

УДК 662.75.004.12:658(045)

Оксана Андріївна Абазіна,
аспірант кафедри фінансів, обліку і аудиту ІЕМ НАУ

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕТИЧНОГО РІДКОГО ПАЛИВА АВІАПІДПРИЄМСТВАМИ

У статті визначено необхідність використання альтернативних видів палива авіатранспортними підприємствами. Розглянуто особливості застосування традиційних реактивних палив і виявлено економічні переваги використання синтетичного рідкого палива з бурого вугілля, які пов'язані з можливістю зниження енергетичних витрат.

Постановка проблеми. Однією із суттєвих проблем розвитку авіатранспортних підприємств виступає недолік паливно-енергетичних ресурсів та велика енергоємність. Згідно статистики Міжнародної організації цивільної авіації (ICAO – The International Civil Aviation Organization) витрати авіакомпаній на паливо в останнє десятиліття склали від 12 до 25% загальних експлуатаційних витрат. Необхідно відмітити значне коливання цін на паливо через їх ринкову нестабільність. Витрати на паливо і нафту в останнє десятиліття склали від 10 до 15% загальних експлуатаційних витрат регулярних авіакомпаній.

Згідно з опитуванням 197 керівників з 101 авіакомпанії світу, яке було проведене спеціалістами компанії Sabre Airline Solutions, виявлено фактори, що впливають на галузь, та визначено актуальні проблеми галузі. Авіакомпанії представляють три регіони з найбільш інтенсивними повітряними перевезеннями. До першого регіону увійшла Північна Америка (62 чол., 32% опитуваних), до другого регіону були об'єднані Європа, Близький Схід та Африка (72 чол., 36%), до третього – Азія та Латинська Америка (63 чол., 32%). Проведене дослідження показало, що вартість палива хвилює майже всіх опитуваних (94%). Серед факторів, що найбільше заважають зростанню прибутковості бізнесу авіакомпаній, на першому місці, відповідно до результатів опитувань, виявилися паливні витрати (91%).

Наведене зумовлює необхідність пошуку та використання альтернативних енергоносіїв.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питанням енергетичного забезпечення діяльності господарських суб'єктів присвятили свої праці С.В. Бойченко [1], Р.В. Шерстюк [2], Г.Г. Бурлака [3] та інші. Вказані автори визначають технічні схеми та умови використання альтернативних видів палива.

Невирішена раніше частина загальної проблеми. Проте, залишається не вирішеним завдання обґрунтування економічної доцільності використання синтетичного жидкого палива підприємствами авіаційного транспорту.

Мета статті та виклад основного матеріалу. Метою даної статті виступає доказ економічної доцільності виробництва синтетичного рідкого палива з бурого вугілля для потреб авіатранспортних підприємств.

Сучасна авіація в основному оснащена повітряно-реактивними двигунами (ПРД). В цих двигунах паливо до камери згоряння подається безперервно, і, внаслідок цього, процес згоряння проходить постійно. Лише для запуску двигуна використовують стороннє запалювання. Також, безперервно поступає до камери згоряння ПРД й

повітря (потрібне для спалювання палива), попередньо стиснене та нагріте у компресорі. Газоподібні продукти згоряння з камери згоряння поступають до турбіни, де частина теплової енергії перетворюється в механічну роботу обертання колеса турбіни, від валу якого приводиться в рух ротор компресору, а також паливний та масляний насоси. Після турбіни продукти згоряння палива у вигляді газового потоку проходять реактивне сопло та, розширюючись в ньому, створюють реактивну силу тяги, за допомогою якої й здійснюється політ літака.

У ПРД паливо з баків літака під невеликим тиском (0,02-0,03Мпа) подається насосом, що підкачує, через систему фільтрів тонкого очищення до основного паливного насоса-регулятора високого тиску (0,8-1,0 МПа).

За допомогою останнього паливо, проходячи через форсунку, розпилюється у камері згоряння у підігрітий та сильно завихрений потік, що забезпечує збільшення поверхні випаровування палива та рівномірне розповсюдження його парів по всьому об'єму камери згоряння двигуна. У турбореактивних двигунах паливо, проходячи через паливно-масляний радіатор, знижує температуру мастильного масла, т.е. виконує функцію охолодження середина. Крім цього, паливо використовують також для змазування(змащення) деталей тертя паливних насосів. Також, змінюючи подачу палива за допомогою паливорегулюючої апаратури, регулює швидкість польоту літака.

