Інтервал дискретизації $t_i - t_{i-1}$ може змінюватися в процесі опрацювання даних. Він повинен вибиратися досить малим, таким, щоб процес був збіжним і в той же час – синхронізованим з моментами надходження повідомлень АЗС.

Отже, під час автоматизації процесу контролю місцезнаходження повітряного корабля і попередження конфліктних ситуацій у системах КПР, заснованих на системі АЗС, алгоритмізація повинна робитися з використанням методу динамічного моделювання. Методи синтезування моделі керованого польоту, що враховують інформацію про план польоту, його режими, закони траєкторного керування, дозволяють ідентифікувати навігаційні помилки різного типу.

Більш високий ступінь адекватності динамічної моделі реальному процесу польоту і можливість ідентифікації тенденцій відхилень від заданих параметрів затвердженого плану польоту дозволяють підвищити точність оцінки параметрів траєкторії польоту, вірогідність контролю і прогнозування місцеположення повітряних кораблів під час рішення задачі запобігання потенційно конфліктних ситуацій.

Список літератури

1. *Report* of the 10-th Air Navigation Conference. Doc 9583, AN-CONF/10. – Montreal, ICAO, 1991.

2. *Кузовков Н.Т., Карабанов С.В., Салычев О.С.* Непрерывные и дискретные системы управления и методы идентификации. – М.: Машиностроение, 1978. – 222 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.01.

УДК 621.362+621.565+665.733.3

ББК А542-449+А542-543

О.В. Бойченко, О.Ф. Аксьонов, С.В. Бойченко

ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ СОРБЕНТІВ І ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ОХОЛОДЖУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАПОБІГАННЯ ПРИРОДНИХ ВТРАТ НАФТОВИХ ПАЛИВ

Обґрунтовано можливість використання сорбентів і термоелектричних охолоджуючих пристроїв з метою запобігання природних втрат нафтових палив на підставі аналізу науково-технічної літератури, статистичних і лабораторних досліджень. Комплексне поєднання даних технологій надає можливість створення "дихального клапана нового покоління" для використання як "дихальної" арматури резервуарів, так і системи запобігання втрат палив від випаровування. Описано принцип роботи розробленої системи та обґрунтовано ефективність її використання.

У процесі приймання, транспортування, зберігання та перекачування палив спеціалісти вирішують проблеми втрат палив, серед яких основними є природні втрати, обумовлені випаровуванням вуглеводневих рідин [1; 2; 3].

Втрати палив від випаровування (природні втрати) призводять до погіршення їхніх експлуатаційних властивостей, насамперед пускових та антидетонаційних, що обмежує технічний ресурс двигунів транспортних засобів. Актуальним також є екологічний аспект цієї проблеми, оскільки випаровування палива значно збільшує техногенне навантаження на навколишнє середовище [4;5].

На сучасному етапі екологічний та економічний аспекти проблеми економії і ефективного використання (ресурсозбереження) нафтової сировини і товарних палив для транспортних засобів визнані пріоритетними на однаковому рівні. На сьогодні не одне технічне рішення не приймається без ретельної екологічної експертизи. Прикладом цього може бути введення в країнах Західної Європи з 2000 р. нових специфікацій на автомобільні бензини, які передбачають з 2005 р. значне подальше підвищення вимог (табл. 1).

Таблиця 1

Екологічні вимоги до автомобільних бензинів в Західній Європі

Найменування компонента	Значення показника		
	що діяли до 2000 р. (EN 228)	введені в дію з 2000 р.	прогнозні (з 2005 р.)
Сірка, ppm	500	150	50
Кисень, %	Не нормувався	2,7	Обговорюється
Бензол, %	5,0	1,0	Обговорюється
Сумарні ароматичні вуглеводні, %	Не нормувалися	42,0	35,0
Олефінові вуглеводні, %	Не нормувалися	18,0	Обговорюється

Зростаюче забруднення навколишнього середовища відпрацьованими газами автомобілів також спонукає послідовно підвищувати вимоги щодо вмісту в них нормованих компонентів (табл. 2).

