

УДК 662.758

С.І. Задерієнко

Львівський орден Червоної Зірки інститут Сухопутних військ  
ім. гетьмана П. Сагайдачного Національного університету "Львівська політехніка", Львів

## СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ПАЛИВА В АВІАЦІЇ

У статті аналізуються світові тенденції розвитку виробництва (споживання) альтернативних видів палива в авіації, стан передових науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт у цій галузі, перспективні напрямки розвитку наукових досліджень і можливі шляхи спрямування наукових зусиль українських дослідників у дану сферу.

**Ключові слова:** альтернативне паливо, авіація, зріджений природний газ.

### Вступ

Як відомо, забезпеченість паливними ресурсами є ключовим завданням, що визначає розвиток економіки та енергетичну безпеку будь-якої держави. Стійка тенденція зростання споживання у світі нафтових палив призвела до значного збільшення темпів витрачання непоновлюваних запасів нафти, які вже в першій половині нинішнього століття, за прогнозами вчених, будуть повністю вичерпані у всіх країнах (за винятком Іраку, Ірану і Саудівської Аравії). Людство, по суті, повинне у короткі терміни вирішити проблему свого виживання: знайти можливості і шляхи переходу з палив, що отримуються з нафти, на нові альтернативні види палива, перш за все у промисловості і на транспорті [1 – 3].

З особливою гостротою проблема переходу на нові види палива проявляється в авіації, де прогнозується постійне збільшення інтенсивності перевезень. У розвинених країнах вже сьогодні частка авіації складає близько 30% річної витрати палива на всі інші види транспорту. З цієї причини у ряді розвинених країн не припиняються роботи з удосконалення властивостей альтернативних палив, які відносяться до поновлюваних ресурсів, володіють меншою вартістю і кращою екологією.

### Основна частина

Слід зазначити, що наукові установи і науковці України проблемі використання нетрадиційних видів палива не приділяють достатньої уваги. Найбільш відомими роботами у цій області є наукові праці А.Ф. Головащенко, М.Р. Ткача, Б.Г. Тимошевського, А.П. Полякова тощо. На жаль, усі відомі наукові роботи тільки побічно та епізодично стосувались питань використання альтернативного палива в авіації. Практична відсутність серед наукових (військово-наукових) праць теоретичних розробок з окресленого питання обумовлюють актуальність дійсного наукового дослідження. Звичайно актуальності йому додають світові тенденції розвитку паливної галузі.

Британська компанія Virgin Atlantic однією з перших у світі здійснила вдалий політ комерційного літака на біопаливі. Так, 24 лютого 2008 року літак "Боїнг-747" без пасажирів на борту зробив пробний переліт з Лондона до Амстердама, використовуючи біопаливо в одному зі своїх чотирьох двигунів. Інгредієнтами біопалива була пальмова олія і олія кокоса. Використовувалося 20% біопалива у суміші із звичайним авіаційним гасом, проте президент Virgin Atlantic Річард Бренсон повідомив, що тести підтверджують можливість використання для польотів до 40% домішок біопалива. За словами Бренсона, пасажирські літаки, що літають на біопаливі, вже зовсім скоро стануть реальністю. Він підкреслив, що після сьогоденішнього польоту можна з упевненістю говорити про те, що Virgin Atlantic зможе здійснити свої плани по використанню екологічно чистого палива навіть раніше, ніж планувалося. Літак "на кокосі" підняв в повітря проблему, якою вже тривалий час займаються на Землі. Сьогодні ситуація у світі нагадує ту, що склалася у 1973 році після нафтової кризи і стрімкого зростання цін на традиційне паливо. Тоді багато хто був упевнений, що через дії ОПЕК світовій економіці загрожує колапс. Але нічого страшного не трапилося. У найкоротші терміни провідні країни знайшли "протиотруту", створивши безліч ефективних технологій економії енергії. Це був колосальний прорив. І ось стрибок цін на нафту, що відбувся у 2000 році, дав старт новій атаці на "чорне золото". Ставка робиться на його заміну біологічним паливом.