Основні властивості реактивних палив:

- добра випаровуваність для забезпечення повноти згоряння;
- високі повнота та теплота згоряння, які забезпечать дальність польоту літака;
- добрі прокачуваність та низькотемпературні властивості для забезпечення подачі паливу до камери згоряння;
- низька схильність до утворення відкладень, що характеризується високою хімічною та термоокислювальною стабільністю;
- добра сумісність з матеріалами: низькі протикорозійні властивості по відношенню до металів та відсутність впливу на гумові технічні вироби;
- добрі протизносні властивості, які обумовлюють невелике зношування деталей паливної апаратури;
- антистатичні властивості, що перешкоджають накопиченню зарядів статичної електрики, що забезпечує пожежобезпечність при заправці.

Основна електризація відбувається на фільтрах тонкої очистки. Електризація палива при фільтрації може зростати у 200 разів. Тому зі зростанням вимог до чистоти палива, т.е. зі зростанням тонкощі фільтрації небезпека займання паливно повітряних сумішей від розрядів статичної електрики значно зростає.

Існують різні технічні способи захисту від статичної електрики: нейтралізатори, азотування повітряних подушек над паливом, протиелектризуючі фільтри. Проте вони лише локально вирішують проблему.

Єдиним способом, що забезпечує і гарантує безпеку прокачування палива та заправки авіатехніки і танкерів, є застосування антистатичних присадок.

Реактивні палива виробляють для літаків дозвукової авіації за ГОСТ 10227-86 та для надзвукової авіації за ГОСТ 12308-09. Згідно ГОСТ 10227-86 передбачено виробництво п'яти марок палива: ТС-1, Т-1, Т-1С, Т-2 та РТ. За ГОСТ 12308-89 виробляють дві марки палива: Т-6, Т-8В.

Масовими паливами в теперішній час практично є палива двох марок: ТС-1 (вищого та першого сортів), РТ (вищої категорії якості).

Основна сировина для виробництва масових реактивних палив – середнедистилятна фракція нафти, що википає в межах температур 140-280⁰С.

Паливо ТС-1. В залежності від якості нафти, що переробляється (вмісту меркаптанів та загальної сірки у дистилятах) паливо отримують або прямою перегонкою, або у суміші з гідроочищеним чи демеркаптанізованим компонентом (сумішеве паливо). Вміст демеркаптанізованого компоненту у суміші не повинно перевищувати 70% щоб уникнути значного зниження протизносних властивостей. Гідроочищення використовують, коли у керосинових дистилятах нафти вміст загальної та меркаптанової сірки не відповідає вимогам стандарту, демеркаптанізацію – коли тільки вміст меркаптанової сірки не відповідає вимогам стандарту. З процесів демеркаптанізації практичне застосування в нашій країні та за кордоном знайшов процес «Мерокс» та його модифікації. У процесі «Мерокс» загальна кількість сірки не зменшується, при цьому меркаптани, що вміщуються у дистилятах, окислюються в дисульфіди киснем повітря у присутності спеціального каталізатору. Процес проходить у лужному середовищі.

Паливо Т-1. Продукт прямої перегонки малосірчаних нафт нафтеносної основи з межами википання 130-280⁰С. Вміщує велику кількість нафтових кислот та має високу щільність, тому його піддають залуговуванню з наступною промивкою водою (для видалення натрієвих мил нафтових кислот, що виникли в результаті процесу залуговування).

Наявність значної кількості гетероатомних з'єднань, в основному кисневмісних, обумовлює, з однієї сторони, відносно добрі протизношувальні властивості та достатньо прийнятну хімічну стабільність палива, а з іншої – низьку термоокислювальну стабільність.

Значний досвід застосування палива Т-1 в авіації показав, що внаслідок його низької термоокислювальної стабільності мають місце підвищені смолисті відкладення у двигуні НК-8, встановленому на основних типах літаків цивільної авіації (У-154, ІЛ-62, ІЛ-76), в результаті чого різко (майже у 2 рази) скорочуються строки служби двигуна. Виробництво палива Т-1 дуже обмежено, його виробляють лише за першою категорією якості.

Паливо Т-2 (першої категорії якості) – продукт прямої перегонки широкого фракційного складу, що википає при температурі від 60 до 280⁰С; вміщує до 40% бензинової фракції, що обумовлює високий тиск його насичених парів та низькі в'язкість і щільність. Підвищений тиск насичених парів палива Т-2 створює небезпеку утворення парових пробок у паливній системі літака, що обмежує висоту його польоту. Низька в'язкість обумовлює зниження показників зносостійкості палива, що обмежує строк служби паливних агрегатів, а низька щільність обмежує дальність польотів. Паливо Т-2 є резервним по відношенню до палив ТС-1 та РТ.