Таблиця 2

Норми відпрацьованих газів для автомобілів з бензиновими двигунами

Найменування компонента	EURO 93 L	EURO 96 L 3	Germany L 5	EURO 96 L 4	EURO 2000 L 4
CO, г/км	2,72	2,2	1,5	3,3	2,3
$CH+NO_x$, г/км	0,97	0,5	0,31	0,6	0,35

Втрати вуглеводневих палив від випаровування в умовах їх зберігання обумовлюються властивістю нафти і нафтопродуктів випаровуватися з відкритої поверхні. Основним джерелом втрат від випаровування є "дихальна" арматура резервуарів.

Статистичні дослідження резервуарного збереження палив на об'єктах нафтопродуктозабезпечення у різних регіонах України (нафтові термінали Криму у Сімферополі, Феодосії, Саках, Джанкої і лінійно-диспетчерська наливна станція "Прикарпаттранснефтепродукт" у Новоградові-Волинському, Житомирської області) показали, що резервуарний парк здебільшого складається з наземних сталевих резервуарів вертикального і горизонтального типів. Температурний режим резервуарів сприяє втратам палив від випаровування, особливо в південних регіонах, де температурні перепади між температурою навколишнього середовища і температурою палива досить значні і можуть досягати 15–20°С. Значну більшість резервуарів було споруджено в 60–70-і рр. минулого сторіччя, тобто їхній технічний ресурс давно вичерпаний. Це додатково інтенсифікує походження і величину втрат палив від випаровування. Досліджені резервуари обладнані класичними дренажними системами на базі "дихальних" і запобіжних клапанів типу КД, КПГ, НКДМ, СМДК, введених в експлуатацію разом із резервуарами. Спеціальне обладнання для зменшення втрат від випаровування практично відсутнє, за винятком фарбування резервуарів у світлі тони. Працездатність невеликої кількості резервуарів, обладнаних плаваючими понтонами, зведена до нуля.

Аналіз описаної ситуації, сучасних методів і засобів запобігання втратам палив від випаровування призводить до висновку, що найбільш перспективним і ефективним способом вирішенням проблеми втрат є удосконалення "дихальної" арматури резервуарів [6; 7]. Авторами розроблено "дихальний" клапан нового типу, робота якого основана на використанні

фізичних процесів адсорбції і конденсації термоелектричним охолодженням у складі "дихальної" арматури резервуарів.

Розробка "дихального" клапана, який забезпечує уловлювання пари палива при великих і малих "диханнях" резервуара та повернення їх зрідженими назад в резервуар, а також життєздатність самого резервуара, основана на комплексному застосуванні двох технологічних процесів у складі його конструкції: сорбційної технології для адсорбційного уловлювання вуглеводнів, що випарувалися, і термоелектричного охолодження для десорбції і конденсації рекуперованих парів палива та регенерації сорбенту. Даний проект отримав умовну назву "дихальний клапан нового покоління".

Застосування сорбційної технології, основаної на використанні певного сорбційного матеріалу (адсорбенту), обгрунтовано виявленням таких властивостей: високою селективною та розподільною здатністю, ефективним поглинанням летких вуглеводнів від етану C_2H_6 до гексану C_6H_{16}, ефективною регенерацією сорбенту з точки зору мінімального гістерезису і енергозатрат, промисловою доступністю, незначними капіталовкладеннями та надійністю сорбувального матеріалу, механічною міцністю і оптимальним терміном застосування адсорбенту.

У результаті проведення лабораторних досліджень сорбції-десорбції летких вуглеводневих товарних палив для повітряно-реактивних двигунів марки РТ (ГСТУ 320.00149943.007-97 "Паливо для реактивних двигунів РТ"), автомобільних марки А-76 (ГОСТ 2084-77 "Бензины автомобильные. Технические условия") і авіаційних бензинів марки високооктанові (ТУ 38.5901481-96 "Бензин високооктановий для карбюраторних двигунів. Технічні умови") було виявлено найбільш ефективні сорбційні матеріали – силікагелі марок КСС-3, КСС-4 і КСК (табл. 3).

