

УДК 504.05:504.06(45)

DOI: 10.18372/0370-2197.4(89).15011

*О. І. ЗАПОРОЖЕЦЬ, С. В. КАРПЕНКО, С. О. ПУЗИК, А. Б. ВАПНІЧНИЙ**Національний авіаційний університет, Київ*

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОВНОРОЗМІРНОГО СТЕНДУ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЧИСНИКІВ ПАЛИВ ШЛЯХОМ ЙОГО МОДЕРНІЗАЦІЇ

Оцінено стан екологічної безпеки повнорозмірного стенду для дослідження очисників палив. Запропоновані шляхи модернізації стенду, які дозволяють зменшити негативний вплив на довкілля. Дихальний клапан підібрано за максимальним тиском, який може витримати каркас резервуару. Визначено значення приземної концентрації при викиді газоповітряної суміші через дихальний клапан на певну відстань, і проведено порівняння з гранично допустимою концентрацією небезпечних викидів. Розраховано кількість відходів, що утворилися під час зачищення резервуару стенду. Розглянуто метрологічне забезпечення, засоби пожежогашіння, вплив шумового, вібраційного, світлового і радіаційного забруднення довкілля навчально-наукової лабораторії.

Ключові слова: екологічна безпека, повнорозмірний стенд, модернізація, небезпечні викиди, відходи, забруднення довкілля,

Вступ. Незважаючи на регулярне сезонне обслуговування у весняно-літню і осінньо-зимову навігацію та ремонтні роботи технологічного обладнання повнорозмірного стенду навчально-наукової лабораторії «Технологічні процеси у авіапаливозабезпеченні» (НН ТПУА), технічний стан більшості агрегатів не відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки. Для багатьох агрегатів досягнута межа за терміном служби, їх потрібно демонтувати і замінювати на нові.

Відхилення середніх показників існуючого технологічного обладнання у порівнянні з новою технікою можна згрупувати наступним чином:

- річні витрати на ремонтно-технічне обслуговування технологічного обладнання можуть досягти до 10% від його вартості;
- рівень викидів забруднювальних речовин в атмосферу перевищує показники нових агрегатів;
- підготування резервуарів (очищення внутрішньої поверхні) до технологічних процесів не забезпечує їх ефективність;
- засоби фільтрування, оснащені застарілими фільтроелементами, які сприяють збільшенню шкідливих викидів в атмосферу;
- для технологічного обладнання стенду з низьким коефіцієнтом технічного стану викиди забруднювальних речовин значно вищі.

Одним із шляхів зниження шкідливих викидів в атмосферу і підвищення екологічної безпеки могла би слугувати модернізація технологічного обладнання повнорозмірного стенду.

Мета роботи: оцінка екологічної безпеки повнорозмірного стенду дослідження очисників палив.

Результати досліджень. Кожна резервуарна група є джерелом викиду забруднювальних речовин. На стенді паливо зберігається в одному заглибленому і двох наземних горизонтальних резервуарах ємністю 50м³. Див. рис. 1[1]

Забруднення довкілля НН лабораторії відбувається за рахунок потрапляння в атмосферне повітря випаровувань палива під час виконання технологічних

операцій таких як: приймання, зберігання палива в ємностях, безпосередньо під час дослідження засобів очищення палива.

Організованим джерелом викиду забруднюючих речовин є дихальний клапан резервуару з паливом.

Для зменшення викидів забруднювальних речовин при зберіганні палива у резервуарах велике значення має підбір, надійне налагодження дихальних клапанів та герметичність резервуарів.