Паливо РТ отримують, як правило, гідроочищенням прямокутних дистилятів з межами википання 135-280⁰С. В якості сировини для гідроочищення використовують дистиляти, з яких неможливо отримати паливо ТС-1 через підвищений понад норми вміст загальної та меркаптанової сірки.

При гідроочищенні з нафтового дистиляту видаляються агресивні та нестабільні з'єднання, що вміщують сірку, азот та кисень, при цьому підвищується термічна стабільність, як було раніше вказано, та знижується корозійна агресивність палива. Для покращення знижених в результаті застосування гідрогенізаційних процесів хімічної стабільності та властивостей зносостійкості в паливо вводять

антиокислювальні присадки, які підвищують зносостійкість. При переробці малосірчаних західно-сибірських нафт паливо РТ може бути отримано прямою перегонкою з введенням антиокислювальної присадки та присадки, що попереджує зношування для зберігання високого рівня експлуатаційних показників. Паливо РТ повністю відповідає вимогам, що пред'являються до реактивних палив вищої категорії якості, та знаходиться на міжнародному рівні, перевершуючи його за окремими експлуатаційними властивостями.

Воно має високі показники зносостійкості, хімічну та термоокислювальну стабільність, не агресивно у відношенні конструкційних матеріалів, практично не вміщує меркаптанів та вміщує менше 0,02% загальної сірки, може зберігатися до 10 років без зміни якості та повністю забезпечує ресурс роботи двигуна.

Паливо Т-6 отримують, застосовуючи процеси глибокого гідрування.

Паливо Т-8В отримують з дистилатів прямої перегонки нафти з застосуванням процесу гідроочищення. При переробці малосірчаних нафт паливо може бути отримано прямою перегонкою нафти. У паливо Т-6 та Т-8В для покращення хімічної стабільності та підвищення показників зносостійкості вводять присадки: антиокислювальну Агідол-1 0,003-0,004% (мас.частка) та для підвищення зносостійкості «К» - 0,002-0,004% (мас.частка).

Синтетичне рідке паливо, горючі рідини, отримані синтетичним шляхом та ті, що використовуються у двигунах внутрішнього згорання. Синтетичне рідке паливо синтезують із суміші СО та Н₂, що виробляються з природних газів та вугілля, процес проводять при підвищених температурах та в присутності каталізаторів - Ni, Co, Fe (метод Фішера - Тропіша). В залежності від умов процесу, отримане синтетичне рідке паливо містить різну кількість парафінових та олефінових вуглеводнів, в основному нормальної будови.

Вперше синтетичне рідке паливо у значній кількості виробляли у Німеччині в період другої Світової війни 1939-1945 р.р., що було зв'язано з нестачею нафти. Синтез проводили при 170-200⁰С, тиску 0,1-1 Мн/м² (1-10 ат) з каталізатором на основі СО; в результаті отримували бензин (когазин I, або синтин) з октановим числом 40-55, високоякісне дизельне паливо (когазин II) з цетановим числом 80-100 та твердий парафін. Додавання 0,8 тетраетилсвинцю на 1л бензину підвищувало його октанове число з 55 до 74. Синтез з використанням каталізатору на основі Fe проводився при 220⁰С та вище, під тиском 1-3 Мн/м² (10-30 ат). Бензин, який був отриманий при цих умовах, вміщував 60-70% олефінових вуглеводнів нормальної та розгалуженої будови; його октанове число 75-78. У подальшому виробництво синтетичного рідкого палива з СО та Н₂ не отримало широкого розвитку через його високу вартість та низьку ефективність використаних каталізаторів.

Вирішення проблеми забезпечення двигунів внутрішнього згорання ефективними видами альтернативних палив, виготовлених з нафтової сировини, мають більшу актуальність для України.

З метою створення сучасної технології отримання синтетичних рідких палив з бурого вугілля група вчених здійснила цикл фундаментальних наукових досліджень складу та структури бурого вугілля та закономірностей їх зміни в залежності від віку. В результаті проведених досліджень були встановлені фізико-хімічні умови створення та розпаду різних зв'язків, якими з'єднані між собою ароматичні, гідроароматичні, гетероциклічні та аліфатичні фрагменти, що входять до складу високомолекулярних природних полімерів вугілля. Було встановлено, що для більш молодого бурого вугілля

характерним є більш високий вміст гетероатомів, а макромолекули в структурі цього вугілля з'єднуються між собою, переважно, за допомогою електронно-донорно-акцепторних механізмів.