Основні положення теорії сорбції [8] вказують на ефективність сорбції речовин у тому випадку, коли очевидна відповідність розмірів вхідних вікон сорбенту і фізичних розмірів молекул сорбата. В табл. 4 наведено критичні розміри молекул різних речовин у складі вуглеводневих палив.

Таблиця 3

Характеристика кулькових силікагелей

Тип силікагелю	Марка	Сумарний об'єм пор V, см^3/ г	Питома поверхня S, м^2/ г	Середній радіус пор r, А° (нм)
Середньозернистий	КСС-3 КСС-4	0,93 0,76	522 650	35,1 (3,51) 23,4 (2,34)
Крупнозернистий	КСК	0,93–0,76	250–270	61–75 (6,1–7,5)

Таблиця 4

Критичні діаметри молекул деяких компонентів вуглеводневих палив

Сорбат	Критичний діаметр D, А° (нм)	Сорбат	Критичний діаметр D, А° (нм)
Метан	3,8 (0,38)	н-Бутан	4,9 (0,49)
Етан	4,0 (0,4)	н-Пентан	4,9 (0,49)
Пропан	4,9 (0,49)	н-Гексан	4,9 (0,49)

Другим технологічним процесом, який пропонується застосовувати в конструкції "дихального клапана нового покоління", є термоелектричне охолодження з подальшою конденсацією і поверненням вуглеводневих парів до резервуара. Принцип роботи термоелектричних охолоджувальних пристроїв ґрунтується на використанні ефекту Жана Пельтье [9], відкритому ще в 1834 р. Під час проходження постійного електричного струму через контакт двох різнорідних провідників або напівпровідників на ньому поглинається або виділяється

тепло. Температура контакту знижується або підвищується залежно від напряму струму. При проходженні електричного струму через систему стовпчиків напівпровідників *p*- і *n*- типу (*термоелектричний модуль*) виникає перерозподіл теплової енергії на протилежних боках системи. А при співвідношенні однієї частини холоду до трьох частин тепла спостерігається явище ефективного мініатюрного мікрохолодильника. У термоелектричних охолоджувальних пристроях функцію холодоагента виконують електронний і дирковий гази напівпровідникових матеріалів. Термоелектричний модуль – самостійний охолоджувальний вузол, надійність роботи якого визначається ефективністю тепловідвідної частини (необхідним охолоджувальним ефектом). Тому термоелектричні охолоджувальні батареї завжди складаються з трьох частин: термоелектричного модуля, гарячих радіаторів, холодних радіаторів.

Основним показником якості напівпровідникових матеріалів є коефіцієнт добротності Z, який визначає основний показник ефективності термоелемента – холодопродуктивність X. Коефіцієнт добротності описується залежністю

$$Z = \alpha^2 \left(\frac{g}{\lambda} \right),$$

де α – коефіцієнт термоелектричної рушійної сили; g – електропровідність термоелектрика; λ – теплопровідність напівпровідника.

Холодопродуктивність термоелемента визначається формулою

де h – висота напівпровідника; Q – тепло, яке поглинається холодним елементом; S – площа термобатареї.

Термоелектричний охолоджуючий модуль характеризується (табл. 5): максимальним значенням різниці температур ΔT_{max} між холодною T_c і гарячою T_h сторонами модуля ($\Delta T = T_h - T_c$), постійним струмом I_{max}, що відповідає $\Delta T = \Delta T_{max}$, напругою U_{max}, що відповідає I_{max}, найбільшим значенням холодопродуктивності $Q_{c\ max}$ при $\Delta T = 0$ [9; 10]. У сучасних серійних модулях, що випускаються промисловістю, $\Delta T_{max} = 65...72^{\circ}C$ при $T_h = 300^{\circ}C$ [11].

