



## Створення стандартних зразків питомої електропровідності авіаційних палив як складової забезпечення єдності вимірювання у хімотологічних лабораторіях

В.С. Єременко<sup>1</sup>, В.М. Мокійчук<sup>1</sup>, О.О. Редько<sup>2</sup>, Н.В. Пашченко<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут ім. І. Сікорського", просп. Перемоги, 37, 03056, Київ, Україна  
pau\_307@ukr.net; uncertainty@ukr.net

<sup>2</sup> Національний авіаційний університет, просп. Любомира Гузара, 1, 03058, Київ, Україна  
o.redko.ua@gmail.com; natalia.pashchenko@npp.nau.edu.ua

### Анотація

На сьогодні в Україні відсутні стандартні зразки або референтні матеріали авіаційних палив, у тому числі й дуже важливі стандартні зразки питомої електропровідності авіаційних палив. Ця обставина ускладнює забезпечення діяльності акредитованих лабораторій, які проводять випробування авіаційних палив. Актуальність створення комплексу стандартних зразків питомої електропровідності авіаційних палив зумовлена необхідністю забезпечити єдність, простежуваність та достовірність вимірювань під час оцінювання придатності методики вимірювання (випробування) та перевірки кваліфікації у випробувальних хімотологічних лабораторіях, акредитованих на відповідність вимогам міжнародного стандарту ISO/IEC 17025, а також проведення проміжних перевірянь вимірювального обладнання та внутрішньолабораторного контролю якості на всьому діапазоні вимірювань методики. Важливою характеристикою для забезпечення безпеки експлуатації авіаційних двигунів є питома електропровідність палив. Цю характеристику може бути досить легко та точно виміряно в кожній одиниці з партії референтного матеріалу. За допомогою спеціалізованих присадок може бути отримано широкий спектр значень питомої електропровідності референтних матеріалів.

Проведено аналіз існуючих нормативних документів та публікацій стосовно процедур виготовлення й застосування стандартних зразків палив у цілому та специфічних вимог до палив, що застосовуються в авіації. Розглянуто питання виготовлення й наведено результати експериментальних досліджень однорідності та стабільності стандартних зразків авіаційного палива з урахуванням до вимог ДСТУ-Н ISO Guide 35:2018.

Запропоновано створення ряду стандартних зразків реактивного палива з антистатичною присадкою з різними рівнями значення атестованої характеристики у діапазоні від 25 до 650 пСм/м.

**Ключові слова:** стандартні зразки; референтні матеріали; реактивне паливо; питома електропровідність; єдність вимірювань.

Отримано: 19.02.2020

Відредаговано: 18.06.2020

Схвалено до друку: 23.06.2020

### Вступ

Випробувальні лабораторії (ВЛ) хімотологічного профілю виконують роботи з оцінювання властивостей та складу паливо-мастильних матеріалів (ПММ) авіаційної техніки, які виробляються, транспортуються та використовуються на різних типах техніки у всьому світі. На вимогу технічних регламентів та директив країн світу, з метою визнання результатів випробувань, лабораторії повинні забезпечувати простежуваність результатів вимірювань до національних еталонів.

У п. 6.5.12 стандарту ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 [1] зазначається, що лабораторія повинна вибрати

і використовувати референтні матеріали (стандартні зразки – СЗ), які підходять для конкретної мети в процесі вимірювання та відповідають вимогам, зазначеним в ISO 17034 [2].

СЗ використовуються ВЛ для проведення проміжних перевірянь устаткування, контролю якості випробувань та під час проведення міжлабораторних порівнянь. В Україні відсутня практика використання СЗ питомої електропровідності (ПЕП) авіаційних палив. Це пояснюється відсутністю в методиках випробувань і калібрувань вимог щодо застосування СЗ та відсутністю їх на ринку як таких.

Вуглеводні речовини є діелектриками і в чистому вигляді майже не проводять електричний струм. Палива мають невелику електропровідність за рахунок вмісту в них продуктів окиснення, сульфуро- та нітрогеновмісних речовин, солей металів і т.п. Ці речовини здатні створювати у вуглеводневому розчині позитивно та негативно заряджені іони. Заряди зі стінок можуть накопичуватись у резервуарі, баці або іншій ємності, оскільки вони не можуть швидко відійти у заземлену стінку резервуару, внаслідок дуже малої ПЕП. Якщо суміш парів палива з повітрям у певному місці знаходиться у межах займистості, то виникає вибух [3].

