

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ АКУСТИЧНОГО СПЕКТРУ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ АВІАЦІЙНОГО ПАЛИВА З РІЗНОЮ КОНЦЕНТРАЦІЄЮ ВОДИ

Несовершенство экспресс способов и сложность лабораторного определения содержания воды в топливе обусловили поиск до сих пор не используемых методик диагностирования обводнения авиатоплива. Выявлены различия в акустических спектрах гидродинамической кавитации, полученных для топлива при добавлении в него воды.

Imperfection express methods and complexity of laboratory determination of water content in the fuel caused search for has not used methodologies of diagnosing irrigation of jet fuel. It was founded the differences in the acoustic spectrum of hydrodynamic cavitation obtained for fuel during adding water in it.

Вступ

Протягом експлуатації літальних апаратів кондиційність авіапалива значною мірою впливає на безпеку польотів. Згідно з діючою на сьогодні інструкцією [1] контроль має бути організованим за схемою систематичного й періодичного вибіркового та/або безперервного контролю якості й чистоти палива й ефективності системи його захисту. Документом визначено, що перед та під час заправлення здійснюється візуальний контроль стану авіапалива за допомогою індикаторних приладів, в основі яких лежить хімічний метод непрямого вимірювання. Атестованими є датчики Shell та Mobil, набір Velcon Hydrokit.

Окремо зазначено, що прилад ПОЗ-Т (прибор определения загрязнения топлива) використовується в аеропортах Російської Федерації. Всі прилади мають якісний характер результатів та налаштовані на граничний вологовміст — 0,003% мас або 30 частинок на мільйон.

Для кількісного визначення вмісту води в паливі рекомендовано використовувати пристрій Aqua-Glo, що використовує ультрафіолетове просвічування підготованих проб.

Окрім згаданих у документі методів, існують десятки інших прямих та непрямих методів діагностування палива, що ґрунтуються на використанні зміни властивостей нафтопродукту залежно від кількості води у ньому [2]. Однак прямі методи передбачають наявність складного обладнання, тривалої процедури та мають значну вартість. Доцільність їх застосування виправдана під час зберігання та перед видачею нафтопродуктів на нафтобазах та паливно-заправних комплексах.

Варто зазначити, що для індикаторних пристроїв характерне неперіодичне здорожчання проведення аналізу проби, спричинене недійсністю тесту (коли не отримано ні позитивний, ні негативний результат) та необхідністю використання іншого такого ж пристрою. До того ж такі прилади мають термін дії до одного року. Компактний пристрій Aqua-Glo має кількісний характер отриманих результатів, вищу точність, але і більшу вартість.

Отже, можна дійти до висновку, що вивчення та пошук нових залежностей між вмістом води у паливі, його властивостями для подальшого розроблення методики дослідження таких відношень і використання при створенні нових пристроїв є актуальним та перспективним.

Мета і завдання дослідження

Теоретичними передумовами для спроб визначити, чи існує зв'язок між загальним вмістом води у авіаційному паливі та його акустичним спектром і охарактеризувати його, слугують наступні відомості. Для розрахунку швидкості розповсюдження збурень у кавітаційній області за умови, що зміна густини газової фази у хвилі збурення відбувається за адіабатичним законом без врахування теплообміну між фазами, варто використовувати наступну формулу [3]:

$$\alpha = \frac{\alpha_{\text{рід}}}{\sqrt{1 + \frac{\bar{Q}_{\text{пов}} \rho \alpha_{\text{рід}}^2}{kp}}}$$

де $\alpha_{\text{рід}}$ — швидкість розповсюдження пружної хвилі у рідині; $\bar{Q}_{\text{пов}}$ — об'ємний вміст повітряної фази, приведений до атмосферних умов; ρ — густина рідини; k — показник адіабати; p — тиск на вході у дросельний пристрій.

Можна зробити висновок, що швидкість розповсюдження збурень у кавітаційній області (а отже і пульсації тиску) залежить у тому числі й від густини рідини. Відомо, що будь-який нафтопродукт має густину, меншу за одиницю, якою прийнято вважати густину води. Таким чином, залежно від густини палива мають змінюватись кавітаційні пульсації тиску, згенеровані дроселем, а отже і його акустичний спектр.

