

КИЇВСЬКИЙ МІЖНАРОДНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦИВІЛЬНОЇ АВІАЦІЇ

На пренах рукопису

Бойченко Сергій Валерійович

ДОСЛІДЖЕННЯ ВТРАТ ПАЛИВА ВІД ВИПАРОВУВАННЯ ТА РОЗРОБКА
РЕКОМЕНДАЦІЙ ПО ЇХ ЗАПОБІГАННЮ В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
АВІАЦІЙНОЇ ТЕХНІКИ

Спеціальність 05.22.14
"Експлуатація повітряного транспорту"

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандядата технічних наук

Київ 1996



00754217 (Q)

6 36.319

ис
на в Київському міжнародному
ої авіації.

Наукові керівники: член-кореспондент НАН України,
доктор технічних наук, професор О.Ф. Аксьонов
та доктор технічних наук, професор В.П. Велянський

Офіційні опоненти:
доктор технічних наук, професор С.В. Чирков та
кандидат технічних наук Ю.В. Карелін

Провідна організація: Державне підприємство
"Україна ПММ"
Департаменту повітряного
транспорту

Захист відбудеться " 26 " вересня 1996 року о 15 годині
на засіданні спеціалізованої вченої Ради Д 01.35.04.
при Київському міжнародному університеті цивільної
авіації за адресою: 252058, Київ-58, проспект
Космонавта Комарова, 1, корп.1, конференц-зал.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці КМУДА.

Автореферат розісланий " 13 " липня 1996 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої Ради
доктор технічних наук

М.С.Кулик

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Дисертаційне дослідження присвячене вирішенню актуальної еколого-економічної проблеми: забезпечення джерелами енергії нафтового походження для реактивних двигунів (РД) повітряних кораблів (ПК) і двигунів внутрішнього згорання (ДВЗ) авіаційної наземної техніки та зниження впливу летких вуглеводнів частини авіаційних видів палива, що випаровувалась, на чистоту атмосферного повітря.

АКТУАЛЬНІСТЬ

Проблема забезпечення джерелами енергії двигунів ПК і авіаційної наземної техніки в Україні є досить гострою і давно вийшла за межі економічних, а перейшла в сфери політичну, стратегічну та екологічну. Загальний стан нашого паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) характеризується тим, що ми обмежені як в ефективності нафтопереробних заводів (НПЗ), так і у власних запасах нафти. При внутрішніх потребах 40-45 млн. тонн на рік і сумарних потужностях переробки до 60 млн. тонн на рік, власний видобуток нафти не перевищує 5 млн. тонн за рік. При цьому глибина переробки нафти на НПЗ складає всього лише 52%. З іншого боку, спостерігається постійне зростання потреб в нафтових джерелах енергії. Цивільна авіація (ЦА) є одним з основних споживачів паливно-мастильних матеріалів (ПММ). Тисячі тонн різних їх сортів щорічно витрачається тільки безпосередньо на виконання польотів. Мільйони тонн нафтопродуктів (н/п) витрачає величезний зростаючий парк автомобільного транспорту, частина якого забезпечує ці польоти. Аналіз хімотологічних шляхів (прискорення темпів добування власної нафти та розвідка нових родовищ; збільшення ступеня якості переробки нафти; оптимізація якості палива; зниження питомих витрат палива під час експлуатації техніки; ефективне та раціональне використання н/п; розробка та своєчасне впровадження альтернативних видів палива) збалансованого розвитку виробництва та споживання джерел енергії для РД та ДВЗ виявив, що найбільш ефективним та реальним шляхом економії паливно-енергетичних ресурсів України є запобігання втрат н/п від випаровування (невідновних втрат). Структура втрат палива така: при сучасному споживанні літаковим парком України 150 тис. тонн авіакеросину на рік втрати від випаровування складають 7500 тонн на рік (5%), з них втрати з резервуарного парку - 562 тис. тонн (7%), з паливних баків ЛА - 1125 тонн щорічно. При

наповнюванні паливозаправника ТЗ-22 в атмосферу витискується до 3 кг легколетючих фракцій палива. А при заправці літака ТУ-154 втрачається 6,2 кг парів палива. Загальні втрати від випаровування автобензинів складають 500 тис. тонн на рік. Існуючим нормам природних втрат н/п потрібне серйозне дослідження та коригування. Тільки при заправці одного автомобіля в атмосферу "вилітає" близько 60 г легких вуглеводнів. Збиток, що завдається цими втратами, полягає не тільки в зменшенні цінної вуглеводневої сировини (економічний аспект проблеми), а й у негативному впливі на навколишнє середовище (екологічний аспект).

Проведені дослідження базуються на теоретичних та експериментальних роботах Бродського О.І., Ірисова О.С., Черникіна В.І., Константинова М.М., Бударова І.П., Абувової Ф.Ф., Гурєва О.О., Враткова О.О., Черненко Ж.С., Василенка В.Т. та багатьох інших вчених.

Економія палива за рахунок скорочення втрат від випаровування дозволить отримувати народному господарству України, зокрема авіаційній галузі, додаткову кількість цінної вуглеводневої сировини без зростання обсягу переробки нафти і без збільшення витрат на поглиблення процесу переробки сирової нафти. А також значно понизить ступінь антропогенної діяльності при експлуатації авіаційної техніки (АТ) на чистоту навколишнього середовища в районах аеропортів (АП), НІЗ, складів ПММ і т.д.

МЕТОЮ РОБОТИ є визначення втрат палива від випаровування та розробка і обґрунтування методу їх зниження в умовах експлуатації авіаційної техніки.

ОВ'ЯЗКАМИ ДОСЛІДЖЕННЯ були обрані товарні нафтопродукти, що виробляються нафтопереробною промисловістю України і застосовуються в авіації з даний час (реактивні палива типу РП і ТС-1 авіаційний бензин марки В-91\115, автомобільний А-76 та газовий стабільний бензин).