Найбільш ефективним засобом боротьби з накопиченням статичної електрики є введення до палива антистатичних присадок. Їхня дія полягає у підвищенні ПЕП палив, після чого заряди, що утворюються, не встигають накопичуватись і швидко релаксують, переходячи у заземлені стінки резервуарів і трубопроводів. Однак під час їх використання існує ряд труднощів, наприклад, присадка практично зникає на струмопровідних стінках фільтрів у разі потрапляння води і значно знижує ефективність сепараторів і фільтрів, у результаті чого в паливний бак літака можуть потрапити механічні домішки і вода [4, 5].

Враховуючи вищенаведене для забезпечення простежуваності та єдності вимірювань, контролю якості випробувань, перевірки кваліфікації та підтвердження компетентності випробувальних лабораторій хімотологічного профілю, постає актуальне завдання створення СЗ ПЕП авіаційних палив на всьому діапазоні методики випробування.

#### Аналіз досліджень і публікацій

ПЕП звичайних реактивних палив (РП) становить від 0,1 до 5 – 6 пСм/м і зумовлена дисоціацією води, кислот, солей та інших полярних сполук. У результаті збільшення вмісту в паливі домішок у процесі зливу-наливних операцій та транспортування ПЕП за температури 20 °С підвищується до 10 пСм/м. Якщо ПЕП РП збільшити до 35 – 50 пСм/м, то утворені заряди статичної електрики дуже швидко розсіюються і небезпека розряду та вибуху майже ліквідується [4].

Під час перекачування палива з лінійною швидкістю переміщення близько 10 м/с безпечне паливо повинно мати ПЕП не нижче ніж 500 пСм/м. У більшості закордонних технічних специфікацій встановлені межі ПЕП реактивних палив від 50 до 300 пСм/м [6].

У стандартних специфікаціях на авіаційне паливо для турбореактивних двигунів (РТ або Jet A-1 або за класифікацією НАТО F-35) ASTM D1655-18 та на авіаційне паливо, що містить синтезовані вуглеводні ASTM D7566-17, оборонних стандартах Великої Британії DEF STAN 91-91 Issue 7 (Amd 3) та США MIL-DTL-83133 (Amd 2), національному

стандарті РФ ГОСТ Р 52050-2006, міждержавному стандарті ГОСТ 10227-2013 та Технічному регламенті Митного союзу ТР ТС 013/2011 нормується діапазон ПЕП палива у границях від 50 (за температури заправки) до 600 пСм/м (для 20 °С). У Національному стандарті України ДСТУ 4796-2007 встановлюється діапазон ПЕП палива у границях від 50 до 450 пСм/м. У цих нормативних документах, окрім міждержавного стандарту та Технічного регламенту, вказується, що для покращення характеристик електропровідності можна додавати антистатичну присадку Stadis® 450. У попередній редакції міждержавного стандарту ГОСТ 10227-86 ПЕП нормувалась лише для палив, які містять антистатичну присадку Сигбол. У Додатку Н зазначається, що у випадках, коли рівень ПЕП РП знижується і внесення антистатичної присадки не впливає на його підвищення, дозволяється вважати достатнім безпечним мінімальним рівнем ПЕП палива 25 пСм/м.

На визначення ПЕП авіаційних палив зареєстрований лише один тип державного СЗ РФ – ГСО 9382-2009 “УЭП АТ-1” виробництва АНО НВО “ИНТЕГРСО”, свідоцтво підтвердження типу на який продовжено Росстандартом у лютому 2017 р. ще на 5 років [7]. Відповідно до опису типу, інтервал допустимих атестованих значень цього СЗ становить (1 – 50) пСм/м з точністю  $\pm 5$  пСм/м.

За даними [8] атестоване значення СЗ “УЭП АТ-1” отримане за результатами міжлабораторних порівнянь. Цей СЗ застосовується в РФ у методах випробувань, регламентованих міждержавним стандартом ГОСТ 25950-83 [9], Американським національним стандартом ASTM D 2624 [10], для затвердження типу в РФ засобів вимірювання ПЕП РП британської фірми “Stanhope-Seta” та в діяльності органів з оцінки відповідності РП за Технічним регламентом Митного союзу ТР ТС 013/2011.

