

УДК 621.642.8:665.73(045)

## ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ВЕЛИЧИНУ ВТРАТ ЛЕГКИХ ВУГЛЕВОДНІВ ВІД ВИПАРОВУВАННЯ З БЕНЗИНІВ У РЕЗЕРВУАРАХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ СТАЛЕВИХ

С. В. Бойченко, д-р техн. наук, проф.; В. М. Шутко, д-р техн. наук, проф.;  
Н. А. Чернобаєва

Національний авіаційний університет  
chernobaeva\_nina@mail.ru

*Розглянуто резервуари горизонтальні сталеві (РГС) як джерело викидів легких вуглеводнів. Визначено групи факторів та фактори, що впливають на величину втрат легких вуглеводнів від випаровування з РГС.*

**Ключові слова:** величина втрат, значущі фактори, прогнозування втрат, джерело забруднення.

*Horizontal steel tanks (HST) is considered as the source of emission of light hydrocarbons. Identified groups of factors and factors that influences the magnitude of losses of light hydrocarbons by evaporation from the HST.*

**Keywords:** value of losses, significant factors, predicting losses, source of pollution.

### Постановка проблеми

На сьогодні на об'єктах паливозабезпечення величина втрат нафтопродукту визначається щоквартальним співвідношенням нафтопродукту, що був прийнятий, та фактичним залишком, що знаходиться на зберіганні. Відмінність між цими величинами з урахуванням відпущеної кількості визначається природними втратами [1].

Додаткова обробка експлуатаційної інформації дасть змогу розробити нову методику оцінки величини втрат нафтопродукту від випаровування. З вищенаведеного можна зробити висновок, що визначення найбільш значущих факторів, які впливають на випаровування легких вуглеводнів та взаємозв'язок між ними, є актуальним науково-прикладним завданням.

### Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є випаровування бензинів під час виконання технологічних операцій. Предметом дослідження виступають фактори, що впливають на інтенсивність випаровування бензинів у РГС. Аналіз літературних джерел [2] дозволив встановити, що найбільш значущими є хімічний склад бензинів та температурний режим резервуарів. Метою дослідження є встановлення факторів та груп факторів, що діють у процесі випаровування легких вуглеводнів з бензинів під час технологічних операцій. На сьогодні це є актуальною науково-прикладним завданням, оскільки немає робіт, присвячених комплексному впливу факторів на втрати бензинів від випаровування.

### Аналіз проблеми

Відомі методики Константінова М. М. [3], Коршака А. А. [4], Гіззатова М. А. [5], Прохорова А. Д. [6], Ашкиназі М. І. [7], Бударова І. П. [8], Бойченка С. В. [9] слугують для одноразового

розрахунку втрат та не дають змоги оцінити вплив окремих факторів.

На сьогодні резервуари обладнують датчиками температури, тиску, автоматичними рівнемірами, датчиками густини та ін. Це надає можливість безперервно контролювати параметри нафтопродукту. Але ці засоби автоматизації використовуються для реєстрації параметрів виконання операцій відвантаження або приймання нафтопродукту.

Сучасні системи контролю параметрів можуть використовуватися як для реєстрації параметрів нафтопродукту, так і для отримання показників стану обладнання.

Дані про стан нафтопродукту, що збираються цими датчиками, можуть накопичуватися системою та використовуватися для прогнозування величини втрат. Також це дозволить визначити найбільш значущі фактори та взаємозв'язки між ними. Використання наявної інформації спростить виконання завдання.

### Технологічні режими використання резервуарів горизонтальних сталевих

РГС використовуються об'ємом від 3 до 200 м<sup>3</sup> для проведення державних облікових операцій з нафтою та нафтопродуктами та їх зберігання, а також взаємних розрахунків між постачальником та споживачем [10]. У більшості випадків ці резервуари розраховані на надлишковий тиск не більше 0,07 МПа. Їх споруджують наземними або підземними [11].

Основними технологічними операціями з РГС є відвантаження, приймання, зберігання та перекачування.

Під час перекачування в бензині змінюється температура та густина через те, що температура бензині в резервуарі та того, що перекачується можуть відрізнятись.