ПРЕДМЕТОМ ДОСЛІДЖЕННЯ є одна з найважливіших експлуатаційних властивостей різних видів палива - випаровуваність та спричинені нею втрати. Вагатовначуєність та суперечливість предмету дослідження зумовили ряд теоретичних і практичних завдань, рішення яких необхідно для досягнення мети роботи:

1. Розробка методики дослідження втрат різного палива від випаровування під час зберігання та при застосуванні в паливному баку ПК.

2. Проведення комплексних досліджень впливу фізико-хімічних властивостей палива та зовнішніх факторів на випаровуваність і втрати в різних умовах експлуатації АТ.

3. Проведення порівняльного дослідження величини втрат палива від випаровування в модельних паливних баках та методом застосування математичної моделі.

4. Розробка практичних рекомендацій по запобіганню втрат палива від випаровування в умовах експлуатації авіатехніки.

Для вирішення цих завдань використовувались методи аналізу згідно положень стандартів 10227-86 для реактивних видів палива, 1012-72 для авіабензину, 2084-77 для автомобільного бензину, ТУ 39-1340-89 для газового бензину. Крім того, дослідження проводились на спеціальних приладах та стендах, розроблені в НДЛ-12, які дозволяють оцінювати вплив різних експлуатаційних факторів на величину втрат.

НАУКОВА НОВИЗНА

1. Проведено комплексне дослідження впливу фізико-хімічних, теплофізичних властивостей авіаційних видів палива та зовнішніх факторів на випаровуваність і втрати палива при експлуатації літаків та в період тривалого зберігання.

2. Експериментально показано та підтверджено реалізованою на ЕОМ математичною моделлю польоту літака, що сумарні втрати палив від випаровування в баках ПК складаються з втрат на етапах набору висоти (94%) та горизонтального польоту (6%). Величина втрат може досягати 7 % мас. (для реактивних видів палива).

3. Визначена закономірність процесу випаровування в умовах продуву крізь шар палива різних газів, яка зумовлена співвідношенням швидкостей двох процесів, що одночасно проходять: барботаж та розчинення газу в об'ємі палива.

4. Обґрунтовано метод економії і раціонального використання різних видів авіапалива шляхом запобігання втрат від випаровування, а також розроблені відповідні практичні рекомендації.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ РОБОТИ полягає в розробці лабораторного приладу та методики визначення кількісних втрат палива при імітуванні умов польоту літака.

Комплексне дослідження дозволило побудувати якісну (порівняльну) та кількісну характеристику втрат палива від випаровування.

Розроблені практичні рекомендації у вигляді технологій та схем по запобіганню втрат палива з паливного бака під час польоту ПК, стоянки в АП, при заправці та тривалому зберіганні в резервуарі.

РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОБОТИ

Розроблена методика оцінки втрат різних видів палива від випаровування в умовах польоту літака використовується в науково-дослідній лабораторії №12 кафедри "Хімія та ПММ" для проведення наукових досліджень та в навчальному процесі КМУДА. Результати дисертаційної роботи використовувались при розробці рекомендацій щодо зниження втрат палива від випаровування при технологічних операціях в Одеському авіаційному підприємстві.

ПУБЛІКАЦІЇ. На основі матеріалів дисертаційної роботи опубліковано 6 друкованих праць.

АПРОВАЦІЯ РОБОТИ

Положення дисертаційної роботи були представлені та обговорювались на міжнародній конференції "Розвиток легкомоторної авіації" (Київ, КМУДА, 9-12 жовтня 1995 р.) та на XVI Звітній науково-технічній конференції університету за 1995 рік (Київ, КМУДА, 12-17 квітня 1996 року), а також на галузевих науково-технічних семінарах.

СТРУКТУРА ТА ОБСЯГ РОБОТИ

Дисертація складається із вступу, п'яти розділів, закінчення, списку літератури (120 найменувань), 4 додатків.

Загальний обсяг роботи складає 230 сторінок, 90 малюнків, 15 таблиць, 49 формул включно.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дано обґрунтування актуальності і вибору теми, що розглядається, її ролі, практичного значення. Розкрито глобальні проблеми нафтозабезпечення у світі та представлені загальні відомості про стан ПЕК України, зокрема авіаційної галузі.

Обґрунтовано найбільш ефективний і раціональний шлях економії різних видів авіаційного палива. Визначено мету і завдання дослідження.

У першому розділі на підставі праць з хімотології проведено аналіз шляхів вирішення проблеми забезпечення джерелами енергії двигунів АТ. Подана загальна характеристика втрат нафтопродуктів від випаровування в Україні в економічному та екологічному аспектах. Розглянуто теоретичні та експериментальні дослідження випаровуваності та втрат різних видів авіапалива (роботи У. Слейбо, Я.І.Френкеля, С.Г.Вретшнайдера, О.С.Ірисова, О.О.Гурєва та інших вчених). На підставі робіт Ж.С.Черненко, В.Т.Василенка, В.М.Зрелова, О.О.Литвинова, П.О.Рибакова подано короткий аналіз залежності техніко-економічних показників АТ від випаровуваності палива.

Проведено аналіз методів оцінки втрат палива від випаровування (роботи І.П.Вударова, Г.Ф.Вольшакова, В.С.Яковлева, Э.О.Сабліної, М.Д.Іванова,). Аналіз економічного та екологічного аспектів енергетичної проблеми в авіації також подано в даному розділі.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню вибору об'єктів дослідження. Описано розроблені методики та устаткування для оцінки втрат авіапалива від випаровування. Суть методики визначення якісної характеристики втрат палива від випаровування полягає в дослідженні основних фізико-хімічних та теплофізичних показників палива, які характеризують випаровуваність н/п за стандартними методами випробувань.