У звіті ВПС США [11] з дослідження композиції авіаційного палива, що складалася з РП JP-8 та суміші біопалива на основі етилового спирту АТJ (alcohol-to-jet) і РП Jet A, подано результати вимірювання ПЕП. Початкова ПЕП РП JP-8 з присадкою Stadis 450 становила 493 пСм/м, у разі додавання суміші з об’ємною часткою в ній АТJ від 15 до 85% ПЕП досліджуваної композиції нелінійно змінювалась у діапазоні від 770 до 1109 пСм/м.

У патенті US9464249B2, як альтернатива сучасному паливу на основі нафти, пропонується паливна композиція, що складається з РП Jet A та алкільових ефірів, отриманих із побічного продукту виробництва рослинної олії, об’ємною часткою до 50%. Ця композиція відповідає технічним умовам РП ASTM D 1655. У результатах досліджень наводиться значення ПЕП РП – 78 пСм/м, і композиції на основі об’ємної частки 50% цього ж палива –

400 пСм/м. Автори запевнюють, що характеристики палива стабільні упродовж тривалого проміжку часу. На підставі аналізу останніх досліджень визначено, що значення ПЕП РП може бути в діапазоні від 0,1 до 1500 пСм/м, а єдиний існуючий тип СЗ ПЕП РП забезпечує приписне значення лише на початку діапазону до 50 пСм/м.

### Мета та завдання дослідження

Метою статті є дослідження можливості створення СЗ питомої електропровідності (ПЕП) РП та розгляд особливості процедури метрологічної атестації цього СЗ, оцінювання його однорідності та стабільності.

### Виклад основного матеріалу

Забезпечення простежуваності результатів випробувань паливно-мастильних матеріалів, газових сумішей тощо через створення звичайних еталонів на цей час є неможливим. Тому засобами забезпечення єдності випробувань у лабораторії, контролю правильності отримуваних результатів, калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), встановлення компетентності персоналу та

лабораторії в цілому виступають сертифіковані СЗ (CRM – certified reference material).

Під час створення СЗ можна виділити такі основні етапи: виготовлення, дослідження метрологічних характеристик і затвердження (п. 6.2) [12]. Останні дві стадії здебільшого розглядаються разом і називаються атестацією (сертифікацією) СЗ.

На стадії виготовлення описують призначення і вимоги до майбутнього СЗ: склад, рівень визнання (категорія), вимоги до однорідності, стабільності, похибки встановлення вмісту речовин тощо. Наступним кроком є розробка і реалізація технології виготовлення СЗ, яка б дозволяла досягти необхідних характеристик.

На стадії дослідження СЗ проводять оцінку однорідності, стабільності, а також встановлення сертифікованих значень атестованих характеристик СЗ (рис. 1). Відповідно, результатом дослідження є встановлення атестованого значення СЗ та його невизначеності, яка містить складові від неоднорідності та нестабільності СЗ. Затвердження (визнання) СЗ є юридичною процедурою, в результаті якої СЗ надають офіційний статус.

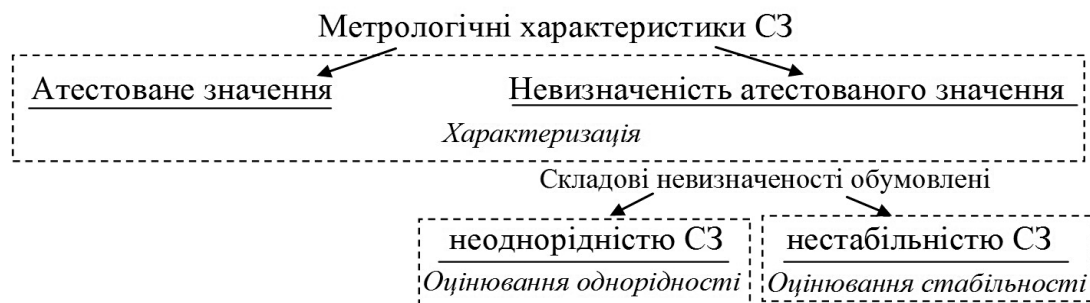


Рис. 1. Метрологічні характеристики СЗ

Наступні технічні критерії (хоча до уваги необхідно також брати комерційні та юридичні аспекти) визначають у цілому відповідність СЗ їхньому призначенню і є показниками їхньої якості:

- СЗ має бути достатньо однорідним з тим, щоб значення характеристики, визначені для однієї частини партії в межах припустимої невизначеності, залишалися такими й для іншої частини партії [13]. Відповідно, є складова невизначеності від неоднорідності матеріалу (речовини);
- значення характеристики СЗ (декількох характеристик) мають бути стабільними протягом прийнятного часового терміну за визначених умов зберігання, транспортування та використання [14]. Також використовують характеристику “термін придатності матеріалу”, яку визначають на основі довготривалого дослідження стабільності матеріалу;
- під час розробки референтного матеріалу та надання йому статусу СЗ важливою є процедура характеристики – визначення значень властивості

СЗ як частина процесу атестації [12, 14]. Під час характеристики визначають значення характеристик, які є доречними для його кінцевого призначення.