При відвантаженні зменшується рівень бензину, температура, тиск насиченої пари в газовому просторі (ГП) резервуара. У процесі викачування бензину із резервуара проходить процес всмоктування повітря та додаткове випаровування легких вуглеводнів, що супроводжується зростанням тиску до величини, на яку налаштовано дихальний клапан (ДК). Якщо тиск у ГП перевищить налаштування ДК, виникне «зворотний видих».

Зберігання бензину супроводжується зміною температури, густини, рівня, тиску в ГП. Рівень бензину в резервуарі під час зберігання змінюється через випаровування легких вуглеводнів, зміну густини та температури. Густина змінюється внаслідок випаровування легких вуглеводнів та денного коливання температури. Температура бензину змінюється через денне коливання температури. При збільшенні тиску в ГП до тиску, на який налаштовано ДК, виникає викид легких вуглеводнів — протікає «мале дихання».

Під час приймання в бензині змінюється температура (бензин, що закачується, змішується із залишком у резервуарі). Кількість витисненої пароповітряної суміші (ППС) у даному випадку та концентрація легких вуглеводнів у ній буде визначатися закритим чи відкритим струменем — протікає заповнення. У випадку заповнення відкритим струменем спостерігається більша турбулізація поверхні та інтенсифікація процесу випаровування, отже, збільшення концентрації легких вуглеводнів у ППС, що витискається. При заповненні закритим струменем до турбулізації схильні внутрішні шари рідини, а випаровування з поверхні менш інтенсивне.

#### **Фактори, що впливають на величину втрат легких вуглеводнів**

За даними праці [12] можна виділити чотири основні групи факторів, що суттєво впливають на випаровування легких вуглеводнів під час протікання технологічних процесів:

- економічні;
- екологічні;
- технічні;
- технологічні;

До економічних факторів можна віднести такі:

- витрати на впровадження систем або засобів захисту навколишнього середовища від випаровування летких фракцій та, відповідно, збільшення за рахунок цього собівартості бензину;
- економічний ефект від впровадження природоохоронних систем;
- збільшення доходів, що зумовлене оптимізацією технологічних процесів та використанням сучасного ефективного обладнання;

- амортизаційні витрати;
- собівартість технологічних процесів;
- ціни на нафтопродукт.

Отже, можна зробити висновок про те, що на даному етапі розвитку науки та техніки висновок про раціональність і доцільність використання засобів запобігання втратам, методів прогнозування втрат, їх моніторингу, буде прийматися саме спираючись на результати аналізу цих факторів. У випадку негативного економічного ефекту малоімовірно, що буде прийняте рішення про використання засобів зменшення втрат тощо. З цього випливає, що одними з основних аспектів, які потрібно розглядати, є ефективність та собівартість. Наприклад, навіть при високій ефективності адсорбційні системи уловлювання летких фракцій не знаходять розширеного використання через високу собівартість.

До технічних факторів, які впливають на величину втрат від випаровування, належать характеристики допоміжного обладнання (технічні характеристики насосів, що використовуються) та параметри резервуару. Найбільш значущими з них є геометричні розміри резервуару, кількість і типи елементів запорної арматури, теплова ізоляція.

Дані, наведені у праці [13], дозволяють визначити, що питома величина втрат під час «великих дихань» збільшується разом зі зменшенням вмісту резервуару. Питомі середні втрати становлять  $1,42 \text{ кг/м}^3$  у середній кліматичній зоні. Ці дані можуть різнитися залежно від марки досліджуваного бензину, умов зберігання та кліматичної зони, де проводилися дослідження. Також велику роль відіграє технічна справність елементів обладнання.

Технологічними вважаються ті фактори, що впливають на роботу резервуару або є характеристиками нафтопродукту (у нашому випадку — бензину).

Особливу увагу потрібно звернути саме на ті, які впливають на величину втрат від випаровування:

- атмосферний тиск,  $P_a$ ;
- температура навколишнього середовища  $T_{н.с.}$ ;
- налаштування дихального клапана на надлишковий тиск або вакуум;
- коефіцієнт використання резервуару;
- коефіцієнт оборотності резервуару;
- температурний режим резервуару;
- наявність або відсутність засобів запобігання втратам;
- кількість отворів та їх взаємне розташування.