Визначення закономірностей впливу різноманітних факторів на втрати палива від випаровування в паливному баку проводилось на спеціально створеному автором лабораторному приладі, що дозволяє імітувати (в певній мірі наближення) експлуатаційні умови польоту літака: 1) висота - 0-20 км; 2) швидкість підйому ЛА на висоту - 0-30 м/с; 3) температура - мінус 30 - 200°C ; 4) Співвідношення газової та рідинної фаз в діапазоні від 0,25 до 9, що відповідає 80 і 10% заповнення паливного бака. Схема приладу показана на рис.1. Прилад складається з випаровувальної посудини, виготовленої з неіржавіючої сталі, всередині якої розміщено випаровувальну склянку місткістю 100 мл. Склянка в дослідно пробою поділяє посудину на дві частини: нижню - паливну склянку та верхню - барокамеру. Накривка посудини оснащена дренажним розгалуженням, яке складається з вакуумної та дренажної магістралей. Необхідне розрідження повітря в випаровувальній посудині створюється за допо-

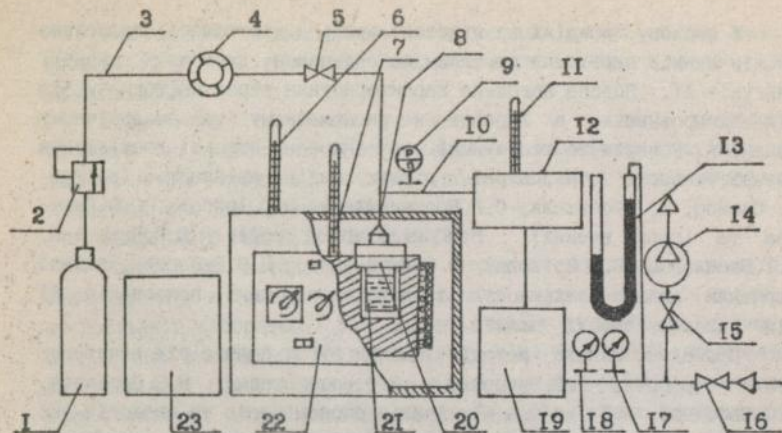


Рис.1.

Схема лабораторного приладу для дослідження втрат палив від випаровування в рівноманітних умовах експлуатації

- 1 - газовий бадон; 2 - редуктор; 3 - трубопровід дренажу;
 4 - витратомір; 5,15,16 - кран; 6,7,11 - ртутний термометр;
 8 - накривка ві штуцером; 9 - мановакууметр; 10 - вакуумний трубопровід;
 12 - конденсатор; 13 - ртутний вакууметр;
 14 - вакуум-насос; 17 - варіометр; 18 - висотомір;
 19 - збиральна посудина; 20 - випаровувальна посудина;
 21 - паливний стакан; 22 - високотемпературний блок;
 23 - низькотемпературний блок

могою вакуумного наносу, а швидкість розрідження контролюється спеціальним авіаційним приладом - варіометром ВАР-ЗОМ. Підтримання заданої температури палива забезпечується за допомогою температурно-регулюючого електронного блоку (ТРЕБ), де задана її величина підтримується автоматично і контролюється при допомозі ртутних термометрів. Швидкість продуву та витрат газу контролюється стандартним ротаметром типу РМ-06. Тиск чи вакуум візуально контролюється ртутним та механічним мановакууметрами. Для дослідження впливу стану поверхні випаровування та самого палива, а також природи газу, що продувається, на величину втрат використовувалась дренажна магістраль приладу (шляхом продуву об'єму палива імітувався "збуджений" стан поверхні випаровування).

В основу оцінки величини втрат покладено **масовий метод**. Якість вимірювань визначалась значенням відносної похибки в межах 3-7 % (що відповідає дослідженням в обмеженим числом вимірювань (доб)).

Для оцінки точності розробленого методу та вірогідності даних використовувалась методика визначення втрат на модельних баках (в масштабі 1:50).

Вивчення впливу конструкції дренажу на величину втрат від випаровування проводилось за спеціально розробленою методикою на посудинах з капілярами різного діаметру (0,25 - 40мм), суть якої вводилась до масової чи об'ємної оцінки даних досліджу.

У **третьому розділі** подані результати дослідження фізико-хімічних та теплофізичних властивостей об'єктів дослідження. На підставі цих даних складено якісну характеристику втрат палива від випаровування.

Визначено залежність величини втрат від кількісного складу в паливі низькокиплячих фракцій. Динаміка зміни фізичної стабільності вуглеводневих видів палива після введення в них пропан-бутану показана на рис.2. (температура 20°C, атмосферний тиск, $d_{отв.} = 1,5 \text{ мм}$). Ця ж закономірність перевірена зворотнім експериментом, тобто введенням до палива більш важкого компоненту (див. рис. 3).

Результати досліджень виявили залежність величини втрат від конструкції дренажного отвору. Графічне зображення цієї закономірності показане на рис.4.

В результаті експериментальних досліджень впливу зовнішніх

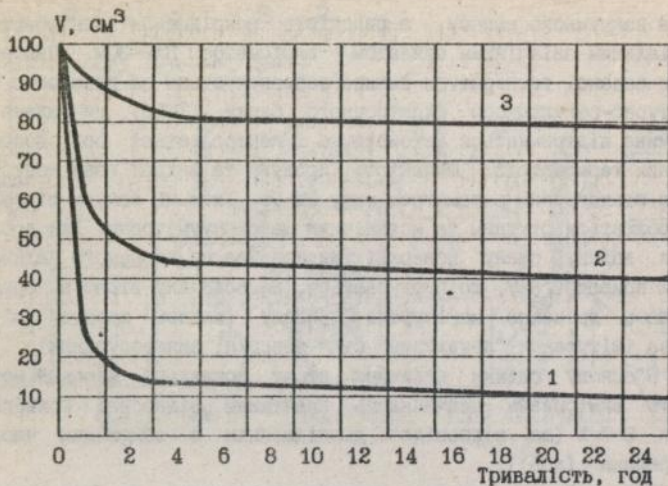


Рис. 2.

Вихід летючого компонента в шару палива РП при рівному змісті його у суміші.