Додатковим аргументом на користь висунутого припущення є інформація у [4]. Кавітація процес зародження ядер у рідині, коли тиск падає нижче тиску пари, у той час як кипіння — процес утворення ядер, що відбувається, коли температура підіймається вище температури насичення пари/рідини. Фактичний перехід

з рідкого стану до газоподібного, і навпаки — пов'язаний з розщепленням оригінальної однорідної речовини на дві різні співіснуючі фази [5]. Можна припустити, що акустичний спектр авіаційного палива змінюватиметься внаслідок варіювання тиску насиченої пари в кавітаційній зоні, який в свою чергу змінюватиметься зі збільшенням або зменшенням загальної концентрації води у паливі у будь-якому стані. Це свідчить про доцільність використання гідродинамічної, а не ультразвукової кавітації.

Мета роботи — експериментально визначити чи змінюється акустичний спектр авіаційного палива від збільшення концентрації води у ньому. Для досягнення мети перед автором поставили наступні завдання:

- спроектувати та виготовити експериментальний стенд для дослідження впливу загального вмісту води в паливі на його акустичний спектр;
- спланувати та провести експерименти за різними методиками;
- сформулювати принципи кількісного та якісного оцінювання отриманих результатів;

Результати роботи

Для виконання завдань розроблено дослідницький стенд [6]. Але надто великий акустичний шум деяких його елементів зумовив проектування та виготовлення принципово нової експериментальної установки (рисунок 1).

Принцип дії стенду наступний. Робоча рідина з баку 1, через шестерний насос 13, який є джерелом тиску, потрапляє до змієвика, що знаходиться в баці 9, куди по лінії 12 безперервно надходить та по лінії 10 через кран 11 зливається вода. Відбувається теплообмін, що ефективно охолоджує рідину в установці та дозволяє підтримувати стабільну температуру протягом всього експерименту. Далі рідина потрапляє до кавітаційного генератора пульсацій тиску 4, тиск на вході та виході з якого контролюється манометрами 3 і 5 і регулюється дросельними кранами 2 і 6, та повертається до баку 1. Дослідження акустичного спектру здійснюється вимірювальним блоком 7, в якому датчик пульсацій виконує роль приймача сигналу, а usb-осцилограф перетворює його на електричний. Розкладання даних у ряд Фур'є відбувається на комп'ютері.

Для проведення експериментів обрано дві методики. За першою (методика 1) використовується авіапаливо, до якого додається вода, змішується за допомогою гідродинамічної кавітації, вимірюється спектр. Після отримання кожного результату стенд вимикається на однаковий проміжок часу. За другою (методика 2) досліджувана проба донасичується водою у визначених кількостях без вимикання стенду. Тиск на вході до кавітаційного генератора, на виході з нього та температура підтримуються однаковими за обома методиками. Запис параметрів здійснювався у 10-50 реалізаціях.

Оцінювання отриманих результатів здійснювалось кількісно та якісно. Кількісний аналіз полягав у побудові акустичних спектрів для різного вмісту води у паливі на одній діаграмі (рисунок 2,3). Як бачимо, акустичні спектри різних концентрацій важко відрізнити. Додаткове