Характеристики однорідності та стабільності СЗ не повинні виходити за значення відтворюваності (а ліпше повторюваності) методу випробувань за температури 20 °С. У методиках визначення ПЕП РП наведені значення повторюваності та відтворюваності методу випробування авіаційних палив на визначення ПЕП на діапазоні від 1 до 1500 пСм/м за температури 20 °С (табл. 1).

Окрім характеристик, наведених на рис. 1, є комутабельність СЗ – це властивість, яка полягає у близькості між співвідношенням результатів вимірювання величини, що характеризує цей зразок, отриманих за двома заданими методиками вимірювання, та співвідношеннями результатів вимірювання, отриманих для інших заданих зразків. У рамках проведених досліджень СЗ авіаційних палив ця характеристика не досліджувалась.

Значення прецизійності методів визначення ПЕП РП

ПЕП палива, пСм/м	Повторюваність (збіжність), пСм/м				Відтворюваність, пСм/м			
	ГОСТ 25950-83 [9]	ISO 6297-97; ДСТУ 8385:2015 [15]	ASTM D2624-15 [10]		ГОСТ 25950-83	ISO 6297-97; ДСТУ 8385:2015	ASTM D2624-15	
			Maihak MLA 900 Meter	D-2 Incorporated JF-1A-НН			Maihak MLA 900 Meter	D-2 Incorporated JF-1A-НН
1	2	3	4	5	6	7	8	9
100–200	5	–	–	–	10	–	–	–
200	–	10	17	21	–	32	16	21
200–300	5	–	–	–	15	–	–	–
300	–	14	23	26	–	45	22	26
300–400	5	–	–	–	20	–	–	–
400–500	5	–	–	–	25	–	–	–
500	–	21	36	33	–	69	34	33
500–600	10	–	–	–	30	–	–	–
600–700	10	–	–	–	35	–	–	–

**Експериментальні дослідження**

Оцінювання характеристик однорідності та стабільності є обов'язковою складовою процесу атестації СЗ. Складові розширеної невизначеності дозволяють перевірити необхідні умови подальшого використання СЗ. Оцінювання цих характеристик ґрунтується на статистичному опрацюванні даних, і за обмежених обсягів завжди виникає ймовірність зробити помилку другого роду, при застосуванні

відповідного статистичного критерію [12, 13]. При дослідженні однорідності СЗ було використано метод однофакторного дисперсійного аналізу, а для обґрунтування стабільності – критерії Фішера і Стюдента.

Було підготовлено 20 зразків РП типу JET A-1, проведено процедури для забезпечення їх однорідності та здійснено по три паралельних вимірювання кожного зразка (табл. 2).

Таблиця 2

Результати вимірювань ПЕП РП типу JET A-1

№ зразка	Номер результату, значення пСм/м			Середнє значення	Середнє значення через 6 міс.	№ зразка	Номер результату, значення пСм/м			Середнє значення	Середнє значення через 6 міс.
	1	2	3				1	2	3		
1	114	115	115	114,7	113,7	11	116	114	115	115,0	113,3
2	115	114	115	114,7	114,7	12	115	116	115	115,3	114,7
3	113	112	113	112,7	114,0	13	114	116	115	115,0	115,0
4	115	116	115	115,3	115,0	14	116	116	115	115,7	112,7
5	113	114	115	114,0	114,3	15	114	116	115	115,0	114,3
6	115	116	114	115,0	114,0	16	115	113	114	114,0	114,0
7	114	114	114	114,0	114,0	17	115	116	115	115,3	115,3
8	116	116	115	115,7	115,7	18	113	112	115	113,3	113,3
9	114	113	115	114,0	113,3	19	115	116	115	115,3	115,3
10	116	115	117	116,0	116,0	20	114	114	115	114,3	114,3

Зазвичай вимірювання питомої електропровідності в лабораторіях проводяться із застосуванням приладу для вимірювання питомої електропровідності вуглеводних рідин ЕЛ-4М (рис. 2). У проведених дослідженнях для отримання більш точних результатів були використані вимірювачі іммітансу Е7-21 (рис. 3) та Е7-25 (Е7-21 використовується як засіб проведення перевірки ЕЛ-4М і має втричі меншу похибку). Основні метрологічні характеристики цих ЗВТ подано у табл. 3.