Для конденсації парів десорбованого палива з достатньою ефективністю можна застосовувати малопотужні (менше 100 Вт) термоелектричні пристрої, економічні показники яких можна порівняти з парокомпресійними. Вони здатні зберігати незмінним холодильний ефект навіть

Таблиця 5

Основні характеристики пристроїв термоелектричного охолодження

Параметр	Термоелектричний напівпровідниковий пристрій для термостабілізації радіоелектронної апаратури	Термоелектричний інтенсифікатор теплопередачі для елементів вузлів радіоелектроніки
Робочий об'єм, мм^3	270 x 150 x 60	Відсутність даних
Інтервал термостабілізації, °С	– 50...+ 60	– 50...+ 50
Точність встановлення температури, °С	0,2	0,5
Струм живлення, А	5	2,2
Напруга живлення, В	20	16
Маса, кг	0,15	Відсутність даних
Кількість модулів	Відсутність даних	2
Тривалість виходу на режим, хв	Відсутність даних	4
Габаритні розміри	Відсутність даних	30 x 60 x 70

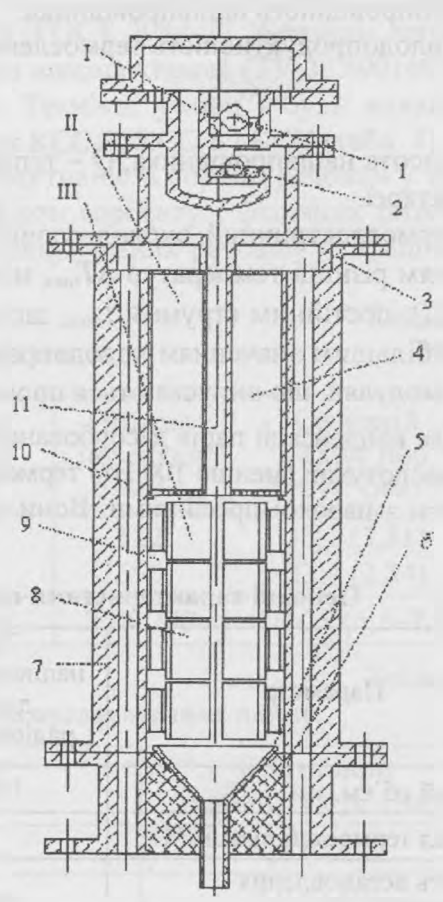
при надто низьких потужностях (декілька міліват). Термоелектричні холодильники можуть забезпечити надійне та ефективне виконання основної задачі з конденсації парів палива. Змінення напряму електричного струму призводить до переходу від охолодження до нагрівання. Термоелектричні холодильники зазвичай працюють при струмах, що складають 25-80 % I_{max} [11]. Це обумовлює надійність компонентів, що виробляють холод, швидкість охолодження, високу точність, механічну міцність незалежно від сили тяжіння, розташування у просторі, змінення електричного струму, доступність термоелектричних модулів, великий технічний ресурс, відсутність додаткових кваліфікаційних вимог до обслуговуючого персоналу.

Сьогодні всі промислові термоелектричні охолоджувальні матеріали основані на використанні напівпровідника телуриду вісмуту Bi_2Te_3, добротність якого знаходиться у межах $2{,}3\cdot10^{-3} - 2{,}8\cdot10^{-3}$ K^{-1}. Фізичні розміри сучасних термоелектричних охолоджувальних матеріалів становлять приблизно $5\cdot10^{-3}$ м [10]. Постійне проведення досліджень в області термоелектрики визначає перспективність застосування даної технології. У даний час розробляється застосування нових видів напівпровідникових матеріалів для термоелектронних модулів, таких, як скуттерудитів – матеріалів зі структурою $CoAs_3$, $CoAs_3$, $RbAs_3$, $CoSb_3$, $RhSb_3$ і $IrSb_3$. Крім того, відомі дані з дослідження "надрешіток" з "квантовими ямами". Поняття "квантова яма" використовується для позначення області термоелектрика, в якій середня потенційна енергія носіїв заряду нижча, ніж поза нею. В таких структурах спостерігається істотне підвищення добротності Z – у три-шість разів у порівнянні з вихідними матеріалами [9; 11].

Термоелектричні охолоджувальні пристрої, які виготовляються в Україні науково-виробничою фірмою "Модуль" (Київ), при енергоспоживанні 100 Вт забезпечують достатній охолоджувальний ефект з температурним перепадом $\Delta T = 72^{\circ}C$ ($T_{min} = -22^{\circ}C$, $T_{max} = 50^{\circ}C$). Такі параметри задовольняють умови ефективної регенерації сорбенту при температурі $T = 50^{\circ}C$ і конденсації парів палива на холодних радіаторах термоелектричного холодильника при температурі $T = -22^{\circ}C$.

