

СОРБЦІЙНО-ТЕРМОДИНАМІЧНИЙ СПОСІБ ЗАПОБІГАННЯ ВТРАТАМ НАФТОПРОДУКТІВ ВІД ВИПАРЮВАННЯ*С.В. Бойченко, канд.техн.наук; Л.А. Федорович, асп.**Національний авіаційний університет*

ВСТУП

Боротьба з втратами нафтопродуктів - один із важливих шляхів економії паливно-енергетичних ресурсів, що відіграють важливу роль у розвитку економіки. Суттєве джерело економії нафтових ресурсів - це запобігання їх втратам при видобуванні, переробленні, транспортуванні та зберіганні. Сьогодні 40 % нафти виливається у море під час аварій танкерів, 27 % - при перекачуванні по нафтопродуктопроводам, 16 % складають втрати при зберіганні [1]. Значною частиною цих втрат є втрати від випарювання при проведенні різних технологічних операцій, зокрема, зберігання та транспортування. За різними оцінками щорічно у атмосферу планети викидається 50-90 млн. т вуглеводнів. Значна частина цих викидів відбувається на підприємствах нафтопереробної та нафтогазовидобувної промисловості. Питомі втрати вуглеводнів від випарювання на нафтопереробних заводах (НПЗ) різних країн світу складають 1,1-1,5 кг на 1 т продукту [2]. Світові статистичні дані свідчать про те, що загальні втрати нафти та нафтопродуктів від випарювання коливаються у межах 0,5-1,7 % від загального об'єму переробленої сировини, в Україні 3-7 %. Якщо у середньому прийняти величину втрат на рівень 5 %, то при переробленні 19,4 млн. т нафти на рік (дані 2002 р.) збиток складе 970 тис. т [3]. Таким чином, у процесах зберігання, транспортування та розподілу втрачається частина видобутої власної нафти. Прогнозується, що за рахунок енергозбереження буде задовольнятися дві третини приросту світових потреб в енергії. Енергоощадність відповідно до тлумачення ДСТУ 2420 "Енергоощадність. Терміни та визначення" - це як раціональне використання, так і економія паливно-енергетичних ресурсів [1]. Тому вирішення проблеми запобігання втратам нафтопродуктів дозволить частково вирішити проблеми підвищення ефективності раціонального використання вуглеводневих палив, збереження якості вихідних продуктів перероблення нафти, забезпечення надійної, довготривалої та безвідмовної роботи техніки, зниження ступеня техногенного навантаження на довкілля антропологічною діяльністю під час проведення технологічних операцій використання палива та мастильних матеріалів у техніці [1]. Втрати нафтопродуктів, що мають місце при їх транспортуванні, зберіганні, прийманні та видаванні умовно можна поділити на експлуатаційні, аварійні та природні [4, 5]. Експлуатаційні втрати нафтопродуктів пов'язані з їх витіканнями, проливом, неповним зливом, змішанням, підтіканням, переповненням і порушенням герметичності ємностей. Вони відбуваються через незадовільний технічний стан ємностей для зберігання, засобів транспортування, обладнання складів та нафтобаз, трубопроводів, засобів перекачування та заправлення. Аварійні втрати мають місце у наслідок пошкодження резервуарів, трубопроводів та обладнання. До природних втрат відносять втрати, які є наслідком фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів, дії метеорологічних факторів та недосконалості сучасного обладнання щодо запобігання втратам нафтопродуктів при виконанні з ними технологічних операцій. Збитки, що завдають природні втрати, характеризуються не тільки зменшенням паливно-енергетичних ресурсів, але і негативними екологічними наслідками, які є результатом забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами. Тому боротьба із втратами нафтопродуктів дає не тільки економічний ефект, але і життєво важлива для забезпечення охорони навколишнього середовища.

Одним із основних джерел природних втрат нафтопродуктів ° є втрати від випаровування при великих та малих «диханнях» резервуарів [1, 2, 4].