1 - при співвідношенні 5:1; 2 - 1:1; 3 - 1:2

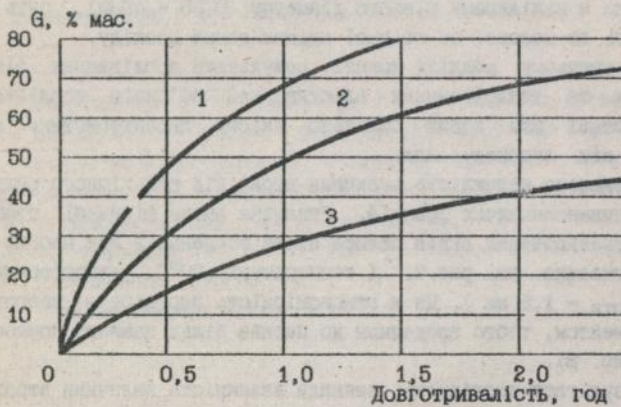


Рис. 3.

Втрати газового бензину (G) в залежності від концентрації важкого компонента у суміші ($t=45^{\circ}\text{C}$, $d_{0.1.в.} = 72 \text{ мм}$)

1-Газовый бензин; 2-суміш 1:1; 3-етилацетат ($\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_2$, $\rho=896 \text{ кг/м}^3$)

факторів на втрати від випаровування в умовах польоту літака отримані такі залежності: а) від висоти горизонтального польоту (рис. 5); б) від температури палива (рис. 6); в) від ступеня заправки паливного бака (рис. 7).

З деяким наближенням визначена математична інтерпретація кінетики випаровування в умовах різних температур. Опрацювання результатів експерименту проводилось за допомогою такого математичного апарата, як поліном, який надає можливість апроксимувати дані по методу найменших квадратів на EOM у середовищі пакету MATLAB for WINDOWS. Такий аналіз виявив, що функція має нелінійний характер, при цьому ця нелінійність другого порядку, яку в аналітичному вигляді можна записати так:

$$G(T) = 0,0002t^2 + 0,0046t + 0,0338 \quad (1)$$

Відзначена подібність термічних залежностей $P_S = f(T)$ та $G = f(T)$, що свідчить про точність такого показника, як тиск насиченої пари.

Результати досліджень даного розділу дали підставу для побудови узагальнюючої характеристики тепломасообмінних процесів та втрат палива в паливному баку в залежності від заданого профілю польоту (див. рис.8. (без урахування перемішування палива)). Механізм походження втрат такий: із збільшенням висоти польоту, внаслідок зменшення атмосферного тиску, повітря з парами палива через дренаж виходять з баку. Для підтримки рівноважного стану маса парів палива у газовій фазі буде підтримуватись постійною величиною, а сумарні втрати - збільшуються. В умовах горизонтального польоту випаровування палива в баку подібне (в деякій мірі) процесу випаровування рідини у вакуумі. На етапі зниження ПК атмосферне повітря заходить в паливний бак, що значить відсутність втрат. Встановлено, що сумарні втрати палива від випаровування у баках ПК складаються із втрат на етапах набору висоти і горизонтального польоту літака і можуть досягати 4 % мас. (дані одержані на лабораторному приладі при $t=15^{\circ}\text{C}$, $H=12\text{км}$, довготривалості польоту 90 хв. та з урахуванням перемішування палива).

Четвертий розділ присвячений дослідженню масообмінних процесів у паливних баках ПК при продуві різними газами так як можливим методом запобігання втрат від випаровування може бути герметизація паливного баку з продувкою надпаливного простору для видалення парів. Випаровуваність палива є функцією різних експлуатаційних факторів (тиску (P); температури (T); наявності рвчи-

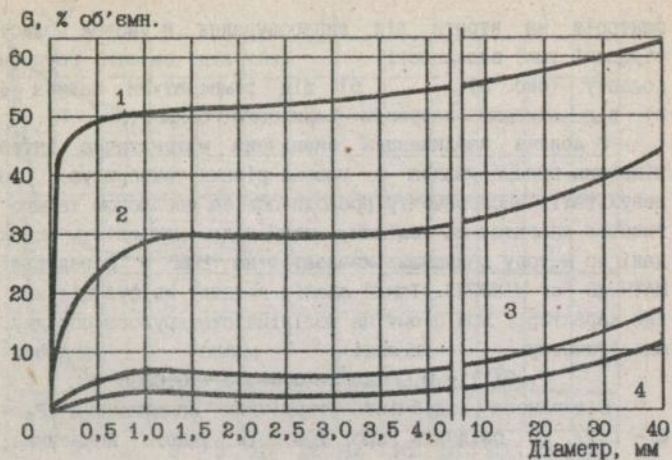


Рис. 4.
Залежність величини втрат палива (G)
від діаметра дренажного отвору

1 - В-91/115 (120°C); 2 - Г.В. (50°C); 3 - А-76 (60°C);
4 - реактивні палива (120°C)

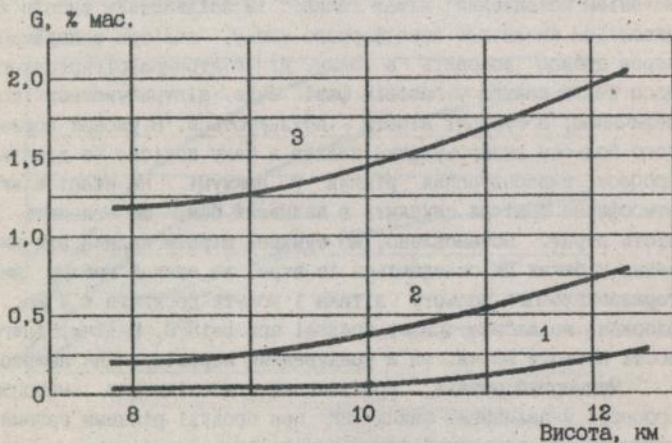


Рис. 5.
Залежність величини втрат від випаровування
реактивних видів палива (G) від висоти польоту