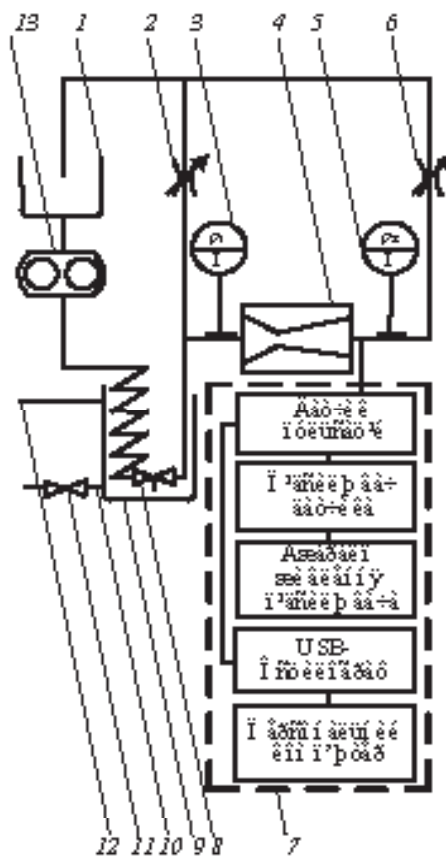


Рисунок 1 — Принципова схема експериментально-го стенду для дослідження акустичного спектру гідродинамічної кавітації паливно-мастильних матеріалів:

- 1 — бак; 2,6 — дросельні крани; 3,5 — манометри; 4 — кавітаційний генератор пульсацій; 7 — вимірювальний блок; 8 — зливний кран; 9 — бак для охолодження; 10 — лінія зливу; 11 — перекирваний кран; 12 — лінія подавання холодної води;

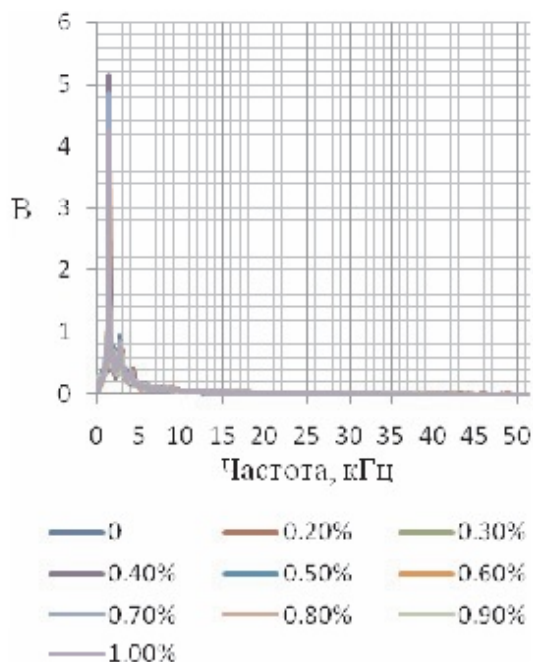


Рисунок 2 — Акустичний спектр гідродинамічної кавітації, визначений за методикою 1

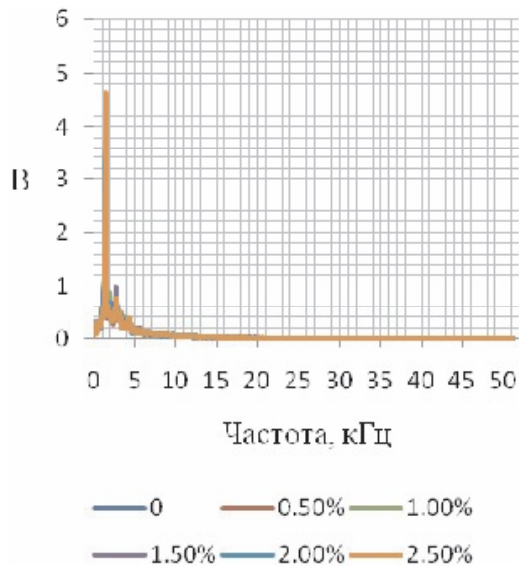


Рисунок 3 — Акустичний спектр гідродинамічної кавітації, визначений за методикою 2

виокремлення смуги частот, які є найінформативнішими (мають найбільші відносні зміни сигналу) також не дало результатів — жодної закономірності у зміні характеру акустичного спектру палива залежно від вмісту води в ньому визначити не вдалося.

Для якісного аналізу масиву інформації використовувались два способи. Згідно з першим усереднювались результати всіх реалізацій, а потім обчислювалась сумарна потужність сигналу для кожної з концентрацій води у досліджуваній пробі [7]. За другою методикою потужність сигналу обчислювалась для кожного отриманого значення сигналу всіх реалізацій, сумувалась та лише потім усереднювалась для різних концентрацій води в паливі (рисунок 4,5).