За результатами застосування дисперсійного аналізу експериментальних даних для досліджуваних СЗ отримано значення загальної ( $3,0 \text{ пСм}^2/\text{м}^2$ ), факторної ( $0,6 \text{ пСм}^2/\text{м}^2$ ) та залишкової дисперсій ( $0,8 \text{ пСм}^2/\text{м}^2$ ). Стандартне відхилення неоднорідності зразків (корінь із факторної дисперсії) становило  $0,9 \text{ пСм}/\text{м}$ , що менше за СКВ повторюваності у два рази, що дорівнює  $1,8 \text{ пСм}/\text{м}$ . З урахуванням їх однорідності досліджувані зразки можуть використовуватися як стандартні під час

проведення міжлабораторних порівнянь. Для перевірки стабільності ті ж зразки були випробувані через шість місяців. Стабільність було оцінено із застосуванням критеріїв Фішера та Стюдента. Так, значення статистики критерію Фішера становило 1,05, що менше граничного значення 2,17 для

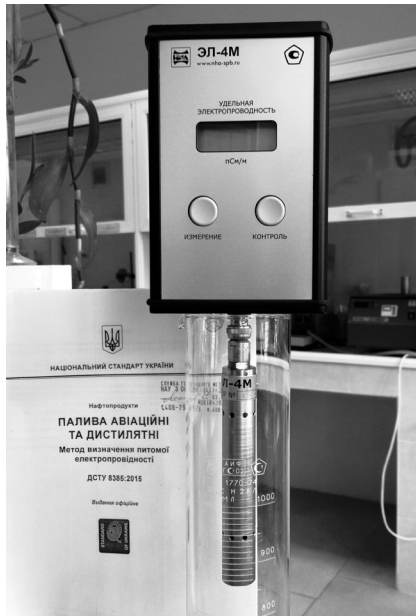


Рис. 2. Зовнішній вигляд ЗВТ ПЕП вуглеводних палив ЭЛ-4М

Приписне значення підготовлених СЗ визначатиметься за результатами міжлабораторних порівнянь результатів вимірювань, для чого залучають не менше 10 лабораторій, які мають досвід дослідження речовин, за складом і структурою

довірчої ймовірності 0,95, що свідчить про збереження однорідності зразків. Значення статистики критерію Стюдента становило 1,35, що менше граничного значення 2,33 для довірчої ймовірності 0,95, що свідчить про достатню стабільність зразків.

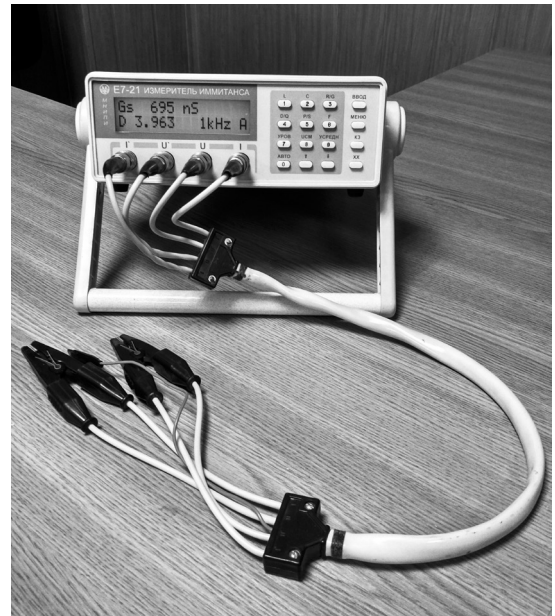


Рис. 3. Зовнішній вигляд ЗВТ іммітансу E7-21

аналогічних матеріалу СЗ [12]. Як альтернативний варіант, значення ПЕП може бути виміряне за допомогою іммітансу E7-21, що забезпечить більш високу точність, ніж міжлабораторні порівняння.

