

**А.В. Яковлева, С.В. Бойченко, О.А. Вовк**

Институт экологической безопасности Национального авиационного университета, Киев

## **ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА АВИАЦИОННЫХ ТОПЛИВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТА И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**



*Рассмотрена зависимость безопасности полетов от качества авиационных топлив. Представлены статистические данные использования реактивных топлив в мире в целом и в Украине в частности. Проведен анализ авиационных катастроф и определена роль качества топлива как причины подобных аварий и как фактора, влияющего на состояние окружающей среды.*

*Ключевые слова:* авиационные топлива, безопасность полета, качество горюче-смазочных материалов, авиакатастрофа, экологическая безопасность, окружающая среда, отработанные газы.

Современная гражданская авиация (ГА) постоянно развивается. Самолеты всех стран ежедневно пролетают около 65 млн. км. Мировой объем пассажирских авиаперевозок ежегодно возрастает на 4–5 % [1]. Расширение авиапарка и увеличение количества выполненных полетов соответственно влечет за собой рост потребления авиационных топлив. Как сообщает TV Discovery Science, сегодня в мире используется порядка 290 тыс. т топлива для воздушно-реактивных двигателей (ВРД) в сутки. А по данным Государственной службы статистики Украины в 2011 г. потребление авиационного керосина составило 343 284 т, авиационного бензина — 189 т [2].

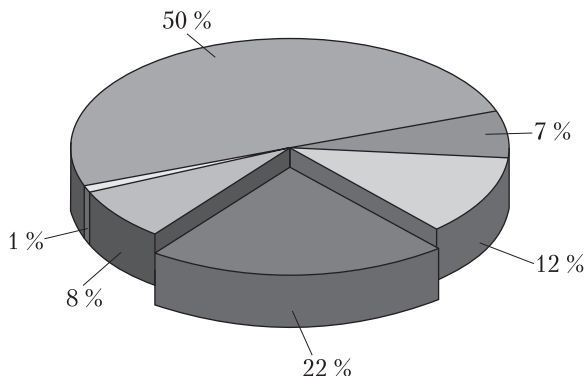
Авиационная техника развивается в направлении увеличения скоростей и высот полетов летательных аппаратов (ЛА), надежности и ресурса силовых установок ВРД, улучшения массовых характеристик и экономичности [3]. Надежность и эффективность работы двигателя (соответственно и самого ЛА) требуют высоко-

кого качества топлива. Современные топлива для ГА должны удовлетворять требованиям, связанным с экономичностью, надежностью и долговечностью работы авиационной техники [4]. Особое внимание ныне уделяется экологической безопасности топлива [5].

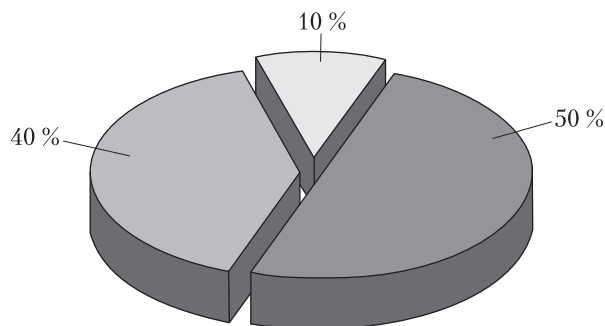
### **РОЛЬ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ**

Во многом безопасность полета зависит от качества топлива, используемого для заправки воздушного судна (ВС) [6]. Известны случаи, когда причиной возникновения неполадок в работе силовых установок ВРД являлось несоответствие качества топлива требованиям, установленным нормативными документами. По статистике [7] более 20 % аварий ВС происходит по причине технических неполадок, в том числе вызванных несоответствием качества топлива (рис. 1).

Наибольшее количество авиакатастроф произошло в результате отказа силовых установок (более 50 %) и взлетно-посадочных устройств (около 40 %). Таким образом, пример-



**Рис. 1.** Основні причини авіакатастроф [7]: 50 % – помилка пілота; 7 % – помилка інших членів екіпажу; 12 % – погодні умови; 22 % – технічні проблеми; 8 % – саботаж; 1 % – другі



**Рис. 2.** Технічні проблеми, пов'язані з відмовами повітряних суден [8]: 50 % – відмови силових установок; 40 % – відмови взлітно-посадочних пристроїв; 10 % – відмови інших систем літака

но 90 % авіаційних катастроф, обумовлених несправностями техніки, пов'язані з несправностями цих функціональних систем (рис. 2) [8].