Втрати вуглеводнів при великих «диханнях» викликані стисканням пароповітряної суміші (ППС) у газовому просторі (ГП) резервуара рідким нафтопродуктом, що надходить у нього, підвищенням тиску у резервуарі та витисканням ППС у атмосферу. Втрати від великих «дихань» визначаються такими факторами: обсягом, температурою і газонасиченістю нафтопродукту, що закачується в резервуар, концентрацією пари нафтопродукту у ППС, тиском у ГП.

Середньорічні втрати від великих «дихань» складають близько 0,14 % від обсягу нафтопродукту, що зберігається [6]. За розрахунками питомі середньорічні втрати, наприклад бензину, складають приблизно 0,5 кг на 1 м³ пароповітряної суміші (ППС). За аналізом російських спеціалістів, втрати бензинів від випаровування лиш у Росії складають не менше 100000 т на рік [2].

Інший вид втрат нафтопродуктів від випаровування - це втрати від малих «дихань», які мають місце у наслідок добових змін температури у ГП резервуарів під дією сонячної радіації та коливань атмосферного тиску. За розрахунками у весняно-літній період із резервуара типу РВС 5000 у атмосферу викидається 100-150 кг бензину на добу, що практично дорівнює втратам від великих «дихань» [2]. Це легко пояснити, бо втрати від великих «дихань» хоч і великі, але відбуваються відносно рідко, в той час як втрати від «малих» дихань спостерігаються кожну добу.

Втрати нафти та нафтопродуктів відбуваються також під час наповнення автомобільних та залізничних цистерн на естакадах та під час заправлення автомобілів на автозаправних станціях (АЗС). Питомі втрати нафтопродуктів під час наповнення залізничних цистерн у декілька раз перевищують втрати із резервуарів. За розрахунковими даними [7] автозаправні станції Росії викидають у атмосферу протягом року більше ніж 140000 т пари вуглеводнів, автозаправні станції Німеччини — 145000 т, Англії — 120000 т.

На цей час для зменшення втрат нафтопродуктів від випаровування використовують різні методи та пристрої. Практична реалізація організаційно-технічних рішень щодо зменшення втрат нафтопродуктів від випаровування представлена на рис. 1.

У кожній з поданих технологій ° свої переваги. Загальним недоліком ° те, що вони не можуть гарантовано забезпечити ліквідування втрат нафтопродуктів від випаровування. Порівняльна ефективність (%) зниження викидів пари вуглеводнів деяких систем подана у таблиці 1 [3].

Таблиця 1 - Порівняльна ефективність (%) зниження викидів пари вуглеводнів

Плаваючі покрівлі (ПП) та понтони	70-95
Газопорівняльні системи	60-90
Сорбційні системи	90-96
Компресійні системи	до 98

На частку резервуарних парків припадає приблизно 70 % усіх втрат на НПЗ. Зменшення об'єму викидів пари нафтопродуктів в атмосферу може бути досягнуто різними шляхами: покращанням герметизації ємностей, зниженням абсолютних значень температури газового простору і нафтопродуктів, що зберігаються (теплоізоляція, пофарбування, термостатування, водяне зрошення), зменшенням об'єму газового простору у резервуарах (понтони та плаваючі покрівлі), уловлюванням пари вуглеводнів, що утворюються у резервуарах (газоуловлюючі системи). На сьогоднішній день найбільше розповсюдження отримали плаваючі покрівлі та понтони, але існує значна кількість резервуарів, °диним засобом запобігання втратам від випаровування яких ° «дихальний клапан». °снує багато недоліків у системах запобігання втратам нафтопродуктів від випаровування: використання плаваючих покривель та понтонів пов'язано з рядом конструктивних і

технологічних проблем, які ускладнюють їх використання: втрати від змочених стінок резервуарів, забруднення нафтопродуктів домішками із атмосфери, підвищена пожежо- та вибухонебезпечність, потоплення та заклинювання через нерівномірності навантаження від атмосферних осадів, перекошу напрямлених труб, утворення відкладень на стінках резервуарів. Адсорбційні та абсорбційні системи уловлювання легких фракцій не дістали поширення на практиці через значні додаткові втрати на регенерацію відповідно до адсорбенту та абсорбенту, а також на автоматизацію процесу рекуперації. Конденсаційні системи на основі охолодження пароповітряної суміші нафтопродуктів не дозволяють досягти високого ступеня уловлювання вуглеводнів і дуже дорого коштують. Використання компресорних систем доцільно при великих витратах паро-повітряної суміші, а ежекторні системи прості та надійні, але мають низький ККД. Тому можна зробити висновок про необхідність удосконалення існуючих методів запобігання втратам нафтопродуктів.