Таблиця 3

Метрологічні характеристики ЗВТ ПЕП

Метрологічні характеристики ЗВТ	Тип ЗВТ		
	ЭЛ-4М	E7-21	E7-25
Діапазон	від 1 до 1000 пСм/м	від 1 нСм до 10 См	від 10 пСм до 10 См
Границі основної зведеної похибки за температури $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , %	$\pm 2$	$\pm 0,5$	$\pm 1$
Додаткова температурна похибка $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ , в межах робочого діапазону, %	$\pm 1$	—	—

### Перспективи

Дослідження стабільності та комутативності паливних композицій, до складу яких входять різномірні присадки та палива, дасть можливість визначити рецептуру підготування матеріалу СЗ РП.

У зв'язку із виникненням альтернативних авіаційних продуктів нафтопереробки, які вже є альтернативними видами палива у ВПС США та деяких авіакомпаній світу, постає питання щодо створення відповідних комплектів стандартних зразків різної ПЕП на основі саме цих видів палива. Основним завданням є визначення стабільності, однорідності та комутативності таких стандартних зразків [16].

### Висновки

Авторами було надано результати аналізу досліджень у галузі розроблення СЗ; наведені експериментальні дані дослідження однорідності та стабільності стандартних зразків РП на базі акредитованої ВЛ ВІЛ "Авіатест" НАУ довели можливість виготовлення таких СЗ.

Пропонується створення ряду стандартних зразків не лише зі спеціально підготовленого авіаційного палива без присадок по типу "УЭП АТ-1" у інтервалі значень від 1 до 50 пСм/м, а й із реактивного палива з антистатичною присадкою з різними рівнями значення атестованої характеристики у діапазоні від 25 до 650 пСм/м.

# **Создание стандартных образцов удельной электропроводимости авиационных топлив как составляющей обеспечения единства измерений в химмотологических лабораториях**

**В.С. Єременко<sup>1</sup>, В.М. Мокийчук<sup>1</sup>, А.А. Редько<sup>2</sup>, Н.В. Пащенко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> НТУУ "КПИ ім. І. Сикорського", пр. Перемоги, 37, 03056, Київ, Україна

*nau\_307@ukr.net; uncertainty@ukr.net*

<sup>2</sup> Національний авіаційний університет, пр. Любомира Гузара, 1, 03058, Київ, Україна

*o.redko.ua@gmail.com; natalia.pashchenko@npp.nau.edu.ua*

## **Аннотация**

Представлены результаты анализа исследований в области повышения электропроводности в углеводородных жидкостях. Доказана возможность изготовления и приведены результаты экспериментальных исследований однородности стандартных образцов авиационного топлива. Предложено создание ряда стандартных образцов реактивного топлива с антистатической присадкой с различными уровнями значения аттестованной характеристики в диапазоне от 25 до 650 пСм/м. Актуальность создания комплекта стандартных образцов удельной электропроводности топлива обусловлена необходимостью использования аккредитованными на соответствие требованиям международного стандарта ISO/IEC 17025 испытательными лабораториями. Это позволит обеспечить единство, прослеживаемость и достоверность измерений при оценке пригодности методики измерения (испытания) и проверки квалификации лаборатории, проведении промежуточных проверок измерительного оборудования и внутрилабораторного контроля качества на всем диапазоне измерений методики.

**Ключевые слова:** стандартные образцы; реактивное топливо; удельная электропроводимость; единство измерений.

# **Creation of reference materials of specific electrical conductivity of aviation fuels as a component of ensuring the uniformity of measurements at chemmotology laboratories**

**V. Yeremenko<sup>1</sup>, V. Mokiychuk<sup>1</sup>, O. Redko<sup>2</sup>, N. Pashchenko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Peremohy Ave., 37, 03056, Kyiv, Ukraine  
*nau\_307@ukr.net; uncertainty@ukr.net*

<sup>2</sup> National Aviation University, Lubomyra Guzara Ave., 1, 03058, Kyiv, Ukraine  
*o.redko.ua@gmail.com; natalia.pashchenko@npp.nau.edu.ua*

## **Abstract**

Today in Ukraine there are no reference materials of aviation fuels, including very important reference materials of specific conductivity of aviation fuels. This makes impossible to ensure the accredited laboratories activities for testing aviation fuels. The relevance of creating a set of reference materials of specific electrical conductivity of aviation fuels is caused by the need to ensure the uniformity, traceability and reliability of measurements when assessing the suitability of measurement (testing) methods and proficiency testing in testing chemmotology laboratories accredited for compliance with international standard ISO/IEC 17025. It is also caused by the intermediate inspections of measuring equipment and intra-laboratory quality control over the entire range of measurement methods realizations. An important characteristic for the safety of aircraft engines is the specific conductivity of fuels. This characteristic can be quite easily and accurately measured in each unit from the batch of reference materials. A wide range of values of specific conductivity of reference materials can be obtained with the help of specialized additives.