По статистичним даним сьогодні авіакатастрофи стали случатися рідше. До 1960-х років авіаційна галузь була розвита слабо, тому громадянські авіаперевозки були дуже рідкими. Збільшення аварій і числа загинувших в автокатастрофах починається з 1960 г. [9]. Максимальне кількість авіакатастроф зафіксовано за період з 1971 по 1980 г. В результаті 585-и аварій загинув 16 398 чоловік. Потрібно відзначити, що сьогодні авіапере-

возки стали більш безпечними. Починаючи з 2001 г., щорічно відбувається не більш 37-и аварій літаків (в 60–70-е гг. щорічно відбувалося більш 50-и аварій). Однак в результаті технічного прогресу літаки стали перевозити значно більше людей. Тому якщо раніше в результаті аварії загинували 50–60 пасажирів, то сьогодні – 150–250. Тому авіакатастрофи стали більш рідким явищем, але кількість жертв в результаті кожної аварії зросло [9].

Як видно з рис. 1, причини авіакатастроф можуть бути різними. Внаслідок технічного розвитку більша частина систем літаків стали автоматизованими, таким чином зменшилася людський фактор причин аварій. З технічної сторони ВС постійно удосконалюються, усуваються різні недоліки в їх конструкції і функціонуванні [3, 10]. Однак більш 20 % авіакатастроф відбувається з причини різних технічних проблем [11]. Часто такою причиною є відмова двигунів. Немаловажну роль в надійній і спокійній роботі двигунів літака грає якість палива і мастильних матеріалів [8].

Причинами польових інцидентів, пов'язаних з якістю авіаційних горюче-мастильних матеріалів (ГММ), можуть бути:

- а) зовнішнє забруднення мастильних матеріалів,
- б) невідповідність сорту палива для даного виду техніки;
- в) відхилення окремих показників якості палива від норм, визначених стандартами;
- г) тривале зберігання палива або домішок інших матеріалів [12].

В історії світової і вітчизняної авіації відомі випадки, коли застосування неякісного палива становило пряму або ж косвенну причину авіакатастроф [7, 11].  
*Наприклад:*

**31 січня 1946 г.** відбулася катастрофа літака С-47 Московського управління ГВФ біля

аэродрома Суково в Московской области. Причиной аварии стал отказ левого двигателя вследствие разрушения коленвала. Из-за выключенного режима обеднения смеси произошел перегрев и отказ правого двигателя. В результате самолет вошел в штопор и упал в лес [11].

**01 июля 1947 г.** в районе аэропорта Внуково Московской области разбился транспортный самолет Ил-12. При взлете отказал двигатель, самолет потерял скорость и упал на землю. Вероятной причиной отказа двигателя было прекращение подачи топлива вследствие плохого контроля со стороны технического состава за бензосистемой [11].

**20 января 1995 г.** произошла катастрофа пассажирского самолета Л-410УВП в Красноярске. Причина — отказ двигателя № 2. Позднее комиссия выяснила, что самолет был заправлен некачественным топливом [11].

**14 сентября 2002 г.** самолет Ан-2, заданием которого была выброска парашютистов, упал и загорелся. В процессе расследования было установлено, что вскоре после взлета на высоте 120 м произошел отказ двигателя. Как выяснилось, самолет был заправлен обычным автомобильным бензином вместо авиационного [11].