Атмосферний тиск впливає, здебільшого, на втрати легких вуглеводнів при зберіганні. Вплив температури НС особливо проявляється у регіонах з підвищеним температурним фоном. Налаштування ДК будуть залежати від технологічних умов використання резервуару у межах 1800–2000 Па. Зі збільшенням коефіцієнта використання резервуару (ступінь заповнення) буде зменшуватиметься об'єм ГП, що буде сприяти зменшенню викидів ППС у атмосферу. Найбільш значущим серед цієї групи факторів є температурний режим резервуару. На нього впливають географічне розміщення, фарбування резервуару або наявність теплової ізоляції [14]. Зниження градієнта коливання температур сприятиме зменшенню викидів. Тому будівництво резервуарів підземного типу є найбільш доцільним з погляду теплового режиму. Також спорудження наземного резервуару з тепловою ізоляцією може обійтися до 10 разів дорожче (залежно від виду нафтопродукту).

До технологічних параметрів, що визнають схильність бензинів до випаровування, належать такі параметри цього нафтопродукту:

- фракційний склад бензину;
- прихована теплота випаровування;
- схильність бензину до утворення парових пробок;
- коефіцієнт дифузії парів;
- поверхневий натяг;
- хімічний склад бензинів;
- густина.

Сучасна сировинна база для виробництва бензинів характеризується збільшеним вмістом продуктів каталітичних процесів переробки нафти. Це веде до високого вмісту легко киплячих компонентів та зниження початкової температури кипіння. Саме низько киплячі компоненти (вуглеводні  $C_1$ — $C_6$ ) складають основну частину (до 98–99 %) компонентів, що втрачаються і вони переважно знаходяться саме в бензині [15]. Слід зазначити, що випаровуваність бензинів майже в 1000 разів вища, ніж у темних нафтопродуктів. Результатом випаровування легких фракцій палив є: обважнення фракційного складу, зростання густини та в'язкості, зниження тиску насиченої пари.

Також можна виділити групу технологічних факторів, що будуть визначатися взаємодією самого резервуару, бензину та параметрів технологічного процесу, а саме:

- температура ППС у ГП резервуару,  $T_{\text{ППС}}$ ;
- маса ППС у ГП резервуара, кг;
- густина пари нафтопродукту в ГП резервуара,  $\text{г/см}^3$ ;

- густина ППС у ГП резервуара,  $\text{г/см}^3$ ;
- рівень бензину в резервуарі,  $H$ ;
- об'єм бензину в резервуарі,  $V_6$ ;
- об'єм газового простору в резервуарі,  $V_{\text{г.п}}$ ;
- витрата нафтопродукту, що закачується у резервуар,  $Q$ ;
- витрата нафтопродукту, що викачується з резервуару,  $Q_{\text{вик}}$ ;
- надлишковий тиск ППС у ГП,  $P_{\text{н}}$ ;
- концентрація пари легких вуглеводнів у ГП резервуару,  $C$ ;
- Кількість ППС, що викидається у навколишнє середовище, кг;
- кількість повітря, що потрапляє в резервуар при виконанні операції викачування, кг.

До екологічних факторів, які мають вплив на величину втрат від випаровування, потрібно виділити граничнодопустиму концентрацію легких вуглеводнів у місці розташування резервуару. На сьогодні, в Україні немає норм викидів забруднюючих речовин у атмосферу на об'єктах нафтопродуктозабезпечення, а, саме тому, недооцінено шкідливий вплив цих втрат на навколишнє середовище. Особливістю цього виду забруднення є те, що викиди сконцентровано на висоті 2–3 м над землею — це є робоча зона, тобто фактично має місце прямиий негативний вплив на здоров'я персоналу нафтобаз. Також ситуація загострюється тим, що кількість об'єктів, що займаються поширенням бензину, має постійну тенденцію до зростання. Станом на сьогодні в країні функціонує понад 7000 АЗС і ця кількість постійно зростає. Ситуація загострюється тим, що обладнання на цих об'єктах у більшості випадків застаріле, а самі АЗС не обладнані ніякими засобами зменшення втрат.