1 - 15° С; 2 - 45° С; 3 - 100° С

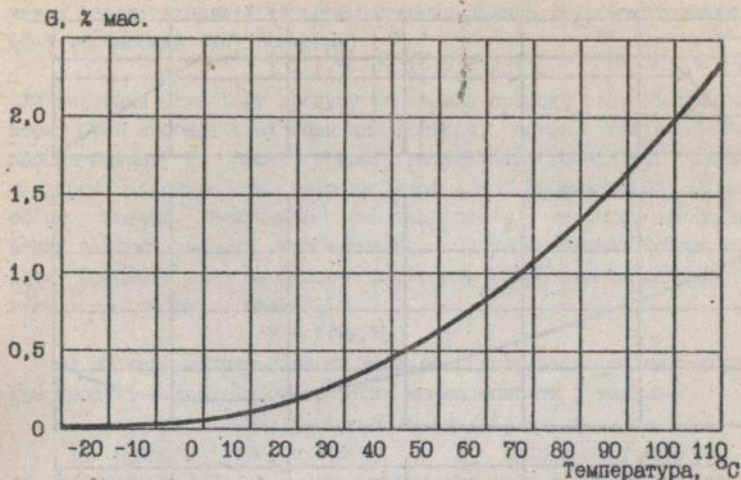


Рис. 6.
Термічна залежність величини втрат від випаровування (G) палива ТС-1 та РП на висоті 12 км

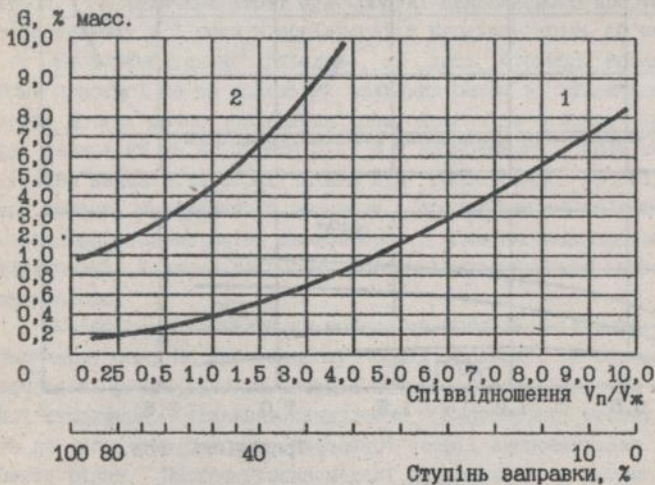


Рис. 7.
Динаміка зміни величини втрат палива від випаровування в залежності від співвідношення $V_p/V_{ж}$ (ступеня заправки паливного бака)
1 - РП, ТС-1; 2 - В-91/115

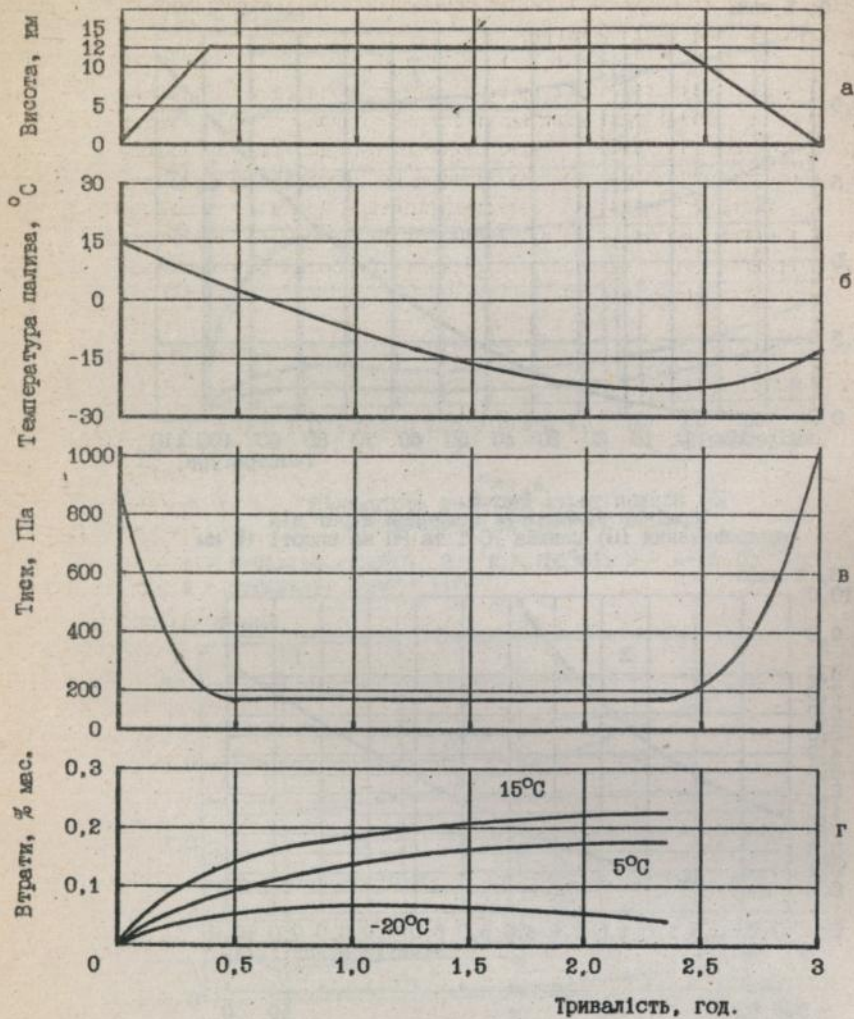


Рис. 8.

Тепломасообмінні процеси в паливному баку в залежності від заданого профілю польоту літака.