Під "біологічним" прапором наступ на нафту йде широким фронтом. У команду, яка повинна потіснити дефіцитну сировину, входять етанол, що отримується із зерна, кукурудзи і цукрового очерету, біодизель – з рапсу і сої, біомаса - зі всіх видів відходів. Серед цих претендентів поки лідирує етанол. У США, Бразилії та Європі прийняті національні програми, мета яких, на перший погляд, дуже амбітна: замінити на етанол традиційні моторні палива.

Майже за рік до підняття у повітря Боїнга-747 британської компанії Virgin Atlantic свої досліджен-

ня оприлюднила Франція. 18 червня 2007 у Франції компанія CFM International успішно провела початкові випробування роботи авіадвигуна CFM56-7B на суміші авіаційного гасу і біопалива. Випробування пройшли на заводі Snecma під Парижем. У авіагас Jet-A1 було додано 30% біодизелю, отриманого з рослинних жирів.

CFM International – спільне підприємство Snecma (SAFRAN Group) і General Electric Company. CFM International бере участь у різних програмах, створених з метою скорочення емісії парникових газів: CAP (Climate Action Partnership, США), Calin (Франція), Alpha-bird (Євросоюз).

Двигун CFM56-7B встановлюється на літаках Boeing 737-600/-700/-800/-900. До двигуна не вносилися ніякі зміни. Метою випробувань було скоротити викиди CO<sub>2</sub> на 20% і перевірити, чи не відбувається при цьому втрати потужності. У даний час більше 500 двигунів CFM56-7B встановлено на літаки Boeing 737. З середини 90-х років двигуни на працювали більше 50 млн. операційних годин.

У Франції також проводяться випробування сумішей гасу з біопаливами другого покоління (спирти на основі біобутанолу), які виробляються з біомаси. Прихильники "екологічного" палива вважають, що його використання скоротить викиди газів, що викликають парниковий ефект, а також зменшить екологічну залежність від корисних копалин.

На альтернативні види палива хочуть перейти й інші авіакомпанії. Так, на початку лютого 2008 р. авіабудівна компанія Airbus відправила до випробувального польоту найбільший пасажирський лайнер у світі, A380, щоб випробувати синтетичну нафту. Є певні напрацювання у цій галузі й у найбільшого в Україні виробника авіаційних двигунів - відкритого акціонерного товариства (ВАТ) "Мотор Січ".

Великою проблемою біопалива є те, що більшість його видів замерзає на великій висоті. Інша складність пов'язана з екологією: виробництво багатьох видів біопалива насправді завдає шкоди сільському господарству. В окремих дослідженнях, зокрема, йдеться про те, що переробка первинної сировини у біопаливо обертається набагато більшими викидами шкідливих речовин в атмосферу, ніж при використанні звичайного палива. Саме тому більш цікавими розробками, на наш погляд, в авіабудівній сфері є досвід російських компаній ВАТ "Туполев" та ВАТ СНТК ім. Н.Д. Кузнецова. Тут досить ефективно працюють над розробкою двигунів, у яких альтернативним авіаційним паливом є криогенне, зокрема, зріджений природний газ (CH<sub>4</sub>). У даний час саме Росія займає передові позиції у вирішенні проблеми становлення криогенної авіації (kyos - холод, genes - народжений) [3].

У середині 1980-х років на базі пасажирського лайнера Ту-154 фахівці ВАТ "Туполев" створили літак, що працював на зрідженому газовому паливі – рідкому водні. Це був лайнер Ту-155, або, як його називали, - лабораторія, що літає. Лабораторія Ту-155 вперше піднялась у повітря 15 квітня 1988 року.

Рідкий водень – майже ідеальне екологічно чисте паливо, що виділяє при згоранні в основному воду і незначну кількість оксидів азоту. За теплотворною здатністю водень втричі перевершує традиційний авіаційний гас. У той же час водень вибухонебезпечний, зберігати і транспортувати його можна тільки в рідкому стані при дуже низьких температурах, близьких до абсолютного нуля (мінус 273°С). І це являло на той час дуже серйозну проблему, досить скоро робота над силовою установкою на рідкому водні була призупинена.