Ефективність роботи тепловідведення буде визначатися конвективними потоками парогазової фази резервуара за рахунок різниці температур між гарячою і холодною сторонами модуля.

Доцільність прийняття рішення про використання технології термоелектричного охолодження додатково визначена очевидним зростанням світового виробництва термоелектричних холодильників. Так, протягом останнього десятиріччя середньорічний приріст світового виробництва охолоджуючих термоелектричних модулів складає 15 – 25 %. В останні роки загальновизнаних лідерів термоелектроприладобудування – Росію і США – почали активно тіснити Японія і Китай. Наприклад, японська компанія MATSUSHITA



Модель "дихального клапана нового покоління": I – клапанний модуль; II – сорбційний модуль; III – термоелектричний модуль; *1* – клапан ВАКУУМ; *2* – клапан ТИСК; *3* – кришка; *4* – контейнер для сорбенту; *5* – перехідний уловлювач; *6* – теплова ізоляція; *7* – гарячий радіатор; *8* – холодний радіатор; *9* – термоелектрична батарея; *10* – підйомний канал; *11* – опускний канал

заявила про початок виробництва малих термоелектричних холодильників для готелів у кількості 50 000 штук на рік [12].

Результатом проведених нами досліджень стало створення проекту "дихальної" арматури принципово нового типу, яка поєднує у собі технологічні процеси сорбції і термоелектричного охолодження (див. рисунок).

Основою запропонованої технології є те, що підйомний канал *10* розміщений у корпусі, а зв'язок між підйомним й опускним каналами здійснюється через сорбент в спеціальному контейнері для поглинання парів вуглеводневої рідини. Зв'язок з атмосферою здійснюється за допомогою клапанів ТИСК *2* і ВАКУУМ *1*, які конструктивно розміщені вище термоелектричного модуля і контейнера з сорбентом. При цьому запобігається попадання в газовий простір резервуара вологи та пилу разом з атмосферним повітрям, а також вихід цінних вуглеводневих компонентів.

Термоелектричний модуль служить для створення інтенсивної природної циркуляції парогазової суміші в газовому просторі та опускному каналі, а також для створення необхідних температурних умов регенерації сорбенту та конденсації летких вуглеводнів.

Клапанний модуль розраховано на надлишковий тиск 1,96 кПа і тиск вакууму 250 Па. Сорбційний модуль передбачає застосування у своєму складі середньопористих силікагелів марок КСС-3, КСС-4 або широкопористого КСК в залежності від вуглеводневого складу палива, що зберігається в резервуарі.

У складі термоелектричного модуля застосовуються серійні термоелектричні батареї, кількісний склад яких залежить від об'єму газопарової фази резервуара. Електроживлення батарей забезпечується прокладанням електричного кабелю з дотриманням вимог необхідної герметичності конструкції, електричної та пожежної безпеки та правил експлуатації електропристроїв.

Конструктивно в опускному каналі розташовані холодні радіатори термоелектричних батарей. Гарячі радіатори розміщені по довжині підйомного каналу так, що вони є частиною корпусу. Для запобігання тепловому замиканню термобатарей холодні радіатори ізолюються від гарячих за допомогою фторопласту марки ФС-4. Термоелектрична батарея у складі чотирьох ТЕМО-6 функціонує за принципом ефекту Пельтьє і має традиційне конструктивне рішення. Гарячий радіатор служить для відведення тепла з термоелектричної батареї під час її роботи в режимі охолодження і для забезпечення режиму регенерації сорбенту.

Контейнер для сорбенту являє собою циліндр, що виготовлено з металу, який добре проводить тепло (наприклад, алюмінію) із внутрішньою порожниною, діаметр якої дорівнює діаметру трубки опускного каналу. Торцеві поверхні циліндричного контейнеру конструктивно передбачають сітку з вічками розміром 3×3 мм. Контейнер із сорбентом поверх герметично закривають кришкою, що одночасно є перехідним кріпленням для клапанного модулю.