нених газів; вібрації та перемішування палива (K); конструкційний (Kк) та часовий (Kч) фактори):

$$I = f(T; P; K; K_k; K_c) \quad (2)$$

Для вивчення механізму продуву та впливу природи газу на величину втрат були вибрані такі гази як повітря, аргон, гелій, метан, пропан-бутан. На рис.9 подані результати досліджень впливу швидкості продуву та природи газу, що продувається крізь об'єм палива. Визначена закономірність процесу випаровування в таких умовах, яка зумовлена співвідношенням швидкостей двох процесів, що одночасно проходять (барботажа та розчинення газу в об'ємі палива):

$$V = f(W_B/W_P) \quad (3)$$

А зв'язок витрат газу та його розчинність в об'ємі рідини при продуві в достатню точністю можна описати рівнянням:

$$Q = V_T/t = S \cdot H \cdot \phi / t, \quad \text{де} \quad (4)$$

S - поверхня випаровування; H - висота шару рідини;
 ϕ - газонасиченість; t - час перебування газу в об'ємі палива.

Крім того, визначено, що при продуві надпаливного простору втрати збільшуються і не залежать від природи газу, що продувається. А величина втрат при продуві надпаливного простору менша в середньому у 2 рази в порівнянні з продувом крізь об'єм палива.

Експериментально доведено, що дані, отримані на лабораторному пристрої та на модельних паливних баках в статичних умовах мають досить точне порівняння (розходження не більше, як 0,5 % для палива РП та не більше 2 % для авіабензину). Крім того, досліджена залежність втрат палива від геометричних розмірів бака при продуві надпаливного простору. Втрати палива змінюються прямопропорційно зміні ширини бака, а зміни величини втрат при збільшенні довжини та висоти бака характеризуються криволінійною залежністю.

Розроблена математична модель та досліджені втрати палива в паливному баку ПК при заданому профілі польоту. В основу моделі покладені розрахунки параметрів атмосфери відповідно до стандартної атмосфери, рівняння Менделєєва - Клапейрона, закону Дальтона та до основних положень класичної теорії випаровування вуглеводневих рідин. Програмування моделі проводилось за допомогою алгоритмічної мови TURBO BASIC (блок-схема алгоритму програми показана на рис.10). Розрахунки показували, що величина втрат може досягати 7 % по масі палива РП. Розходження результатів, отриманих на

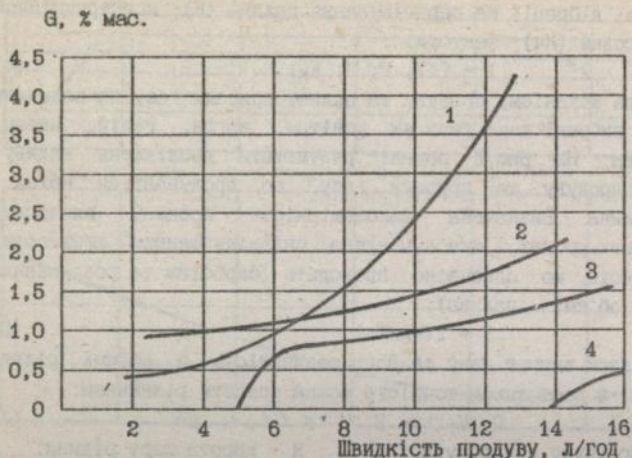


Рис. 9.

Вплив швидкості продуву на величину втрат (Г) під час продувки криїв шар палива РП рівними гавами

1-Повітря та аргон. 2-Гелій. 3-Метан. 4-Пропан-бутан

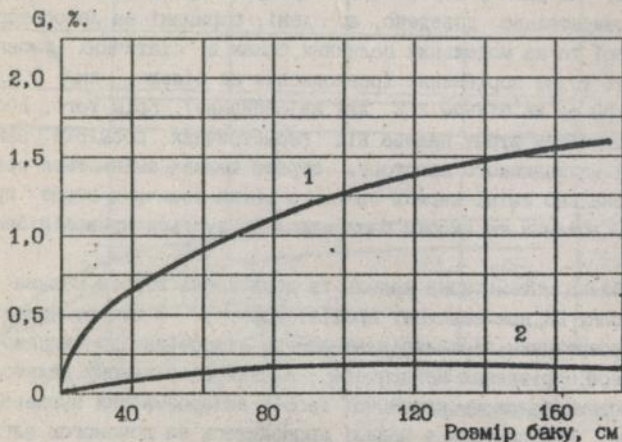


Рис. 11.

Втрати палива (Г) в залежності від розмірів баку кубічної форми

1-продукт за 1 години та остаточному виробленні палива; Н = 10 км, t = 30°С. 2 - продукт - " - ; Н = 0 км, t = 20° С