**6 декабря 1997 г.** в поселке авиастроителей Иркутск-II потерпел крушение военно-транспортный самолет Ан-124 — «Руслан». Самолет совершал рейс по маршруту Москва—Иркутск—Владивосток—Вьетнам. На борту находились два истребителя Су-27. По официальным данным, погибли 71 человек. 400-тонная машина со 100 т керосина упала прямо на населенный пункт. В процессе расследования было сделано предварительное заключение по топливу, находящемуся в заправщиках аэропорта Иркутск-II: оно соответствовало стандартам. Однако последующая экспертиза подтвердила, что в топливе, которым был заправлен самолет, присутствовала лишь третья часть от необходимого количества противоводокристаллизационных присадок. Пос-

кольку «Руслан» стоял больше суток с полупустыми баками на морозе, вода, содержащаяся в горючем, превратилась в лед. Часть его осталась в топливе, а часть осела в виде инея на стенках топливного бака. При дозаправке горючее еще больше перемешалось со льдом. А после запуска двигателей кристаллы начали оседать на решетке топливного фильтра. Образовавшаяся ледяная пробка при переводе силовых установок в форсированный режим работы сорвалась и заклинила механизм распределения горючего. Это могло привести к остановке сразу трех двигателей [11, 13].

**17 июля 1997 г.** произошла катастрофа самолета Boeing-747 американской авиакомпании Trans World Airlines, совершавшего полет по маршруту Нью-Йорк—Париж. Во время взлета произошел взрыв, и обломки ВС упали в океан. По официальной версии причиной катастрофы стал взрыв центрального топливного бака из-за короткого замыкания в электросети и воспламенения паров топлива [14].

#### ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ ТОПЛИВ ДЛЯ ВРД

Требования к качеству топлив для ВРД изначально значительно выше по сравнению с автомобильными бензинами и дизельными топливами. И это правильно, ведь во время полета отсутствует возможность устранить возникновение неполадок в работе ЛА. Например, некоторые стандарты на дизельное топливо допускают содержание в нем незначительного количества воды. Однако в топливах для ВРД наличие воды и механических примесей является недопустимым, так как при очень низких температурах вода в топливе способствует его кристаллизации и потере текучести [15, 16]. Присутствующие в топливе механические примеси могут забивать топливные фильтры, тем самым прекращая подачу топлива. Помимо этих показателей существует ряд других, изменения которых влекут за собой ухудшение эксплуатационных характеристик

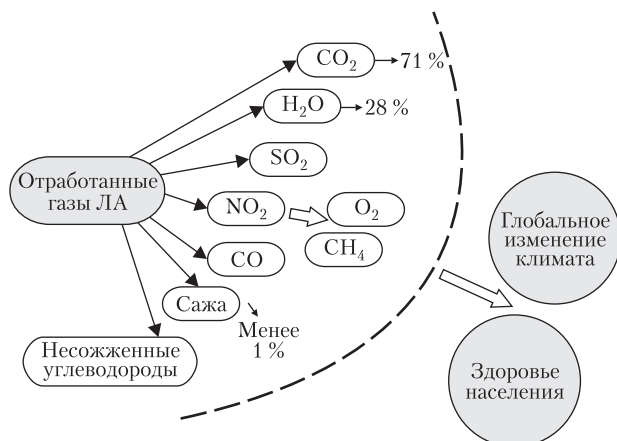


Рис. 3. Состав отработанных газов ЛА [5, 17]

топлива. Так, наличие в топливе смол приводит к образованию различных отложений на деталях двигателя, а содержание серы, кислот и щелочей повышает коррозионную активность топлива [16].

Формально неудовлетворительным качеством авиационного топлива считается отклонение его показателей от регламентируемых стандартами. Однако имеется еще целый ряд факторов, связанных с природой топлива, которые могут привести к отказу авиационной техники, например, к быстрому износу деталей топливного насоса из-за пониженной смазочной способности хорошо очищенных топлив, перегреву жаровых труб вследствие интенсивного излучения сажистого пламени и др. В связи с такими жесткими требованиями к качеству авиационные топлива проходят несколько стадий контроля качества на всех этапах от производства до заправки топливного бака самолета [4, 10].

### ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ТОПЛИВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В последнее десятилетие началось интенсивное движение за улучшение экологической ситуации во всех сферах человеческой деятельности. Авиация — не исключение из этих правил. Говоря об экологической безопасности реактивного топлива, следует отметить, что

оно должно оказывать минимальное влияние на окружающую среду на всех этапах его эксплуатации (производство, транспортировка, хранение, заправка ВС и непосредственно использование). Особенно остро стоит вопрос о выбросах продуктов сгорания топлив в атмосферу, их объемах и компонентных составах. Современная авиация — один из основных потребителей нефтяных ресурсов в виде авиабензина и топлив для ВРД. Большая часть парка ГА использует топливо для ВРД и ответственна за 2 % мировой эмиссии CO<sub>2</sub> [17]. По данным, представленным TV Discovery Channel, во время полета один самолет выбрасывает около 71,5 кг CO<sub>2</sub> на 1 км. Как и в случае автомобильных топлив, конечным продуктом сгорания топлив для ВРД являются отработанные газы, содержащие ряд вредных веществ, среди которых следует назвать чадный газ, оксиды серы, азота, несожженные углеводороды, сажа и др. (рис. 3) [5, 17, 18]. Топлива для ВРД должны быть безопасными и не влиять отрицательно на здоровье человека.

Качество топлива для ВРД, а соответственно, и состав отработанных газов определяются природой и свойствами сырья, способами получения базовых фракций, методами их очистки и смешивания, свойствами применяющихся присадок [4, 10, 16]. Традиционно топлива для ВРД получают из нефти, которая состоит из углеводородов различных классов и содержит определенное количество воды, механических примесей и некоторых гетероатомных соединений. Экологические характеристики современных нефтяных топлив для ВРД определяются, главным образом, содержанием в них гетероатомных соединений, таких, как сера [5, 17, 18]. Сернистые соединения влияют на содержание оксидов серы в отработанных газах ЛА и, следовательно, на их токсичность. Наличие в топливе ароматических углеводородов также является немаловажным показателем при оценке его экологических характеристик. Ведь именно полициклические ароматические соединения оказываются основным

источником сажи в отработанных газах ЛА, в связи с чем содержание указанных компонентов в топливе строго нормируется и подлежит тщательному контролю [4].