Розробники звернули увагу на зручніший в експлуатації зріджений природний газ (ЗПГ) - найчистіше і значно дешевше викопне паливо. Як і водень, ЗПГ значно менше забруднює навколишнє середовище, його теплотворна здатність на 15 відсотків вища, ніж у авіаційного гасу. Та і зберігати ЗПГ у рідкому вигляді набагато простіше (температура може бути близько мінус 160°С, що майже на 100 градусів вище, ніж при зберіганні рідкого водню). Упровадження в якості авіаційного палива ЗПГ знайшло відображення у "Програмі розвитку цивільної авіаційної техніки Росії на 2002-2010 роки і на період до 2015 року".

Перші польоти на ЗПГ в січні 1989 року показали, що в порівнянні з гасом питома витрата палива знижується приблизно на 15 відсотків, а економічність повітряного лайнера істотно зростає, оскільки собівартість ЗПГ у декілька разів нижча, ніж гасу. Експериментальні польоти Ту-155 дали безцінний досвід для подальшого удосконалення авіаційних криогенних паливних систем. Зараз у Росії створюється новий літак на криогенному паливі – Ту-156, призначений для комерційної експлуатації (замовник – російський "Газпром").

На відміну від свого попередника (серійного літака Ту-154М) Ту-156 оснащується трьома двигунами НК-89 з роздільними паливними системами (одна штатна для гасу, інша криогенна для ЗПГ). Як і НК-88, новий двигун обладнаний турбонасосним агрегатом, який приводиться в дію повітрям, що поступає з компресора турбореактивного двигуна. За турбіною знаходиться теплообмінник. У ньому рідкий газ нагрівається, переходить у газоподібний стан і поступає в камеру згорання двигуна, де встановлені газові і гасові форсунки. Всі криогенні крани і клапани забезпечені електроприводами. На криогенних баках і трубопроводах встановлена апаратура для вимірювання кількості і рівня палива, його температури і тиску. На правому і лівому бортах змонтовані заправний і дренажний штуцери. Час повної заправки літака складає 30 хвилин.

Проектувальники Ту-156 розглянули безліч варіантів розміщення паливного бака й обрали той, при якому не порушується аеродинаміка, зберігаються стійкість і керованість машини. Основний криогенний бак ємкістю 13 тонн, діаметром більше 3 м і завдовжки майже 5,5 м розмістили на місці заднього пасажирського салону, а центровочний (на

3,8 тонни) – в передньому багажному відділенні під підлогою кабіни пілотів. Основну ж частину пасажирського салону перетворили на вантажний відсік.

Паливні баки для ЗПГ виготовили з алюмінієвого сплаву і покрили теплоізоляцією з пінополіуретану завтовшки близько 50 мм. Такі баки не тільки зберігають низьку температуру – близько мінус 160° С, але і витримують надмірний тиск до 0,2 МПа. Як і в Ту-155, криогенні баки Ту-156 обладнали дренажною системою, що скидає пари метану в нештатних і аварійних ситуаціях. При нормальній роботі тиск пари не перевищує допустимих норм.

Проблема особливої важливості – вибухова і пожежна безпека. На повітряних судах, що працюють на ЗПГ, вона має свою специфіку. Якщо порушується герметичність паливної системи літака, заправленого традиційним паливом – гасом, він, як рідина слабого випаровування, заповнює порівняно малий об'єм, і хоча виявити витік дуже важко, небезпека пожежі або вибуху не така велика. На літаках, що працюють на ЗПГ, все набагато серйозніше. У разі витоку газу з паливної системи він швидко заповнює відсіки планера. Щоб уникнути можливого займання метану, з них прибирають все електроустаткування і встановлюють газоаналітичні датчики, що сигналізують про аварійну ситуацію. Окрім цього у відсіках передбачена примусова вентиляція.

