содержание ограничивается. В отечественных стандартах их содержание характеризуется иодным числом. В стандартах ASTM D 1655 и DEF STAN 91-91 данный показатель вообще отсутствует. Согласно этим документам, термоокислительная стабильность определяется в динамических условиях, а украинские стандарты предусматривают определение данного показателя и в статических условиях (причем установленные нормы значительно выше). По содержанию фактических смол в топливах для ВРД отечественные стандарты также предъявляют более жесткие требования.

За рубежом доминирующим эксплуатационным свойством топлив для ВРД является пожаробезопасность. Топлива для ВРД являются пожароопасными и относятся к легковоспламеняющимся жидкостям. Они характеризуются высокой жаропроизводительностью и испаряемостью, легко образуют с воздухом горючие смеси, при горении образуют большое количество продуктов сгорания и способны легко накапливать статическое электричество. Основным эксплуатационным показателем, определяющим пожароопасность топлива для ВРД, является температура вспышки [1, 11]. Различия требований к пожаробезопасности отечественных и зарубежных топлив отражены в стандартах Украины (ОСТУ), Российской Федерации (ГОСТ 10227), США (ASTM D 1655) и Великобритании (DEF STAN 91-91). Так, минимальная температура вспышки для топлива марки РТ составляет 30 °С, для марки ТС-1 - 28 °С, а для топлива Jet A-1 она должна быть не менее 38 °С.

Более высокая температура вспышки топлив для ВРД достигается утяжелением их фракционного состава, а именно: увеличением содержания ароматических углеводородов, что нашло отражение в нормативных документах. Украинские стандарты определяют максимальное содержание ароматических углеводородов 22 % (мас.). В зарубежных стандартах их содержание не должно превышать 25 % (об.), что в перерасчете на массовую долю составляет около 27 %. Увеличение содержания ароматических углеводородов негативно сказывается на процессах

горения топлива, приводит к повышенному нагарообразованию и дымности отработанных газов ЛА [11].

Таким образом, некоторое несоответствие требований к свойствам отечественных и зарубежных топлив для ВРД, а следовательно, ограничение применения украинских топлив на авиационной технике мировых производителей связано с разными подходами к оценке качества топлив, их надежностью и безопасностью. В мире основным критерием оценки безопасности топлив в эксплуатации является пожаробезопасность. В отечественной практике качество топлива оценивают его способностью обеспечивать надежную работу двигателей ЛА. Проанализировав детально факторы, влияющие на данные показатели, мы видим, что они являются взаимоисключающими. То есть повышение пожарной без-

опасности топлива приводит к ухудшению характеристик его горения.

Помимо теоретического анализа нормативных документов, регламентирующих требования к комплексу физико-химических и эксплуатационных свойств топлив для ВРД, были проведены исследования образцов реактивных топлив разных производителей (табл.2).

Анализ данных табл.2 показывает, что отечественные марки авиационного топлива не уступают по физико-химическим параметрам топливам других стран (на примере Российской Федерации, Азербайджана и Литвы), а по некоторым даже превосходят их. Однако различия норм на отдельные показатели качества и методы их определения не позволяют считать украинские топлива полностью соответствующими зарубежными.

Таблица 2. Сравнительные характеристики топлив для ВРД разных стран-производителей

Показатель	РТ (ПАО Лук-ойл-Одесский НПЗ)	ТС-1 (ЧАО «Линник»)	ТС-1 (ПАО ТНФК «Укртатнафта»)	РТ (ОАО «Нафтан»)	ТС-1 (ООО «Лукойл-Волгограднефтепереработка»)	ТС-1 (Бакинский НПЗ)	JetA-1 (ASTM D 1655, Orlen Lietuva)
Плотность при 20 °С, кг/м ³	785	786	794	787	788	794	799
Фракционный состав при температурах, °С:							
начала кипения	151	157	157	151	151	151	–
10 % перегоняется при t, не выше	174	172	174	168	168	168	169
50 % перегоняется при t, не выше	194	189	191	185	185	185	193
90 % перегоняется при t, не выше	220	218	214	199	199	199	228
98 % перегоняется при t, не выше	234	240	226	210	210	210	–
Вязкость кинематическая, мм ² /с:							
при –40 °С, не более	6,4	6,5	6,2	6,1	–	5,0	–
при –20 °С, не более	–	–	–	–	–	–	3,7
при +20 °С, не менее	1,56	1,45	1,58	1,4	1,35	1,46	–
Низшая теплота сгорания, кДж/кг	43 346	43 280	43 145	43 253	43 234	43247	43300
Кислотность, мг КОН на 100 г топлива	0,2	0,06	0,3	0,25	0,11	0,31	0,015
Иодное число, г иода на 100 г топлива	0,2	1,0	0,25	0,13	0,28	0,25	–
Температура вспышки в закрытом тигле, °С	47	46	52	44	40	36	50
Температура начала кристаллизации, °С	–55	–62	–62	–59	–62	–56	–59
Термоокислительная стабильность:							
количество осадка, мг/100 см ³ топлива	4	9,0	2,2	1,9	3	15,6	–
Ароматические углеводороды, % (мас.)	18	15	20	16,8	12,4	18	–
Концентрация фактических смол, мг/100 см ³ топлива	3	2,5	3,1	1,5	2,6	3	2,15
Общая сера, %	0,02	0,15	0,01	0,004	0,022	0,07	0,01
Меркаптановая сера, % (мас.)	0,0002	0,0013	0,0003	0,0002	0,0017	0,0009	0,001
Содержание механических примесей и воды	–*	–*	–*	–*	–*	–*	–*
Критерий противозносных свойств**, %	107	117	146	145	–	114	153
Высокотемпературная коррозия – потеря массы образца при 20 °С, г/м ² , не более:							
для меди	2,13	3,1	3,6	3,2	–	1,18	–
для бронзы марки ВБ23НЦ	0,52	1,1	1,2	2,4	–	0,65	–