У процесі проведення дослідження було встановлено нове явище – при визначених умовах взаємодії бурого вугілля з реакційною середою буре вугілля з твердого агрегатного стану переходить у рідкий агрегатний стан при кімнатній температурі та атмосферному тиску, та встановлені граничні умови фазових переходів.

Це відкриття дозволило на його основі створити сучасну технологію отримання синтетичних рідких палив з бурого вугілля. Дана технологія включає наступні основні стадії: зрідження, очищення та плазмохімічний каталітичний крекінг.

На першій стадії здійснюється процес зрідження бурого вугілля. В розмольно-змішувальний апарат, який являє собою двочерв'ячний змішувач безперервної дії, завантажуються буре вугілля та модифікуючі добавки. В процесі розлому та гомогенізації компонентів суміші змінюється високомолекулярна структура, склад фрагментів, руйнуються електронно-донорно-акцепторні зв'язки, що призводить до деполімеризації бурого вугілля та перетворення його в рідку вуглеводневу суміш.

За фізико-хімічними властивостями отримана рідка вуглеводнева суміш є близькою до нафти.

Подальша переробка рідкого бурого вугілля здійснюється в умовах, аналогічних процесам переробки нафти.

Вміст мінеральних речовин в бурому вугіллі перевищує їх вміст у нафтовій сировині. При переробці бурого вугілля в синтетичне рідке паливо необхідно застосування досконалих процесів фракціонування і розділення вуглеводневої та мінеральної складових.

На другій стадії здійснюється очищення рідкого бурого вугілля від механічних домішок, зважених частинок, солей, сірки та інших компонентів, що підлягають видаленню. Очищення здійснюється оригінальним, який не має аналогів, способом - термо-гравітаційним очищенням.

Установка термо-гравітаційного очищення рідкого бурого вугілля не має частин, що обертаються і зношуються, та фільтрів, відрізняється низькими енергетичними затратами і експлуатаційними витратами.

На третій стадії здійснюється поглиблена переробка рідкого бурого вугілля в синтетичне рідке паливо.

Група вчених, які працюють в галузі фізики розрядних явищ, створила принципово нову плазмохімічну технологію переробки рідкого бурого вугілля. В основу нової технології закладені результати фундаментальних наукових досліджень властивостей цільної плазми, що дозволяють забезпечити максимальну концентрацію електрофізичного впливу на об'єкт обробки. За новою технологією, вуглеводнева сировина, на відміну від традиційного багатоступінчастого процесу, переробляється в одну стадію. На виході отримують низькооктановий бензин, високооктановий бензин, дизельне паливо та рідке паливо для енергетичних установок. Переробка вуглеводневої сировини здійснюється в плазмохімічному реакторі, який представляє собою сталевий вертикальний апарат колонного типу.

В корпусі реактора розміщений стаціонарний шар каталізатора необхідної висоти. Очищена і підготовлена вуглеводнева сировина при кімнатній температурі

рівномірно подається в колону знизу. В колону зверху подається потужний потік мікрохвильового випромінювання. В об'ємі каталізатора генерується мікрохвильова цільна плазма, каталізатор і реагент розігріваються до робочої температури, в шарі каталізатора здійснюється каталітичний крекінг вуглеводневої сировини та інші реакційні перетворення.

У верхню зону колони надходить каталізатор в газоподібному вигляді, який виводиться з колони і подається до подальшої стадії приготування палива.

Для плазмохімічної технології переробки вуглеводневої сировини створений спеціальний поліфункціональний каталізатор, який дозволяє в одну стадію при одному проході вуглеводневої сировини проводити до 4-х реакцій одночасно. При проведенні процесу не потрібно застосування водню.

В даний час розробляються ще більш ефективні технології для проведення таких процесів, які умовно можна назвати «спалювання» вугілля. Найбільш відповідними для виробництва первинного рідкого палива з вугілля є наступні:

1. Отримання рідких палив безпосередньо з вугілля:

- а) Піроліз (коксування)
- б) Зрідження розчинниками (екстракція)
- в) Гідрогенізація (взаємодія з воднем)

2. Попередньої газифікацією вугілля і подальшим отриманням палив з синтез-газу:

- а) Синтез Фішера-Тропша (одержання рідких вуглеводнів)
- б) Синтез спиртів (метанол).

Вміст загальної сірки в вуглеводневій сировині не лімітується, при цьому вміст у готових продуктах становить не більше 0,01%.

Визначено оптимальні параметри електрофізичної активації системи каталізатор-реагент для забезпечення значного підвищення ефективності конверсії вуглеводневої сировини.

Температура каталітичних перетворень знижена в середньому у 2 рази. Каталітичні процеси крекінгу вуглеводневої сировини здійснюються в діапазоні температур від кімнатної до 3000С і атмосферному тиску. При цьому швидкість реакційних процесів зростає в середньому у 200 разів.