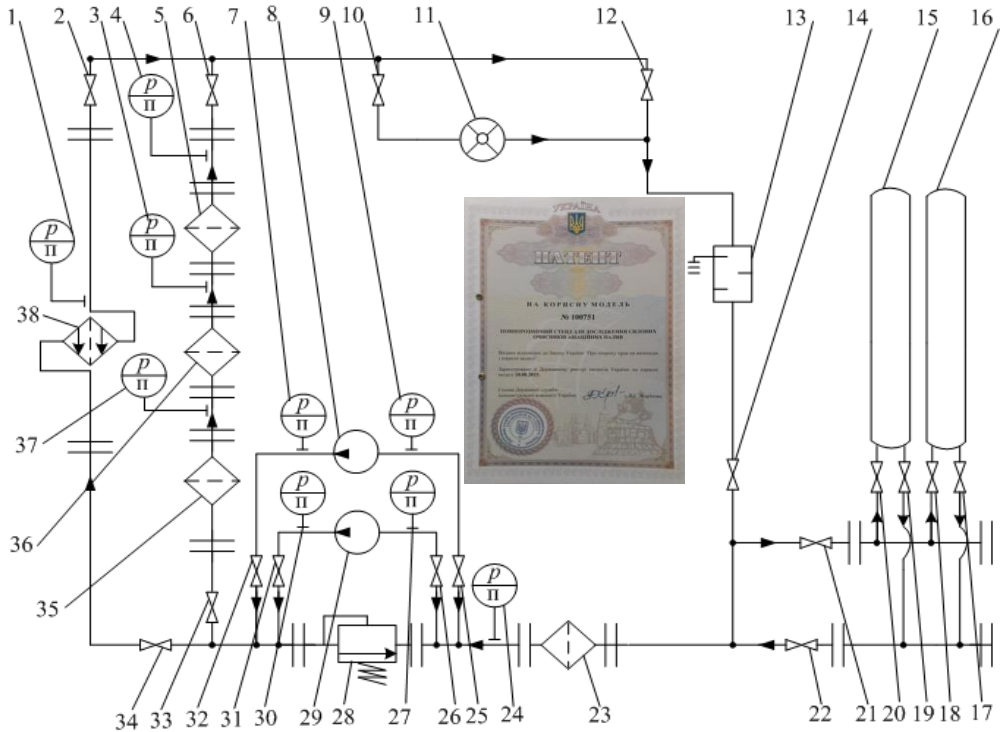


Рис. 1. Принципова схема повно розмірного стенду для дослідження засобів очищення авіаційних палив: 1, 3, 4, 24, 37 – дифманометри; 2, 6, 10, 12, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 25, 26, 31, 32, 33, 34 – засувки; 5, 35 – фільтри ТФ-10; 7, 30 – манометри; 8, 29 – відцентрові насоси; 9, 27 – мановакуумметри; 11 – лічильник; 13 – індукційний нейтралізатор статичної електрики палив (ІНСЕП); 15 – витратний резервуар; 16 – резервний резервуар; 23 – фільтр ФГН-120; 28 – колектор із запобіжно перепускним клапаном; 36 – фільтр-сепаратор (СТ-500-2М); 38 – гравітаційний очисник

Дихальний клапан підбирається за пропускною спроможністю та перепадом тиску, який допускається.[2] Разом з тим, дихальний клапан можна розраховувати за максимальним тиском, який може витримати каркас перекриття резервуару за наступною формулою:

$$P_{д max} = \delta_k \rho_c g + \frac{G}{F} \quad (1)$$

де $P_{д max}$ – максимальний тиск парів палива, Па; δ_k – товщина листа перекриття, м; ρ_c – густина металу перекриття, кг/м³; G – вага каркасу перекриття, кг; F – площа перекриття м².

Розглянемо встановлення дихального клапану на резервуарі та визначимо $P_{дmax}$. Площу перекриття приймаємо, як площу всієї циліндрової поверхні резервуару, та визначаємо за формулою:

$$F = L \cdot H,$$

де L – довжина утворюючої циліндра резервуару, м; H – довжина резервуару м.

Підставляючи необхідні значення радіуса та довжини резервуара, отримаємо:

$$F = 98,91 M^2$$

Для визначення ваги циліндричної частини резервуара з товщиною стінки $\delta_k = 5$ мм використаємо наступну формулу:

$$G = \rho \cdot V \cdot g$$

де ρ – густина матеріалу, з якого виготовлений резервуар, $кг/м^3$; V – об'єм циліндричної частини, $м^3$; g – прискорення вільного падіння $\frac{м}{с^2}$.

Об'єм циліндричної частини резервуару визначається, як різниця між об'ємами циліндрів з діаметром d_1 і d_2 .

Звідси, підставивши необхідні значення можна отримати :

$$G = \rho \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot 2}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2) = 187,3 кг$$

Тоді підставивши всі отримані значення у формулу (1) можна отримати:

$$P_{дmax} = 2276 \text{ Па}$$

З розрахунків видно, що каркас перекриття резервуару витримає тиск парів палива рівний 2276 Па, отже при регулюванні дихального клапану на тиск 2000 Па він буде мати запас за тиском 276 Па.