* Отсутствуют. ** В условиях трения скольжения на приборе УПС-01.

Выводы

Качество топлив для ВРД в большой степени зависит от сырья и процессов его переработки. НПЗ Украины оснащены современным оборудованием, которое позволяет производить авиационные топлива высокого качества. Как показали результаты испытаний, качество украинского топлива по исследованным физико-химическим параметрам не уступает лучшим зарубежным образцам, а по некоторым показателям превосходит их. Однако различия норм на отдельные показатели качества и методы их определения не позволяют считать украинские топлива полностью соответствующими зарубежным. Таким образом, целесообразно гармонизировать и унифицировать нормативные документы, предъявляющие технические требования к топливам для ВРД.

Список литературы

1. Яновский Л.С., Дмитренко В.П., Дубровкин Н.Ф. Основы авиационной химмотологии. — М. : МАТИ, 2005. — 680 с.
2. РБК весь мир. Количество самолетов увеличится вдвое. [On-line]. 2013. [03 июня 2013]. — Режим доступа: <<http://top.rbc.ru/economics/13/11/2012/824793.shtml>>
3. Большаков Г.Ф., Глебовская Е.А. Гетероорганические соединения реактивных топлив. — Л. : Гостоптехиздат, 1962. — 220 с.
4. Братков А.А., Серегин Е.П., Горенков А.Ф. Химмотология ракетных и реактивных топлив. — М. : Химия, 1987. — 304 с.
5. Андрійшин М.П., Марчук Я.С., Бойченко С.В., Рябокони Л.А. Газ природний, палива та оливи. — Одеса : Астропринт, 2010. — 232 с.
6. Daggett D.L., Hendricks R.C., Walther R., Corporan E. Alternate Fuels for use in Commercial Aircraft. — The Boeing Company, 2007. — 8 p.
7. Boichenko S., Yakovleva A. Prospects of biofuels introduction into aviation // Proceedings of the 15-th conference for Lithuania Junior researchers. Science — future of Lithuania. Transport engineering and management. — 2012. — pp. 90–94.
8. Hemighaus G., Boval T., Bosley C., Organ R., Lind J., Brouette R., Thompson T., Lynch J., Jones J. Alternative Jet Fuels. Addendum 1 to Aviation Fuels Technical Review (FTR-3/A1). — Chevron Corporation, 2006. — 16 p.
9. BP Statistical Review of World Energy, June 2012 [on-line]. 2013, [18 января 2013]. — Режим доступа: <<http://www.bp.com/statisticalreview>>
10. International Air Transport Organization // Vision 2050. Report. — Montreal; Geneva, 2011. — 87 p.
11. Яновский Л.С., Дубровкин Н.Ф., Галимов Ф.М. Горюче-смазочные материалы для авиационных двигателей. — Казань : Мастер Лайн, 2002. — 400 с.
12. Бойченко С.В., Иванов С.В., Бурлака В.Г. Моторные топлива и масла для современной техники. — Киев : Нац. авиац. ун-т, 2005. — 216 с.
13. Аксенов А.Ф. Авиационные топлива, смазочные материалы и специальные жидкости. — М. : Транспорт, 1965. — 187 с.