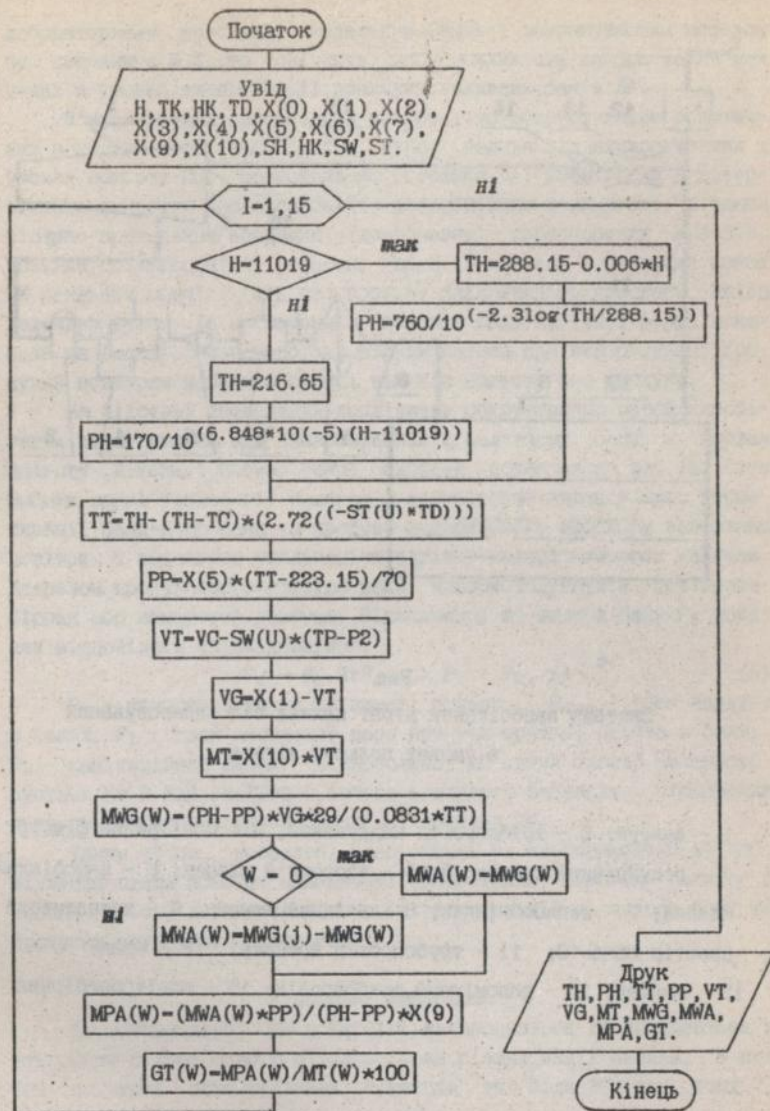


Рис. 10.
 Блок-схема алгоритму програми розрахунку втрат палива в умовах польоту

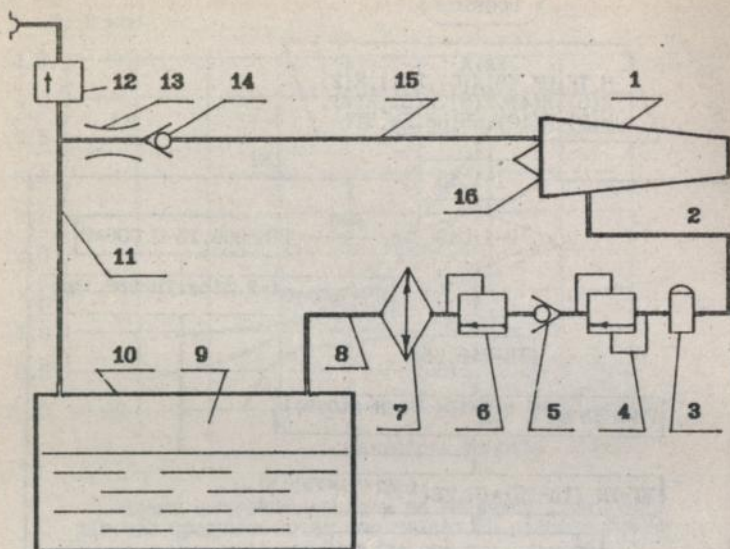


Рис. 12.

Система запобігання втрат палива від випаровування
в умовах польоту літака

- 1 - двигун; 2 - трубопровід наддування; 3 - повітряний фільтр;
4 - редукційний клапан; 5, 14 - зворотній клапан; 6 - запобіжний
клапан; 7 - теплообмінник; 8 - вхідний штуцер; 9 - надпаливний
простір бака 10; 11 - трубопровід дренажу; 12 - кран;
13 - жиклер; 15 - допоміжний трубопровід; 16 - повітровебірник

лабораторному пристрої, модельних баках і розрахунковим методом не перевищує 5 %, що свідчить про можливість використання цих даних в умовах експлуатації реальних паливних баків ЛА.

П'ятий розділ присвячений розробці та обґрунтуванню практичних заходів щодо запобігання втрат палива від випаровування в умовах польоту ПК, довготривалої стоянки ЛА, зберігання в резервуарних емкостях (за адсорбційно-десорбційним принципом), а також під час проведення заправки (дозаправки) транспортних засобів. Розглянуто масообмінні процеси, що відбуваються в паливних баках ПК реальних розмірів під час продуву надпаливного простору. Зміна величини втрат із збільшенням розмірів баку кубічної форми показана на рис.11. Визначено, що втрати палива при використанні продувки повітрям небагато більші під час польоту без продуву.

На підставі проведених досліджень обґрунтовано метод запобігання втрат палива від випаровування в паливному баку в умовах польоту літака. Схема такої системи показана на рис.12. Суть роботи такої технології полягає в запобіганні втрат шляхом герметизації паливного бака та продуву надпаливного простору забортним повітрям з подальшою утилізацією парів у камері згорання двигуна. Джерелом продувочного повітря може використовуватись повітря-бірник або компресор двигуна. Відзначено, що тиск в баку P_6 повинен відповідати співвідношенню:

$$P_6 = P_a + P_{над} > P_t + P_k, \text{ де } \quad (5)$$

P_a - атмосфера тиску на висоті польоту; $P_{над}$ - тиск наддуву в баках; P_t - тиск насиченої пари при температурі палива в баку; P_k - кавітаційний запас. Підкреслено, що даний спосіб використовується ще й для вирішення іншого важливого завдання - підвищення пожежобезпечності паливної системи ПК.

Таким чином, проведені теоретичні та експериментальні дослідження стали основою можливості запобігання втрачати палива в умовах польоту літака за допомогою герметизації паливного баку та продувки надпаливного простору.

Основні висновки:

1. Встановлено, що в Україні випаровується та викидається в атмосферу більше одного мільйона тонн різних видів палива. З них 500 тис. тонн автомобільних бензинів та біля 300 тис. тонн дивельного та реактивного палива.

2. Встановлено, що на сучасному етапі розвитку паливно-енергетичного комплексу України запобігання втрат нафтопродуктів є найбільш ефективним напрямком їх економії та раціонального використання.

3. Розроблено методику і створено лабораторне обладнання для визначення кількісних втрат різних видів авіаційного палива в умовах, максимально наближених до реального польоту літака. Розробка використовується в НДЛ-12 та в учбовому процесі Київського міжнародного університету цивільної авіації на кафедрі "Хімія та ПММ".