При такому компоновальному рішенні вантажність Ту-156 знизилася з 18,8 тонни (у базового Ту-154М) до 14 тонн. Але конструктори вказують на інші економічно вигідні рішення. Дальність перевезення вантажу, за розрахунками, буде не менше 2600 км при роботі на ЗПГ, а на ЗПГ і гасі - 3200 км. Завдяки двом роздільним паливним системам (для гасу і ЗПГ) Ту-156 зможе заправитися газом, зробити політ в аеропорт, де поки що немає устаткування для його виробництва і зберігання, і відлетіти звідти на гасі. У нештатній ситуації перейти з одного виду палива на інший можна всього за 5 секунд. Ці переваги підвищують безпеку польотів і роблять авіалайнери на ЗПГ мобільнішими.

### Висновки

Таким чином, проведені у ВАТ СНТК ім. Н.Д. Кузнецова НДР, ДКР і результати стендових і льотних випробувань показали, що основні питання створення авіаційних систем, що працюють на ЗПГ, визначені. Зараз ці роботи у Росії йдуть у рамках

Федеральної програми "Розвиток криогенної аерокосмічної і іншої транспортної техніки", що фінансується з держбюджету. Завершення цих робіт надасть поштовх на початок ширшого застосування скрапленого природного газу в російській авіації, ліквідує проблему браку авіаційного палива і, цілком імовірно, знизить вартість авіаперевезень. Зокрема, у Росії вже зараз розробляються модифікації сучасних літаків, які зможуть літати на ЗПГ, в їх числі пасажирський лайнер нового покоління Ту-204.

Україні наразі потрібно вивчати світові тенденції використання альтернативного палива в авіації і змінювати нормативно-правову базу паливної галузі. Можна погодитись з тим, що значна частина українських проблем пов'язана з недосконалістю законодавчої бази та постійним внесенням змін до неї. Майже всі закони України, які спрямовані на розвиток пріоритетних напрямків економіки та стимулювання інноваційної діяльності, не працюють та мають декларативний характер.

Наша держава має достатньо потужні поклади природного газу у Шебелинці, отже щоб польоти літаків в Україні на ЗПГ стали реальністю, потрібно поєднати наукові зусилля у напрямку створення таких літаків та розбудови в аеропортах розгалуженої наземної інфраструктури. Це, перш за все, авіадвигуни, що працюють на ЗПГ, установки для зріджування газу і газозаправне устаткування в аеропортах, газоперекачувальні і газорозподільні станції і т.п. Крім того, вже зараз наукові зусилля доцільно спрямовувати на застосування в авіації й інших видів альтернативного палива, зокрема, палива біологічного походження.

### Список літератури

1. Пюрко І.М., Задерієнко С.І. Використання альтернативних видів палива як засіб підвищення готовності військ // Наука і оборона. – 2008. – № 1. – С. 47-49.
2. Тимошевський Б.Г., Ткач М.Р. Альтернативные топлива для тепловых двигателей // Авиационно-космична техніка і технологія: Зб. наук. праць. Двигуни та енергоустановки. – Х.: Нац. аерокосмічний ун-т «ХАІ», 2001. – Вип. 26. – С. 13-18.
3. Разработка самолетов на криогенных топливах. – [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <http://www.tupolev.ru>.

Надійшла до редколегії 19.05.2008

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Фоменко, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МИРОВЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ТОПЛИВА В АВИАЦИИ

С.И. Задерієнко

*Анализируются мировые тенденции развития производства (потребление) альтернативных видов топлива в авиации, состояние передовых научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в этой отрасли, перспективные направления развития научных исследований и возможные пути направления научных усилий украинских исследователей в данной сфере.*

**Ключевые слова:** альтернативное топливо, авиация, сжиженный природный газ.

### WORLD TENDENCIES OF THE USE OF ALTERNATIVE FUEL ARE IN AVIATION

S.I. Zaderienko

*In the article world progress of production (consumption) of alternative types of fuel trends are analysed in an aviation, consisting of front-rank research and experimental-designs works of this industry, perspective directions of development of scientific researches and the ways of direction of scientific efforts of the Ukrainian researchers are possible in this sphere.*

**Keywords:** alternative fuel, aviation, liquefied natural gas.