Важливою перевагою плазмохімічної технології переробки вуглеводневої сировини є значне спрощення і здешевлення процесів переробки з одночасним збільшенням виходу бензину, дизельного палива, реактивного палива та інших цільових продуктів і підвищенням їх якості.

Нова технологія виключає витрати на проведення цілого ряду складних процесів. За рахунок цього, капітальні та експлуатаційні витрати, у порівнянні з традиційною технологією, знижуються в середньому у 10 разів.

Плазмохімічна технологія переробки вуглеводневої сировини знижує енергоємність виробничих процесів. Собівартість синтетичного рідкого палива, одержуваного з бурого вугілля, нижче, ніж собівартість рідкого палива, одержуваного з нафтової сировини.

Головною перевагою плазмохімічної технології переробки вуглеводневої сировини, безумовно, є надана нею можливість отримання моторних палив з альтернативної нафті твердої органічної сировини - бурого вугілля, в економічно рентабельних умовах.

Палива для авіаційних двигунів (керосин), отримані з бурого вугілля, за фізико-хімічними властивостями аналогічні паливам, що отримані з нафтової сировини. Спалювання цих палив в двигунах внутрішнього згоряння не вимагає модифікації двигуна.

Плазмохімічна технологія переробки сировини за сукупністю параметрів світових аналогів не має.

Основні технологічні процеси нової технології досліджені і випробувані на пілотних установках.

Як стверджують фахівці, які працюють в Одеському відділенні інженерної академії, запаси бурого вугілля в Україні, потужність вугледобувних шахт, розрізів та підприємств з первинної переробки бурого вугілля дозволяють на цій сировинній та виробничій базі організувати виготовлення синтетичного рідкого палива в обсязі 5,0 млн. тонн у рік.

Наявність в паливно-енергетичному балансі країни настільки значної кількості палива, виготовленого з власної енергетичної сировини, призведе до зниження імпорту нафти і стабілізує енергетичну галузь України.

Потужна ресурсна база дозволяє поетапно нарощувати видобуток бурого вугілля і виробництво синтетичного рідкого палива.

Для забезпечення потреб України в енергоносіях, з урахуванням перспективи їхнього безперервного зростання, Україна повинна буде щорічно виробляти 50 млн. тонн рідкого палива.

Досягнення такого рівня виробництва рідкого палива за рахунок власних джерел енергетичної сировини на основі застосування плазмохімічної технології виробництва синтетичного рідкого палива з бурого вугілля є реальним завданням. Навіть у цьому випадку запаси бурого вугілля в Україні не будуть вичерпані за 150 років.

Висновки. Таким чином, виробництво синтетичного рідкого палива з бурого вугілля - це не тільки умова, шлях до енергетичної незалежності України, а й суттєве функціонування підприємств авіаційного транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойченко С.В., Черняк Л.М., Яковлева А.В. Традиційні технології виробництва палив для повітряно-реактивних двигунів. // Вісник Національного авіаційного університету. - №2(55), 2013. - с. 195-209.
2. Р.В. Шерстюк. Механізм інноваційного розвитку нафтогазового комплексу: Монографія / Під. ред. Г.Г. Бурлаки. – К.: «Освіта України», 2006. – 218 с.
3. Бурлака Г.Г., Поп Г.С. Нефть и газ в современной экономике: НАН Украины; Ин-т биоорганической химии и нефтехимии; под ред. Н.С. Герасимчука. – К., 2004. – 296 с.

О.А. Абазина

**ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СИНТЕТИЧЕСКОГО ЖИДКОГО ТОПЛИВА**

Аннотация. В статье обоснована необходимость использования альтернативных видов топлива авиатранспортными предприятиями. Рассмотрены особенности использования традиционных реактивных топлив и выявлены экономические преимущества использования синтетического жидкого топлива из бурого угля, которые связаны с возможностью снижения энергетических затрат.

Ключевые слова: топливо, реактивные топлива, синтетическое жидкое топливо, бурый уголь, авиатранспортные предприятия.

О.А. Abazina

**RATIONALE FOR THE USE OF SYNTHETIC LIQUID FUELS
AIR ENTERPRISE**

Abstract. The article outlines the need for alternative fuels for air transport companies. The features of the use of traditional jet fuel and found economic benefits of using synthetic liquid fuel from brown coal that are associated with the ability to reduce energy costs.

Keywords: fuel, jet fuel, synthetic liquid fuels, coal, air transport enterprise.

E-mail автора статьи: abazina@ukr.net