У порівнянні з [8] кількість води, яка може бути зафіксована методом, що ґрунтуватиметься на отриманих експериментальних результатах, зменшилась понад десять разів.

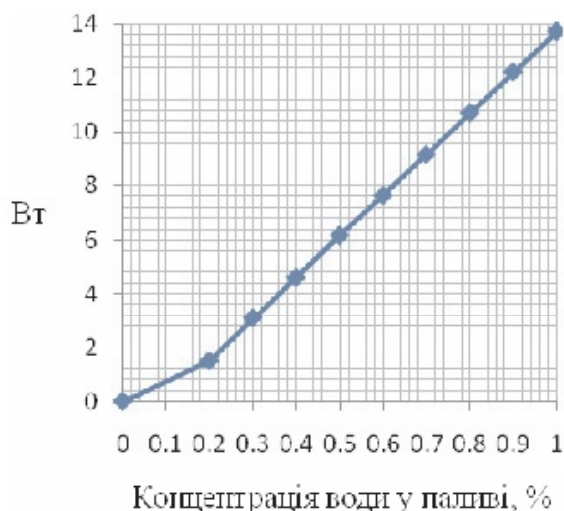


Рисунок 4 — Залежність сумарної потужності сигналу акустичного спектру гідродинамічної кавітації від вмісту води в паливі за методикою 1

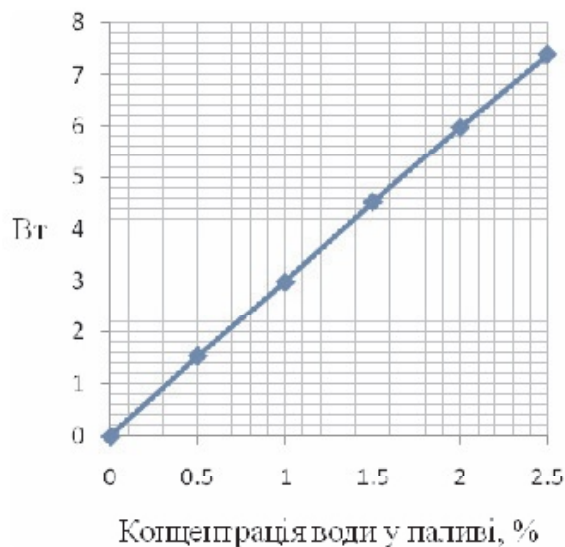


Рисунок 5 — Залежність сумарної потужності сигналу акустичного спектру гідродинамічної кавітації від вмісту води в паливі за методикою визначення 2

Висновки

1. Спроекований та виготовлений експериментальний стенд дозволяє проводити дослідження паливно-мастильних матеріалів на різних режимах роботи та підтримувати параметри роботи постійними протягом експерименту.
2. Запропоновано використання двох методик проведення експерименту для визначення залежності акустичного спектру гідродинамічної кавітації палива від концентрації води в ньому.
3. Якісне оцінювання отриманих результатів як всього спектру так і найінформативніших смуг частот не дає змоги виявити будь-яку зміну акустичного спектру від збільшення загального вмісту води у робочій рідині.
4. Один зі способів кількісного оцінювання отриманого масиву інформації дозволяє стверджувати, що сумарна потужність сигналу акустичного спектру гідродинамічної кавітації значно змінюється протягом донасичення авіапалива водою.
5. Для виявлення значно менших концентрацій води, на які реагуватиме акустичний спектр, варто шукати інші способи кількісного аналізу даних.

Література

1. Інструкція з забезпечення заправлення повітряних суден паливно-мастильними матеріалами і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України Наказ №416 від 14.06.2006. — К.: 2006. — 141 с.
2. Пузік, О.С. Кількісні методи визначення води в складі авіаційного палива / О.С. Пузік, В.Г. Ланецький // Проблеми хімотології: IV Міжнародна наук.-технічна конференція, 24-28 вересня 2012. — С. 315—319.
3. Фисенко В.В. Критические двухфазные потоки / В.В. Фисенко. — М.: Атомиздат, 1978. — 160 с.

Надійшла 10.12.2012 року