Досвід експлуатації технологічного обладнання об'єктів авіапаливозабезпечення показав, що кулькові дихальні клапани, які встановлені на резервуарах стенду не відповідають сучасним вимогам, так як пропускна спроможність їх невелика і складає 3-4 $м^3/год$. Кульки, які не щільно розташовані в гніздах, пропускають пари палива в атмосферу, або навпаки повітря в резервуари, окрім того можуть замерзати при мінусових температурах. Більше того, на кулькових клапанах відсутні повітряні фільтри, що сприяє потраплянню пилу та інших забруднень із атмосфери.

Краще себе зарекомендували тарільчані дихальні клапани. На теперішній час застосовуються непримерзаючі дихальні клапани типу НКДМ. Ці клапани мають ряд конструкційних експлуатаційних переваг: працюють при температурах навколишнього повітря від $+60^\circ\text{C}$ до -60°C , забезпечують високу пропускну спроможність (1500 і 3000 $м^3/год$.), не потребують заливання ущільнювальної рідини, їх можна використовувати в середній і південній кліматичних зонах. Виготовляють і постачають клапани в комплекті з дисками-відбивачами, що є ефективним засобом для зниження витрат від випаровування. Диски-відбивачі встановлюють під монтажними патрубками дихального клапану, як в наземних, так і в заглиблених металевих резервуарах. Принцип дії диска-відбивача побудований на зміні напрямлення струменя повітря, яке надходить в резервуар з вертикального напрямку на майже горизонтальний, в результаті чого потік повітря спрямовується всередину резервуара. Змішування повітря з випарами палива відбувається у верхній частині, яка контактує з покриттям резервуара, де концентрація палива незначна порівняно з насиченою парою, що знаходиться на його поверхні і майже не бере участі в процесі конвективного змішування. Застосування

дисків-відбивачів найбільш ефективно в резервуарах з великим коефіцієнтом оборотності. Протягом теплового періоду року втрати від «великих дихань» можуть бути знижені на 30-40%. [2]

У холодний період року диски-відбивачі не сприяють зменшенню втрат палива, оскільки холодне повітря, яке надходить до резервуару, важче від пароповітряної суміші і прямує до поверхні палива, перемішуючи насичені випари. Модернізація дихальної апаратури резервуарів стенду сприяє не тільки підвищенню екологічної безпеки, а і зниженню трудомісткості його обслуговування.

Основними забруднюючими речовинами в процесі експлуатації стенду є: насичені вуглеводні, діоксид вуглецю, оксиди азоту та інші. Всі ці речовини негативно впливають на організм людини і на них встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) в повітрі робочої зони, та атмосферному повітрі взагалі. [3]

Крім того, випаровування палива повинні відповідати нормам вибухонебезпечності та пожежонебезпечності. (див. табл. 1)

Таблиця 1

Зведені ГДК та норми небезпечності випаровувань палива

Види палива	ГДК палива			Норми вибухонебезпечності та пожежонебезпечності палива		
	ГДК робочої зони, мг/м ³	ГДК середньодобова, мг/м ³	ГДК максимальна разова, мг/м ³	ГДК робочої зони, мг/м ³	ГДК середньодобова, мг/м ³	ГДК максимальна разова, мг/м ³
Бензин	100	5	1,5	2-6	1	5
Гас	300	3	0,3	20	3,0	5

Продовження таблиці 1

Види палива	Температура само спалахування, °С	Межі вибуховості	
		Мінімальна, об. %	Максимальна, об. %
Бензин	257	0,6	8
Гас	220	0,6	6,5

Визначення значення приземної концентрації при викиді газоповітряної суміші через дихальний клапан із резервуарів повно розмірного стенду дослідження очисників палива на певну відстань. Максимальне значення приземної концентрації c_m , мг/м³, при викиді газоповітряної суміші через дихальний клапан з резервуару на відстань X_m , м, за якого вона досягається під час несприятливих метеорологічних умов, визначається за формулою:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot (V_i \cdot \Delta T)^{1/3}}, \quad (2)$$

де A – коефіцієнт, що визначає умови горизонтального й вертикального розсіювання. Для України $A=160$; M – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу, г/с; F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі (1-2); m і n – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші через дихальний клапан резервуару; η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості на розсіювання домішок (для рівної місцевості $\eta=1$); H – висота джерела викиду над рівнем землі, м; V_i – витрата газоповітряної суміші м³/с, визначається за формулою:

$$V_i = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0$$

де D – діаметр дихального клапана, м; ω_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з дихального клапана, м/с; ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші T_B і температурою навколишнього повітря T_p , яка дорівнює $\Delta T = T_B - T_p$.