Поступила в редакцию 15.03.13

Бойченко С.В.¹, докт. техн. наук, проф., **Яковлева А.В.¹**, аспірант,
Шкільнюк І.О.¹, мол. наук. співроб., **Ключник О.Г.²**

¹ **Національний авіаційний університет, Київ**

просп. Космонавта Комарова, 1, 03058 Київ, Україна, e-mail: , pinchuk_anya@ukr.net

² **ПАТ «Лукойл-Одеський НПЗ»**

вул. Шкодова Гора, 1/1, 65041 Одеса, Україна, e-mail: kluchnick-olga@rambler.ru

Порівняльні характеристики фізико-хімічних властивостей палив для повітряно-реактивних двигунів різних країн-виробників

Наведено порівняльний аналіз основних міжнародних та вітчизняних нормативних документів, що визначають вимоги до якості авіаційних палив. Розглянуто вплив деяких фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей палив для повітряно-реактивних двигунів на надійність та безпеку роботи повітряних суден. Проведено дослідження якості палив для повітряно-реактивних двигунів різних країн-виробників. Показано, що палива вітчизняного виробництва не поступаються за якістю своїм закордонним аналогам. Представлено нові тенденції, що намітилися в авіаційній галузі: впровадження та поступове переведення цивільної авіації на альтернативні види палив, а також підвищення та контроль якості авіаційних палив, що використовуються. *Бібл. 13, табл. 2.*

Ключові слова: палива для повітряно-реактивних двигунів, вимоги до якості, авіаційний гас, біопаливо, контроль якості, експлуатаційні властивості палив.

Boichenko S.V.¹, Doctor of Technical Scientific, Prof.,
Iakovlieva A.V.¹, PhD Student, **Shkilniuk I.O.¹**, Junior Scientist, **Kliuchnik O.G.²**

¹ National Aviation University, Kiev

1, Kosmonavta Komarova Ave., 03058 Kiev, Ukraine, e-mail: , pinchuk_anya@ukr.net

² JSC «Odessa Oil Processing Plant», Odessa

1/1, Skodova Gora Str., 65041 Odessa, Ukraine, e-mail: kluchnick-olga@rambler.ru

Comparative Characteristics of Physico-Chemical Properties of Jet Fuels Produced in Different Manufacturing Countries

The main tendencies in aviation sphere are discussed in the article, mainly implementation and gradual transition of civil aviation to alternative fuels, and also improvement and control of jet fuels quality. Comparative analysis of the main international and native normative documents determining requirements to jet fuels quality are discussed in the article. Influence of certain physical-chemical and exploitation properties of fuels for air-jet engines on reliability and safety of aircraft operation is considered. Investigation of jet fuels quality from different countries-producers was done. It is shown that fuels produced in Ukraine are not worse than their foreign analogues. *Bibl. 13, Table 2.*

Key words: fuels for air-jet engines, requirements to quality, aviation kerosene, ecological requirements, biofuels, quality control, exploitation properties.

References

1. Yanovskyi L.S., Dmitrenko V.P., Dubrovkin N.F. (2005). *Osnovi aviatsionnoi himmotologii*. Moscow : MATI, 860 p. (Rus.)
2. RBK ves' mir. Kolichestvo samoletov uvelichitsa vdvoe. [On-line]. 2013. [03 June 2013]. — Available from the internet: <<http://top.rbc.ru/economics/13/11/2012/824793.shtml>> (Rus.)
3. Bolshakov G.F., Glebovskaya E.A. (1962). *Geteroorganicheskie soedineniya reaktivnih topliv*. Leningrad : Gostoptehizdat, 220 p. (Rus.)
4. Bratkov A.A., Seregin E.P., Gorenkov A.F. (1987). *Himmotologiya raketnih i reaktivnih topliv*. Moscow : Himiya, 304 p. (Rus.)
5. Andriishin M.P., Marchuk Ya.S., Boichenko S.V., Ryabokon L.A. (2010). *Gaz priridnii, paliva ta olive*. Odessa : Astroprint, 232 p. (Ukr.)
6. Daggett D.L., Hendricks R.C., Walther R., Corporan E. (2007). *Alternate Fuels for use in Commercial Aircraft. The Boeing Company*, 8 p.
7. Boichenko S., Yakovleva A. (2012). Prospects of biofuels introduction into aviation. *Proceedings of the 15th conference for Lithuania Junior researchers. Science – future of Lithuania. Transport engineering and management*, pp. 90–94.
8. Hemighaus G., Boval T., Bosley C., Organ R., Lind J., Brouette R., Thompson T., Lynch J., Jones J. (2006). *Alternative Jet Fuels. Addendum 1 to Aviation Fuels Technical Review (FTR-3/A1). Chevron Corporation*, 16 p.
9. BP Statistical Review of World Energy, June 2012 [on-line]. 2013. — Mode of access:: <<http://www.bp.com/statisticalreview>>
10. International Air Transport organization. *Vision 2050. Report*. Montreal; Geneva, 2011, 87 p.
11. Yanovskyi L.S., Dubrovkin N.F., Galimov F.M. (2002). *Goruche-smazochnie materiali dlya aviatsionnih dvigatelei*. Kazan : Master Line, 400 p. (Rus.)
12. Boichenko S.V., Ivanov S.V., Burlaka V.G. (2005). *Motornie topliva i masla dlya sovremennoi tehniki*. Kiev : National Aviation University, 216 p. (Rus.)
13. Aksenov A.F. (1965). *Aviatsionnie topliva, smazochnie materiali i spetsialnie gidkosti*. Moscow : Transport, 187 p. (Rus.)

Received March 15, 2013