Ошибка! Раздел не указан.

Рисунок 1 - Класифікація організаційно-технічних рішень зменшення втрат нафтопродуктів від випаровування

Одним із найбільш перспективних методів зменшення втрат палив від випаровування вважаються системи уловлювання легких фракцій (УЛФ). Системою УЛФ називають сукупність технологічного обладнання, що забезпечує відбір легких фракцій нафти та нафтопродуктів у паро-повітряній суміші, що витискається з резервуара під час його “дихань”.

Для видалення пари нафтопродуктів із пароповітряної суміші, що витискається із резервуарів, існує сорбційний метод УЛФ з використанням як адсорбенту пористих матеріалів. Адсорбент має гідрофобні властивості, і тому молекули органічних речовин міцно затримуються на ньому під дією вандерваальсових сил. Для адсорбера характерні простота, надійність та безпечність роботи. Але лише сорбційні системи УЛФ не завжди забезпечують необхідне скорочення викидів вуглеводнів, тому вони потребують сполучення декількох способів УЛФ. Одним із таких сполучень є сорбційно-термодинамічна технологія УЛФ.

На підставі проведених досліджень та з метою вирішення завдання розроблення системи уловлювання легких фракцій нафтопродуктів з використанням сорбентів у процесах зберігання нами запропоновано систему уловлювання та рекуперації пари палива.

Розроблена система являє собою установку, що встановлюється між резервуаром і його дихальним клапаном. У корпусі установки розміщений контейнер із сорбентом, навколо якого розміщені термоелектричні батареї (елементи Пельтьє). Така конструкція запобігає попаданню у газовий простір резервуарної кількості вологи та пилу разом із атмосферним повітрям під час зливання нафтопродукту, малих та великих “дихань” кількості.

Призначення термоелектричних батарей полягає у забезпеченні умов для створення необхідного температурного режиму процесів десорбції та конденсації. Застосування саме ТЕБ у конструкції установки є унікальним та універсальним способом забезпечення всіх експлуатаційних параметрів.

Установка змонтована у металевому корпусі, що має канали для опускання і піднімання ППС.

Принцип роботи установки такий: при збільшенні тиску у резервуарі спрацьовує “дихальний клапан”, термоелектричний модуль вмикається у режим охолодження контейнера із сорбентом. ППС із резервуару надходить через канали у корпусі установки, частково конденсуючись на поверхні металу, до контейнера із сорбентом. За рахунок різниці температури між сорбентом і ППС відбувається конденсація пари палива. У контейнері із сорбентом відбувається процес адсорбції палива із ППС на поверхні сорбенту і далі збіднена повітряна суміш надходить до “дихального клапану” і витискається у атмосферу. Після того як тиск у резервуарі вирівняється і “дихальний клапан” закриється, автоматично спрацьовує вимкнення термоелектричного модуля. При надходженні атмосферного повітря у ГП резервуара робота клапанного модуля здійснюється таким чином, що відкриття “дихального” клапана призводить до вмикання термоелектричних батарей у режим нагрівання. Таким чином забезпечується температурний режим десорбції за рахунок нагрівання стінок контейнера із сорбентом та продування сорбенту нагрітим атмосферним повітрям. Термоелектричний модуль забезпечує створення температури всередині установки і відповідно сорбенту при нагріванні від 60 до 80 °С, а у режимі охолодження до – 70 °С. За рахунок нагрівання сорбенту і продування його повітрям відбувається його часткова регенерація.

Для досліджень було розроблено методику та устаткування, що реалізовувало запропоновану методику. Умови проведення експерименту за допомогою устаткування цілком імітували реальні експлуатаційні параметри нафтопродукту в резервуарі, тобто широкий діапазон температур, тисків у навколишньому середовищі, а також температур палива в резервуарі, ступінь заповнення резервуара і швидкість його наповнення.