4. Вперше подано кількісну оцінку втрат палива від випаровування під час польоту літака. Встановлено, що:

а) сумарні втрати (при температурі палива 15°C , висоті 12 км, довготривалості 180 хв) можуть досягати для реактивних видів палива 7 % мас., авіаційного бензину марки В-91/115 - 25 % мас.;

б) основні втрати (до 94 %) виникають на етапі набору висоти, а біля 6 % втрачається на етапі горизонтального польоту;

в) при збільшенні швидкості літака втрати зменшуються, а сумарна їх величина залишається незмінною;

г) зміна температури від -20 до 100°C обумовлює зростання втрат палива в умовах горизонтального польоту на висоті 12 км у 18 разів;

д) збільшення висоти горизонтального польоту з 8 до 12 км при температурі палива 15°C призводить до зростання втрат в 5 раз.

5. Визначено втрати палива в залежності від геометричних розмірів бака, ступеня заправки, конструкції дренажного отвору:

а) при збільшенні довжини бака в 2 рази втрати палива зростають в 1,6 разів;

б) при зменшенні ступеня наповненості бака у 6 разів величина втрат збільшується у 35 разів;

в) збільшення діаметра дренажного отвору з 0,6 до 40 мм призводить до зростання втрат палива РП майже в 10 разів ($t_{\text{пал}}=15^{\circ}\text{C}$).

6. Досліджено кінетику випаровування палива в статичних та динамічних умовах. Встановлено, що:

а) втрати палива РП в статичних умовах на землі при $t = 20^{\circ}\text{C}$, ступені заправки 80% та тривалості дослідження 90хв складають 0,01%;

б) величина втрат на висоті 12 км та інших однакових умовах збільшується у 20 разів;

в) втрати на землі під час продувки крізь шар палива збільшуються майже у 200 разів, а на висоті 12 км - в 400 разів;

г) втрати при продуві надпаливного простору не залежать від природи продувочного газу і в 5 разів менші за величину при продуві шару палива (висота 12 км, $t = 15^{\circ}\text{C}$, ступінь заправки 80 %).

7. Розроблено математичну модель для розрахунку масообмінних процесів та втрат палива в умовах польоту літака.

8. Розроблено комплекс практичних рекомендацій щодо запобігання втрат палива від випаровування під час зберігання, транспортування, заправки та перекачки. Суть роботи поданих технологій полягає у використанні замкнених систем, не зв'язаних з атмосферою, що запобігає втратам та негативному впливу пари. Теоретичні положення використовуються в Одеському авіаційному підприємстві.

9. Подано систему паливоживлення авіадвигуна, яка забезпечує запобігання втрат палива від випаровування під час польоту літака. Суть її роботи полягає у виведенні пари із надпаливного простору шляхом продуву забортним повітрям та наступною утилізацією в камері вгорання двигуна.

За матеріалами дисертації опубліковані такі роботи:

1. Войченко С.В. Газорідне пальне - спосіб вирішення еколого-економічних проблем. // "Наука і суспільство". - 1994. N7/8, с.10-11.
2. Велянський В.П., Войченко С.В., Вейко Ю.О., Єфіменко В.В., Масрі Усама. Дослідження фізичної стабільності рівних видів палива, насичених вуглеводневими газами. // "Вопросы химмотологии и эксплуатации авиационной наземной техники". Сборник научных трудов. - К.: КИИГА, 1994, с.17-22.
3. Войченко С.В. Про шляхи зниження втрат палива від випаровування. // "Наука і суспільство". - 1995. N 7/8, с.15-17.
4. Войченко С.В. Зниження втрат нафтопродуктів від випаровування в умовах зберігання. // "Нафтова і газова промисловість". - 1995. N 3. с.44-45.
5. Войченко С.В. Проблеми на зльоті. // "Наука і суспільство". - 1995. N 11/12, с.30-32.
6. Войченко С.В. Як уникнути втрат від випаровування палива при експлуатації транспортних засобів. // "Наука і суспільство" - 1996. N 3/4, с.25-27.

Бойченко С.В. Исследование потерь топлив от испарения и разработка рекомендаций по их предотвращению в условиях эксплуатации авиационной техники. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 " Эксплуатация воздушного транспорта ", Киевский международный университет гражданской авиации, Киев, 1996 г.

В работе представлен комплекс исследований потерь авиационных топлив от испарения в различных условиях эксплуатации. Качественная характеристика представляет собой набор физико-химических и теплофизических показателей качества топлив. Количественные потери выражены в % масс. Установлено, что суммарные потери топлив в баках ВС складываются из потерь на этапах набора высоты(94%) и горизонтального полёта(6%) и могут достигать 7% масс.

Суть работы системы предотвращения потерь топлив из топливного бака во время полёта самолёта заключается в удалении паров из надтопливного пространства методом герметизации бака с продувкой забортным воздухом и последующей утилизации в камере сгорания двигателя.

Boichenko S.V. Research of fuel losses by evaporation and development of the recommendations on their prevention in conditions exploitation of aviation technique. The one's thesis for a candidate of technical sciences degree on a speciality 05.22.14 "Operation of an air transport", Kiev International University of Civil Aviation, Kiev, 1996.

In the work is submitted a complex of researches of fuel losses by evaporation in various conditions of operation. The qualitative characteristic represents a set phisico-chemical and heat-phisical of parameters of fuel quality. The quantitative losses are exprressed in % of weights. It is determined that the total fuel losses in plane tanks consist of the losses at stages of rise (94%) and horisontal flight (6%) of the aircraft and can reach 7 % of weights. The work principle of offeredly system of prevention losses from a fuel tank during flight of the plane consists in removing the vapor from overfuels space by a method of hermetic sealing of a tank with blowing by atmospheriс air and subsequent utilization of the combustion chamber of the engine.

Ключові слова: авіаційна техніка, повітряний корабель, паливо, випаровування, втрати, паливний бак, система запобігання.

Подписано в печать 24.06.96. Формат 60x84/16. Бумага типографская.
Офсетная печать. Усл.-кр.-отт.6. Усл.печ.л.1,08. Уч.-изд.л.1,25.
Тираж 100 экз. Заказ № 134-1. Цена . Изд.№ 216.

Издательство КМУГА.

252058. Киев-58, проспект Космонавта Комарова, 1.

436660

AB 35.319