In the article the authors analyze the existing regulations and publications on procedures for the manufacture and use of fuel reference materials in general and specific requirements for fuels used in aviation. The issue of manufacturing is considered and the results of experimental researches of homogeneity and stability of reference materials of aviation fuel taking into account the requirements of DSTU-N ISO Guide 35:2018 are given.

It is proposed to create a number of aviation fuel reference materials with antistatic additive and different levels of the certified characteristic value at the range from 25 pS/m to 650 pS/m.

**Keywords:** standard samples; reference materials; aviation fuel; electrical conductivity; uniformity of measurements.

### Список літератури

1. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017. Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій. Київ, 2017. 26 с.
2. ISO 17034:2016. General requirements for the competence of reference material producer. Geneva, ISO, 2017. 24 p.
3. Максимов Б.К. Нейтрализация зарядов статического электричества в авиационном топливе. *Электричество*. 1973. № 2. С. 72–74.
4. Davies R. and Knipple R. Experience with Static Dissipator Additive in Aviation Fuels. SAE Technical Paper, 700278, 1970, p. 14.
5. Артемчук В.О., Білан Т.Р., Блінов І.В. та ін. Теоретичні та прикладні основи економічного, екологічного та технологічного функціонування об'єктів енергетики. За ред. А.О. Запорожця, Т.Р. Білан. Київ: ФТПЕ НАНУ, 2017. С. 278–296. doi: 10.5281/zenodo.2529712
6. The effect of aviation fuels containing low amounts of static dissipater additive on electrostatic charge generation. Coordinating Research Council Report No. 590. Atlanta, Georgia, USA, 1994. 133 p.
7. Шаталов К.В. Государственные стандартные образцы состава и свойств нефтепродуктов. *Стандартные образцы*. 2014. № 2. С. 48–55.
8. Мухамедзянов А.Х., Мухамедзянов Р.А. Опыт создания импортозамещающих национальных стандартных образцов состава и свойств нефти и нефтепродуктов по заданию программы метрологического обеспечения производства продукции Миннефтехимпрома СССР, утвержденной постановлением Госстандарта СССР от 30.01.1986 № 8. *Стандартные образцы*. 2015. № 3. С. 37–50.
9. ГОСТ 25950-83. Топливо для реактивных двигателей с антистатической присадкой. Метод определения удельной электрической проводимости. Москва, 1984. 10 с.
10. American Standard ASTM D 2624-15. Standard Test Methods for Electrical Conductivity of Aviation and Distillate Fuels. USA, American Society for Testing and Materials International, 2015. doi: 10.1520/D2624-15
11. Scott A. Hutzler. Alcohol-to-Jet (ATJ) fuel blending study. Interim report TFLRF No. 472. U.S. Army TARDEC Fuels and Lubricants Research Facility Southwest Research Institute San Antonio, TX. 2015. URL: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1001842.pdf> (дата звернення 14.05.2020 р.)
12. ДСТУ-Н ISO GUIDE 35:2018 (ISO Guide 35:2017, IDT). Референтні матеріали. Рекомендації з характеризувannya та оцінювання однорідності та стабільності. Київ, 2018. 96 с.
13. Єременко В.С., Мокійчук В.М., Самойліченко О.В. Достовірність оцінювання складових невизначеності стандартних зразків, обумовлених неоднорідністю та нестабільністю. *Системи обробки інформації*. 2011. № 1(91). С. 87–90.
14. ДСТУ-Н РМГ 54:2014. Метрологія. Характеристики градувальні засобів вимірювання складу та властивостей речовин і матеріалів. Методика виконання вимірювання з використанням стандартних зразків. Київ, 2016. 16 с.
15. ДСТУ 8385:2015. Нафтопродукти. Палива авіаційні та дистильатні. Метод визначення питомої електропровідності. Київ, 2017. 6 с.
16. Мокійчук В.М., Редько О.О., Самойліченко О.В., Шкільнюк І.О. Сучасні аспекти забезпечення єдності вимірювання у хімімотологічних лабораторіях. *Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2017)*: зб. тез допов. IV міжнар. наук. конф. Вінниця, 31.10–02.11.2017. Вінниця: ПП “ТД “Едельвейс і К”, 2017. С. 36–37.