Одночасно відбувався підбір марок сорбентів, що найбільш ефективні для виконання поставленого завдання.

За результатами досліджень із визначення сорбційної ємності середньопористого (КСС-4) і широкопористого (КСК) силікагелів в динамічних та статичних умовах при моделюванні великих й малих “дыхань” резервуара визначено, що середня сорбційна ємність середньопористого силікагелю КСС-4 при 21 циклі (протягом семи днів) великого “дыхання” модельного резервуара складає 450,24 мг/г. Для крупнопористого силікагелю КСК відповідна величина становить 276,19 мг/г.

На рис. 2 подано типовий графік роботи сорбційно-термодинамічної технологічної системи запобігання втратам від випаровування.

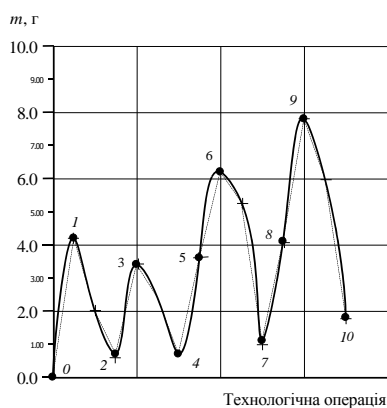


Рисунок 2 - Графік роботи технологічної системи запобігання втратам від випаровування при використанні широкопористого силікагелю марки КСК:

“0-1”, “2-3”, “4-5”, “7-8” – заповнення ємності;
 “1-2”, “3-4”, “6-7”, “9-10” – вивільнення ємності з прогрівання сорбенту;
 “5-6”, “8-9” – статичні умови (12 год)

Як бачимо з графіка, десорбція пари палива у результаті нагрівання і продування сорбенту майже однакова і складає більше 85% для силікагелю марки КСК. Для сорбенту марки КСС-4 вона складає більше 95%. Це свідчить про стабільність сорбувальної здатності вибраних сорбентів відносно парів вуглеводневих палив у різноманітних умовах їх експлуатації.

Розрахунки російських спеціалістів показують, що у весняно-літній період із резервуара РВС 5000 у атмосферу ППС із концентрацією приблизно $20 \cdot 10^{-3}$ кг/м³. За результатами досліджень було виявлено, що уловлювання нафтопродуктів із ППС за допомогою сорбційно-термодинамічної системи складає 0,18 кг/м³ ППС, тобто 90 %.

Експериментальні дані свідчать не тільки про придатність розробленої системи для запобігання втратам від випаровування, але й про її достатню ефективність для виконання поставленого завдання. Крім того, слід зазначити, що вартість такої системи значно менша у порівнянні із іншими системами уловлювання легких фракцій такої ж ефективності.

SUMMARY

In article the analysis of existing methods of prevention of losses fuel from evaporation is carried out and it is offered a new way which unites use sorption and thermodynamic processes for catching easy fractions of mineral oil.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бойченко С.В. Рациональное использование углеводневых топлив: Монография. – К.: НАУ, 2001. – 216 с.
2. Коршак А.А. Современные средства сокращения потерь бензинов от испарения. – Уфа: ООО «ДизайнПолиграфСервис», 2001. – 144 с.
3. Цегельский В.Г., Ермаков П.Н., Спиридонов В.С. Защита атмосферы от выбросов углеводородов из резервуаров для хранения и транспортирования нефти и нефтепродуктов//Безопасность жизнедеятельности. – 2001. – №3.
4. Абузова Ф.Ф. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении.–М.: Недра, 1981. –260 с.
5. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. - М.: Гостоптехиздат,1961.-522 с.

6. Блинев И.Г., Герасимов В.В., Коршак А.А., Новоселов В.Ф., Седелев Ю.А. Перспективные методы сокращения потерь нефтепродуктов от испарения в резервуарах. - М.:ЦНИИТЭнефтехим, 1990 (Тем. обзор).
7. Транспорт и хранение нефтепродуктов // Научно-технический информационный сборник. - М., 1997. – №1.

Надійшла до редакції 10 лютого 2004 р.