Для визначення коефіцієнта m необхідно розрахувати параметр f :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}},$$

$$\text{де } f = 10^2 \frac{\omega_0^2}{H^2 \Delta T}$$

Для визначення коефіцієнта n необхідно розрахувати параметр V_m :

$$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13,$$

$$\text{де } V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_i \cdot \Delta T}{H}}.$$

Підставляючи вихідні дані у формулу (2): висота джерела викиду над рівнем землі, $H = 3,5$ м; діаметр дихального клапана, $D = 0,01$; середня швидкість викиду газоповітряної суміші, $\omega_0 = 1,5$ м/с; температура газоповітряної суміші, $T_h = 50^\circ\text{C}$; температура навколишнього повітря, $T_p = 20^\circ\text{C}$; маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, $M = 0,085$ г/с, отримаємо значення, яке складає 260 мг/м³.

Отже, перевищення ГДК забруднення речовини в атмосферному повітрі стенду не виявлено.

Далі визначаємо величину X_m (відстань, м):

$$X_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H,$$

$$\text{де безрозмірний коефіцієнт } d = 4,95 \cdot V_m \cdot \left(1 + 0,28 \cdot f^{1/3}\right).$$

В результаті отримаємо значення відстані у $5,982$ м, де очікується максимальна концентрація шкідливих викидів. Таким чином, максимальне значення приземної концентрації 260 мг/м³ при викиді газоповітряної суміші через дихальний клапан резервуара стенду з висоти $3,5$ м на відстань $5,982$ м, не перевищує допустимі норми існуючих стандартів екологічної безпеки.

У формулу (2) в прихованій формі входить швидкість вітру, який впливає на розсіювання домішок. Чим більше швидкість вітру, тим більша турбулентність атмосфери й тим інтенсивніше поширюються ці домішки в навколишньому середовищі. Водночас, зі збільшенням швидкості вітру зменшується висота факела над дихальним клапаном резервуара. Небезпечна швидкість вітру не є метеорологічним чинником і може мати різні чисельні значення для кожного джерела викиду залежно від його характеру [4].

Як відомо, витіки шкідливих речовин внаслідок проведення регламентних робіт з очищення внутрішніх поверхонь резервуарів стенду можуть призвести до забруднення довкілля та негативного впливу на здоров'я персоналу лабораторії. Відповідно до інструктивних документів передбачається зачищення резервуарів, в тому числі мийка водою. Існуючі, на даний час, методи очищення і технології-

чне обладнання, які при цьому застосовуються, мають певні недоліки, що не дозволяє досягти необхідного результату, а потім утилізувати отримані забруднення (відходи) у вигляді мийних розчинів.

Розрахунок відходів, що утворюються під час зачищення резервуару стенду, який проводиться згідно «Тимчасових методичних рекомендацій із розрахунків нормативів утворення відходів виробництва і споживання», за формулою:

$$M = V \cdot K \cdot 10^3 \text{ (т/рік)},$$

де V – річний обсяг пального, що зберігається у резервуарі, 40 т/рік; K – питомий норматив утворення відходів на одну тону палива, що зберігається у резервуарі (для резервуарів з газом $K=0,9$ кг на 1 т газу)

Кількість відходів, що утворилися під час очищення наземного резервуару РГС-50 дорівнює 0,036 т/рік (36 кг на рік), що складає незначну величину. Відходи, згідно рамкового договору №607 з ТОВ «ОІЛТЕХСЕРВІС», здаються на утилізацію до ліцензованого підприємства.

Гасіння пожежі у резервуарній групі стенду може здійснюватися як стаціонарними, так і пересувними засобами. Вибір засобів і методів пожежогасіння відбувається від способу зберігання палива та інтенсивності роботи стенду. Гасіння пожежі здійснюється за рахунок приготування піни і подачі її в резервуар, де вона розтікається по всій поверхні палива, ізолюючи йому доступ повітря. Піна утворюється за допомогою генератора ежекторного типу, який встановлюється на верхньому поясі вертикального резервуару, але не виключається застосування його на горизонтальних резервуарах стенду.

Блискавка захисні пристрої захисту будівлі технологічного обладнання прийняті в експлуатацію і не рідше одного разу на рік проводиться їх ревізія.