### ВЫВОДЫ

Таким образом, следует отметить, что чистота и качество топлива для ВРД напрямую связаны с надежностью и безопасностью работы ВС. Использование высококачественного топлива для ВРД позволяет снизить вероятность возникновения неполадок в работе силовых установок ЛА и, соответственно, избежать их отказов. На сегодня актуальной остается оптимизация физико-химических и эксплуатационных свойств топлива с целью обеспечения оптимальной работы двигателя, повышения его надежности и долговечности. Кроме того, в последнее десятилетие весьма актуальной проблемой стало ухудшение состояния окружающей среды вследствие процессов производства и использования нефтяных авиационных топлив. В связи с этим ученые большинства развитых стран работают над поиском путей улучшения экологических характеристик топлив для ВРД с целью снижения влияния их на окружающую среду. Одним из наиболее перспективных путей решения этой проблемы является использование биотоплив, т.е. топлив, полученных из возобновляемого растительного сырья. Применение таких топлив позволит минимизировать негативное влияние на окружающую среду, а также сократить выбросы вредных веществ в результате работы ВС.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Объем международных пассажирских авиаперевозок превысил докризисный уровень* [Электронный ресурс] / Электронный деловой журнал «Экономические известия»: eizvestia.com, 2007–2012. — Режим доступа: <http://world.eizvestia.com/full/>. — 26.06.2012.
2. *Залишки та використання енергетичних матеріалів та продуктів перероблення нафти за 2011 рік*. Статистичний бюлетень / Державна служба статистики України. — 2012. — 61 с.
3. *Яновский Л.С., Дубровкин Н.Ф., Галимов Ф.М. и др.* Горюче-смазочные материалы для авиационных двигателей. — Казань: Мастер Лайн, 2002. — 400 с.
4. *Андрійшин М.П., Марчук Я.С., Бойченко С.В., Рябоконь Л.А.* Газ природний, палива та оливи. — Одеса: Астропринт, 2010. — 232 с.
5. *Hileman J.I., Wong H.M., Waitz I.* Near-Term Feasibility of Alternative Jet Fuels. — Santa Monica, California: RAND Corporation, 2009. — 120 p.
6. *Бойченко С.В., Иванов С.В., Бурлака В.Г.* Моторные топлива и масла для современной техники. — К.: НАУ, 2005. — 216 с.
7. *Aviation Safety Network* [Электронный ресурс] / Flight Safety Foundation: aviation-safety.net, 1996–2012. — Режим доступа: <http://aviation-safety.net/statistics/>. — 25.06.2012.
8. *Никитин Г.А., Чирков С.В.* Влияние загрязнений жидкости на надежность гидросистем летательных аппаратов. — М.: Транспорт, 1969. — 143 с.
9. *Наиболее часто самолеты падают в США и Российской Федерации* [Электронный ресурс] / ООО «Авиа Порт»: aviaport.ru, 2009–2012. — Режим доступа: <http://www.aviaport.ru/digest/2007/03/23/118096.html/>. — 26.06.2012.
10. *Яновский Л.С., Дмитренко В.П., Дубровкин Н.Ф.* Основы авиационной химмотологии. — М.: МАТИ, 2005. — 680 с.
11. *Авиационные происшествия, инциденты и авиакатастрофы в СССР и России* [Электронный ресурс]: air-disaster.ru, 2006–2012. — Режим доступа: <http://www.airdisaster.ru/>. — 23.06.2012.
12. *Резнико М.Е., Старостенко Г.К.* Химия и авиационные горючие и смазочные материалы. — Харьков: Издательство ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1977. — 300 с.
13. *Катастрофа самолета Ан-124 «Руслан»* [Электронный ресурс] / Информационный портал «Грот»: darkgrot.ru, 2006. — Режим доступа: <http://www.darkgrot.ru/cult/momento-mori/aviakatastrofi-/article/>. — 25.06.2012.
14. *Авиакатастрофы 1972–2012* [Электронный ресурс] / Сайт-справочник aircrash.ucoz.net, 2010–2012. — Режим доступа: <http://aircrash.ucoz.net/publ/3-1-0-46>. — 24.07.2012.
15. *Аксенов А.Ф.* Авиационные топлива, смазочные материалы и специальные жидкости. — М.: Транспорт, 1965. — 187 с.
16. *Большаков Г.Ф., Глебовская Е.А.* Гетероорганические соединения реактивных топлив. — Ленинград: Гостехиздат, 1962. — 220 с.
17. *Voichenko S. Yakovleva A.* Prospects of biofuels introduction into aviation // Transport engineering and management: Proceedings of the 15-th conference for Lithuania Junior researchers. Science — future of Lithuania, 4 May 2012. — Vilnius: Technika. — 2012. — P. 90–94.
18. *Яновский Л.С., Федоров Е.П., Варламова Н.И.* Альтернативные реактивные топлива: проблемы и перспективы // Вісник НАУ. — 2009. — № 1. — С. 108–112.

*А.В. Яковлева, С.В. Бойченко, О.О. Вовк*

ВПЛИВ ЯКОСТІ АВІАЦІЙНИХ  
ПАЛИВ НА БЕЗПЕКУ ПОЛЬОТУ  
ТА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Розглянуто залежність безпеки польотів від якості авіаційних палив. Наведені статистичні дані використання реактивних палив у світі в цілому та в Україні зокрема. Проведено аналіз авіаційних катастроф і визначена роль якості палива як причини подібних аварій, а також як фактора, що впливає на стан навколишнього середовища.

*Ключові слова:* авіаційні палива, безпека польоту, якість паливно-мастильних матеріалів, авіакатастрофа, екологічна безпека, навколишнє середовище, відпрацьовані гази.

*A.V. Yakovleva, S.V. Boichenko, O.A. Vovk*

IMPACT OF AVIATION FUEL QUALITY  
ON FLIGHT SAFETY AND ENVIRONMENT

The role of aviation fuels quality for provision of flight safety is described. Statistics on jet fuel consumption all over the world and Ukraine in particular is presented. Analysis of flight accidents is done; the role of fuel quality as a reason of such events as well as a factor affecting the environment is investigated.

*Key words:* aviation fuels, flight safety, quality of fuels and lubricants, flight accident, environmental safety, environment, exhaust gases.

Стаття надійшла до редакції 08.10.12