### References

1. DSTU ISO/IEC 17025:2017. General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. Kyiv, 2017. 26 p. (in Ukrainian).
2. ISO 17034:2016. General requirements for the competence of reference material producer. Geneva, ISO, 2017. 24 p.
3. Maksimov B.K. Neitralyzatsyia zariadov statycheskoho elektrychestva v avyatsyonnom toplyve [Neutralization of static electricity charges in aviation fuel]. *Electricity*, 1973, no. 2, pp. 72–74 (in Russian).
4. Davies R. & Knipple R. Experience with Static Dissipator Additive in Aviation Fuels. SAE Technical Paper 700278, 1970, p. 14. doi.org/10.4271/700278.
5. Artemchuk V.O., Bylan T.R., Blinov I.V. et al. Teoretychni ta prykladni osnovy ekonomichnoho, ekolohichnoho ta tekhnolohichnoho funk-

- tsionuvannia obiektyv enerhetyky [Theoretical and applied bases of economic, ecological and technological functioning of energy objects]. A.O. Zaporozhets, T.R. Bilan (Eds.). Kyiv, NASU, 2017, pp. 278–296 (in Ukrainian). doi: 10.5281/zenodo.2529712
6. The effect of aviation fuels containing low amounts of static dissipater additive on electrostatic charge generation. Coordinating Research Council Report No. 590. Atlanta, Georgia, USA, 1994. 133 p.
  7. Shatalov K.V. Hosudarstvennye standartnye obraztsy sostava y svoystv nefteproduktov [Certified reference material for petroleum products composition and properties]. *Reference materials*, 2014, no. 2, pp. 48–55 (in Russian).
  8. Mukhamedzianov A.K., Mukhamedzianov R.A. Experience in developing the import-substituting national reference materials of composition and properties of petrol and petroleum products under the program of the metrological assurance of production of the Ministry of oil refining and petrochemical industry of USSR approved by the Gosstandart's decree from 30.01.1986 no. 8. *Reference materials*, 2015, no. 3, pp. 37–50 (in Russian).
  9. Interstate Standard 25950-83. Jet fuel with anti-static additive. Method for determination of specific electrical conductivity. Moscow, 1984. 10 p. (in Russian).
  10. American Standard ASTM D 2624-15. Standard Test Methods for Electrical Conductivity of Aviation and Distillate Fuels. USA, American Society for Testing and Materials International, 2015. doi: 10.1520/D2624-15
  11. Scott A. Hutzler. Alcohol-to-Jet (ATJ) fuel blending study. Interim report TFLRF No. 472. U.S. Army TARDEC Fuels and Lubricants Research Facility Southwest Research Institute San Antonio, TX. 2015. Available at: <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/1001842.pdf>
  12. Manual of Ukraine 35:2018. Reference materials – Guidance for characterization and assessment of homogeneity and stability (ISO Guide 35:2017, IDT). Kyiv, 2018. 96 p. (in Ukrainian).
  13. Yeremenko V.S., Mokiychuk V.M., Samoylichenko O.V. Dostovirnist otsiniuvannia skladovykh nevyznachenosti standartnykh zrazkiv, obumovlenykh neodnorodnistiu ta nestabilnistiu [Reliability of estimation of components of uncertainty of standard samples due to heterogeneity and instability]. *Information processing systems*, no. 1(91), pp. 87–90 (in Ukrainian).
  14. Manual of Ukraine 54:2014. Metrology. Characteristics of calibration for measuring device of composition and properties of substances and materials. Method of measuring performance using standard samples. Kyiv, 2016. 16 p. (in Ukrainian).
  15. DSTU 8385:2015. Petroleum products Aviation and distillate fuels. Method for determination of electrical conductivity. Kyiv, 2017. 6 p. (in Ukrainian).
  16. Mokiychuk V.M., Redko O.O., Samoylichenko O.V., Shkilniuk I.O. Suchasni aspekty zabezpechennia yednosti vymiriuvannia u khimotolohichnykh laboratoriiakh [Modern aspects of ensuring unity of measurements in chemistry laboratories]. *Measurement, monitoring and diagnostics in technical systems proceedings of the IV International scientific conference*. Vinnytsya, “TD “Edelveys i K” Publ., 2017, pp. 36–37 (in Ukrainian).