Відповідно «Інструкції з забезпечення заправлення повітряних суден ПММ і технічними рідинами в підприємствах цивільного авіаційного транспорту України», засоби фільтрування палив стенду здійснюють його очищення через фільтроелементи ВАТ «ЕЛІОН-2», виробництво РФ, які забезпечують: вміст механічних домішок не більше 2,0 г/т (масова частка 0,0002%); вміст вільної води не більше 30 г/т (масова частка 0,003%); тонкість фільтрування 5-8 мкм.

На XIII міжнародній конференції із авіації для підвищення надійності систем паливної автоматики повітряних суден була рекомендована межа допустимої забрудненості авіаційних палив не більше 1,2 г/т, а розмір забруднень – не більше 2 мкм. Надійність паливних систем повітряних суден буде забезпечено, якщо фільтри зменшують кількість часток розміром 1-2 мкм і повністю видаляють частинки розміром 5 мкм і більше.[5] Тому, з метою підвищення якості палива (робочої рідини) стенду, і як наслідок його екологічної безпеки, доцільно замінити існуючі фільтроелементи на більш сучасні, наприклад, фірми «ФАУ-ДІ».

Метрологічне забезпечення стенду досягається дотриманням встановлених норм і правил, застосування засобів, які гарантують необхідну точність вимірювань. [6] За станом метрологічного забезпечення стенду здійснюється постійний контроль, при якому перевіряються: стан засобів вимірювань, дотримання термінів повірки, наявність державного клейма, або свідоцтва про повірку, відповідність засобів вимірювань умовам стандарту, правильність проведення вимірювань; наявність градуювальних таблиць на резервуарах.

Вплив шумового, вібраційного, світлового, теплового та радіаційного забруднення доквілля навчально-наукової лабораторії. Джерелами шуму на стенді

є: два відцентрові насоси СЦЛ-20-24 з електроприводами величиною у 70 дБ(А), тобто є менше гранично допустимої у 80 дБ(А) екв. Згідно вимог ДСН 3.3.6.037-99 для робочих місць персоналу. [7]

Вібраційний шум від роботи насосів з електроприводами унеможливлений правильною (відповідно до існуючих вимог) установкою платформи фундаменту.

Крім того, на насосах стенду СЦЛ-20-24 слід застосувати спеціальні ущільнювачі, виключити муфтові з'єднання трубопроводів, герметизувати всі його агрегати. Джерела виникнення світлового, теплового та радіаційного забруднення на об'єкті відсутні.

Таким чином, повнорозмірний стенд не чинитиме негативного акустичного впливу на екологію довкілля та здоров'я персоналу.

Висновки

1. Підбір дихального клапану (організованого джерела викиду) резервуару дозволяє модернізувати дихальну апаратуру і знизити трудомісткість його обслуговування;

2. Розрахунок відстані до місця де очікується максимальна приземна концентрація, дозволяє визначити чи потрапляють до них службові приміщення, тобто оцінити екологічний стан місцевості;

3. Розрахунок відходів, що утворилися, під час очищення резервуара стенду складає незначну величину і утилізується до ліцензованого підприємства;

4. В якості засобів пожежогасіння перевага віддається стаціонарним, а саме генератору ежекторного типу, який встановлюється безпосередньо на резервуарі;

5. З метою підвищення якості палива (робочої рідини) стенду і, як наслідок, його екологічної безпеки, доцільно замінити існуючі фільтроелементи на більш сучасні, наприклад, фірми « Фауді»;

6. Вплив шумового, вібраційного, світлового та радіаційного забруднення довкілля в навчально-науковій лабораторії не виявлено;

7. Вплив від експлуатації повнорозмірного стенду дослідження засобів очищення палив, на існуючий стан довкілля мінімальний та не перевищує допустимого.