Підйомний канал виконано у вигляді чотирьох отворів у корпусі газовідвідної системи, які конструктивно розміщені в зоні гарячих радіаторів модуля термоелектричної батареї. У верхній частині підйомний канал сполучений з опускним каналом через контейнер із сорбентом.

Перехідний уловлювач *5* виготовлений з діелектричного матеріалу (наприклад, органічного скла) і призначений для уловлювання сконденсованих вуглеводнів і повернення їх знову в резервуар.

Робота клапанного модуля електронно пов'язана з роботою термоелектричного модуля так, що закривання клапана ТИСК призводить до включення термоелектричної батареї, електроживлення на яку подається протягом 30 хв. Таке конструктивне рішення забезпечує необхідні умови для створення температурного режиму процесу поглинання парів палива сорбентом при "диханні" резервуара (відкритий клапан ТИСК відповідає умовам великого "дихання" або зміненню температурного режиму ємкості – мале дихання. Закривання клапана ТИСК (відповідно включення батареї) забезпечує температурний режим десорбції (вилу-

чення парів палива з пор сорбенту) за рахунок нагрівання стінок контейнера із сорбентом та продування сорбенту нагрітою газоповітряною сумішшю. Час виходу термоелектричної батареї на режим складає не більше 120 с.

При вмиканні батареї виникає перерозподіл теплової енергії: на гарячих радіаторах – виділення з температурою 60–70°С, а на холодних – поглинання з охолодженням верхніх холодних радіаторів на 15–16°С, нижніх – на 20–21°С менш ніж температура навколишнього середовища. За рахунок виділення тепла на гарячих радіаторах забезпечується нагрівання парогазової суміші в підйомному каналі *10*. Одночасно в результаті теплообміну охолоджується парогазова суміш у міжреберному просторі холодних радіаторів. Внаслідок того, що охолоджена суміш важча за нагріту, створюється різниця температур в опускному та підйомному каналах, яка призводить до природної циркуляції парогазової суміші резервуара. Завдяки створеній циркуляції парогазова суміш із підйомного каналу надходить в опускний канал через контейнер із сорбентом і конденсується на холодних радіаторах. Для запобігання різкого нагрівання парогазової суміші після виходу з холодних радіаторів перехідний уловлювач з трубкою ізолюється від корпусу гарячого радіатора тепловою ізоляцією на основі фторопласту марки ФС-4.

Для забезпечення нормальної циркуляції парогазової суміші по каналах і запобігання виникнення гідравлічного опору ("антитиску") сорбентом конструкція контейнера передбачає застосування сіток з вічками розміром 3×3 мм. Отже, частина вуглеводнів під час проходження парогазової суміші з підйомного каналу в опускний канал через контейнер із сорбентом поглинається. Ефективність поглинання легких вуглеводнів визначається температурою навколишнього середовища та сорбційною здатністю сорбента. Етап сорбції продовжується протягом великого або малого "дихання" резервуара при відкритому клапані ТИСК *2* (батарея вимкнута). При закриванні клапана ТИСК (відповідно вмиканні батареї) створюються необхідні умови для регенерації сорбента (вилучення летких вуглеводнів) та конденсації парів палива. Завдяки тому, що контейнер із сорбентом знаходиться в корпусі гарячого радіатора, створюються умови для його регенерації за рахунок нагрівання до температури 60 – 70°С.

Вилучені вуглеводні захоплюються в зону холодного радіатора, де охолоджуються до температури мінус 20 – мінус 10°С, конденсуються і уловлюються перехідним уловлювачем *5* та по зливальній трубці повертаються в резервуар. Волога, що знаходиться в газовій суміші, частково поглинається сорбентом, а частково заморожується на холодних радіаторах. При відключенні термоелектричної батареї (при застосуванні реле часу через 30 хв) температура холодних спаїв батареї поволі зростає. Це призводить до розморожування вологи, яка у вигляді конденсату захоплюється в уловлювач і через зливальну трубку стікає в резервуар. За попередніми оцінками концентрація вологи в складі вуглеводневої рідини не перевищить допустимого її вмісту у відповідних умовах температури й тиску. Очікуваний об'єм парогазової суміші, яка проходить через газовідвідну систему, для резервуарної ємності об'ємом 30–50 $м^3$ складе 6–10 $м^3$, у той час як термоелектричний модуль спроможний забезпечити проходження 1–2 $м^3$ за 1 год.

Для виходу на режим термоелектричному модулю необхідно 4 хв, а тривалість циклу "десорбція-конденсація" складе 30 хв. Після 30 хв роботи модуля автоматика вимикає батареї і система переходить до режиму підготовки сорбенту для сорбування парів палива. Готовність сорбенту для поглинання парів палива визначається швидкістю охолодження гарячих радіаторів до температури, яка дорівнює температурі навколишнього середовища. За рахунок ефективного тепловідведення гарячих радіаторів, розміщених на зовнішній стороні корпуса "дихального клапана нового покоління", час охолодження складе 30 хв. Отже, тривалість активної роботи "клапана" складе 60 хв.

Використання технології пожежовибухобезпечно, так як підключення електроживлення до термоелектричного модуля герметично та ізольовано від парогазової фази резервуара. Для надійної роботи термоелектричного модуля необхідна напруга 12–16 В і струм 4–5 А.

Економічна ефективність розробленої конструкції "дихального клапана нового покоління" забезпечується тим, що система встановлюється на резервуари, існуючі в резервуарних парках об'єктів паливозабезпечення, замість традиційних "дихальних" клапанів. Технологія відрізняється доступністю, тому що необхідні складові матеріали (силікагелі марок КСС-3, КСС-4 і термоелектричні пристрої марок ТЕМО-6, МТ1-1,3-127) промислово випускаються в Україні. Окупність технології залежить, насамперед, від оборотності резервуара і періоду збереження палива.

Проведені дослідження та розроблений проект "дихального" клапана нового типу визначають напрями подальшого вдосконалення "дихальної" арматури резервуарів і аналогічних технологій з метою запобігання природним втратам нафти та нафтопродуктів.

Список літератури

1. *Суригала Я.* Значення нафти в паливно-енергетичній економіці // Нафтова і газова промисловість. – 1999. – № 2. – С.3–6.

2. *Абузова Ф.Ф.* Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении. – М.: Недра, 1981. – 248 с.

3. *Константинов Н.Н.* Транспорт и хранение нефти и газа. – М.: Недра, 1975. – 248 с.

4. *Яковлев Е.А.* Экологические проблемы нефтехимического загрязнения окружающей среды Украины // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1996. – № 1. – С. 33–36.

5. *Бойченко С.В., Матвеева Е.Л.* Мониторинг антропологической деятельности в сфере использования нефтяных источников энергии // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1999. – № 5. – С. 54–57.

6. *Белянский В.П., Бойченко С.В.* Анализ путей сбалансированного развития производства и потребления нефтяных топлив в транспортном секторе Украины // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1997. – № 4. – С.3–11.

7. *Бойченко С.В., Литвинов А.А., Бойченко О.В., Еременко С.М.* Обеспечение сохранения количества и качества нефтепродуктов при хранении // Вісн. КМУЦА. – 2000. – № 1–2. – С.196–199.

8. *Стефан Брунауер.* Адсорбция газов и паров. Т. 1. – М.: Изд-во иностр. лит., 1948. – 784 с.

9. *Булат Л.П.* Термоэлектрическое охлаждение: состояние и перспективы // Холодильная техника. – 1999. – №5. – С.12–13.

10. *Исмаилов Т.А.* Термоэлектрические полупроводниковые системы теплоотвода и охлаждающие устройства // Холодильный бизнес. – 1997. – № 4. – С.32.

11. *Анатычук Л.И.* Термоэлементы и термоэлектрические устройства: Справ. – К.: Наук. думка, 1979. – С.420–436.

12. *Stockholm I. G.* Current state of Peltier cooling // Proceeding of XVI Intern. Conf. on Thermoelectrics. – Dresden, Germany, 1997.

Стаття надійшла до редакції 28.04.01.