Список літератури

1. Патент України 100753 Повнорозмірний стенд для дослідження засобів очищення авіаційних палив/ Пузік С.О., Пузік О.С., Вареник А.В., Чернов А.П.;

2. Пузік С.О. Технологічні процеси з ПММ: підручник/Пузік С.О., Баканов Є.О., Теряхін В.І., Опанасенко В.Ф.. – К.: НАУ, 2003-256 с;

3. Air pollutant emissions from the development production and processing of marcellins shall natural gas Roy A.A., Adams P.J., Robinson A.L.. – Journal of the Air 2014;

4. Запорожець О.І. Інвентаризація викидів забруднювальних речовин із резервуарів складів пально-мастильних матеріалів/Запорожець О.І., Пузік С.О., Карпенко С.В., Синило К.В., Вареник А.В.// Проблеми тертя та зношування. – 2017-№4(77). –С. 100-106;

5. Пузік С.О., Манзій В.С.. Методичні аспекти проблеми очищення авіаційного палива силовими очисниками: монографія. – К.: НАУ, 2019. – 45 с;

6. Чеботарьов Л.І.. Технічна експлуатація засобів паливозабезпечення аеропортів: підручник/Чеботарьов Л.І., Пузік С.О.. – К.: НАУ, 2018 – 264 с;

7. Проблеми забруднення атмосферного повітря при експлуатації аеропортів цивільної авіації/Запорожець О.І., Синило К, Ульянова К, Крупко А., Порошенев В., за редакцією, К. Синило. – К.: НЕЦУ, 2018. – 20 с;

8. Російсько-український словник спеціальних термінів авіаційних пально-мастильних матеріалів, навчальний підручник: НАУ, 2003, - 76 с.

O. I. ZAPOROZHETS, S. V. KARPENKO, S. O. PUZIK, A. B. VAPNICHNYI

INCREASING THE ENVIRONMENTAL SAFETY OF A FULL-SIZED STAND OF RESEARCH OF FUEL CLEANERS BY ITS MODERNIZATION

The state of ecological safety of the full-size stand for research of fuel purifiers is estimated. Ways to modernize the stand are proposed, which allow to reduce the negative impact on the environment. The breathing valve is selected at the maximum pressure that can withstand the tank frame. The value of the surface concentration at the emission of the gas-air mixture through the breathing valve at a certain distance was determined, and a comparison with the maximum allowable concentration of hazardous emissions was made. The amount of waste generated during the cleaning of the stand tank is calculated. It is established that in order to improve the quality of fuel (working fluid) of the stand and, as a consequence, its environmental safety, it is advisable to replace existing filter elements with more modern ones, such as Faudi. Metrological support, fire extinguishing means, influence of noise, vibration, light and radiation pollution of the educational and scientific laboratory are considered.

Keywords: environmental safety, full-size stand, modernization, hazardous emissions, waste, environmental pollution.

References

1. Patent of Ukraine 100753 Full-size stand for research of means of cleaning of aviation fuels / Puzik S.O., Puzik O.S., Varenyk A.V., Chernov A.P.;
2. Puzik S.O. Technological processes with fuel and lubricants: a textbook Puzik S.O., Bakanov E.O., Terekhin V.I., Opanasenko V.F. - K.: NAU, 2003-256 s;
3. Air pollutant emissions from the development production and processing of marcel-lins shall natural gas Roy A.A., Adams P.J., Robinson A.L. – Journal of the Air 2014;
4. Zaporozhets O.I. Inventory of emissions of pollutants from tanks of fuel and lubricants warehouses / Zaporozhets O.I., Puzik S.O., Karpenko S.V., Sinilo K.V., Varenyk A.V. // Problems of friction and wear. - 2017-№4 (77). 100-106 s;
5. Puzik S.O., Manzi V.S.. Methodical aspects of the problem of aviation fuel purification by power cleaners: monograph. - K.: HAU, 2019. - 45 s;
6. Chebotarov L.I. Technical operation of airport fuel supply: textbook / L.I. Chebotarov L.I., Puzik S.O. - K.: HAU, 2018 - 264 s;
7. Problems of air pollution during the operation of civil aviation airports / Zaporozhets O.I., Sinilo K.V., Ulyanova K., Krupko A., Poroshenev V, editors., Sinilo K.. - K.: NECU, 2018. - 20 s;
8. Russian-Ukrainian dictionary of special terms of aviation fuels and lubricants, textbook: NAU, 2003, - 76 s.

Запорожець Олександр Іванович – д-р техн. наук, професор, провідний науковий співробітник Національного авіаційного університету, zap@nau.edu.ua.

Карпенко Сергій Володимирович – науковий співробітник Національного авіаційного університету, karpenko_serg@ukr.net.

Пузік Сергій Олексійович – канд. техн. наук, професор Національного авіаційного університету, s.puzik@emai.ua.

Ванічний Артур Борисович – студент Національного авіаційного університету, drakyjia65@gmail.com.