Також потрібно відзначити, що окрім індивідуального впливу кожного фактора потрібно враховувати взаємодію груп факторів, що й буде визначати кінцевий результат. Вибір оптимального рішення (наприклад, методу скорочення втрат або природоохоронної технології) буде залежати від загального аналізу всіх факторів.

### Висновки

Основою для вирішення цього питання є експлуатаційна інформація, що може збиратися засобами автоматизації. Це є найбільш прийнятним варіантом через те, що виконання планованого експерименту в умовах нафтобази або АЗС неможливе через особливості їх функціонування.

Практична реалізація цих досліджень дасть можливість створити основу для розробки нових заходів з оцінки промислової та екологічної безпеки горизонтальних резервуарів, дозволить розглянути їх як джерело забруднення навколиш-

нього середовища. Це, у свою чергу, дасть можливість розробити та встановити в нашій країні норми викидів легких вуглеводнів у повітря, що в подальшому спонукатиме до модернізації діючого обладнання та встановлення засобів скорочення втрат.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. *Инструкция* о порядке поступления, транспортировки, хранения, отпуска и учета нефти и нефтепродуктов на предприятиях и в организациях Украины / Министерство топлива и энергетики Украины и др., Приказ № 281/171/578/155 от 20.05.2008.
2. *Теоретические* исследования влияния различных факторов на потери от испарения / Ф. Ф. Абузова, М. И. Курганский, В. Ф. Новоселов, Е. И. Ярыгин // НТО. Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов. — М. : ЦНИИТЭнефтегаз, 1970. — № 11. — С. 4–6.
3. *Константинов Н. Н.* Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов / Н. Н. Константинов. — М. : Гостоптехиздат, 1961. — 260 с.
4. *Коршак А. А.* Универсальный метод расчета суммарных потерь от «дыханий» резервуаров / А. А. Коршак, С. А. Коршак // Известия ВУЗов, Серия: Нефть и газ, 1999. — № 4. — С. 85–87.
5. *Гиззатов М. А.* Сокращение потерь бензинов от испарения на автозаправочных станциях нефтебаз. — Дис. канд. техн. наук / М. А. Гиззатов. — Уфа, 1987. — 244 с.
6. *Прохоров А. Д.* О расчете средней концентрации паров бензина в вытесняемой из резервуара паровоздушной смеси / А. Д. Прохоров // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, 1977. — № 4.
7. *Ашкинази М.И.* Расчет потерь нефтепродуктов от испарения при определении эффективности различных систем резервуаров / М. И. Ашкинази, П. П. Шабанов // Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, 1969. — № 4. — С. 13–18.
8. *Бударов И. П.* Потери от испарения моторных топлив при хранении (научное сообщение) / И. П. Бударов // ВНИИСТ Главгаза СССР. — М., 1961. — 264 с.
9. *Бойченко С. В.* Прогнозирование и оценка физической стабильности моторных топлив / С. В. Бойченко, Л. М. Черняк, О. С. Тітова // Мир нефтепродуктов. — 2007. — № 2. — С. 8–10.
10. *Резервуары* стальные горизонтальные цилиндрические. Методика поверки: ГОСТ 8.346-2000 ГСИ. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2000. — 48 с.
11. Резервуары стальные горизонтальные для нефтепродуктов. Технические условия: ГОСТ 17032-2010. — М. : Стандартинформ, 2011. — 12 с.
12. *Кузнецов Е. В.* Модели и алгоритмы прогнозирования потерь при проведении технологических операций на нефтебазах: дисс. канд. техн. наук / Е. В. Кузнецов. — М., 2010. — 135 с.
13. *Абузова Ф.Ф.* Борьба с потерями нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф. Ф. Абузова, И. С. Бронштейн, В. Ф. Новоселов. — М. : Недра, 1981. — 248 с.
14. *Абузова Ф. Ф.* Исследование потерь от испарения нефтей и нефтепродуктов и эффективности средств сокращения их в резервуарах: дисс. на соиск. учен. степени докт. техн. наук / Ф. Ф. Абузова. — Уфа, 1975. — 334 с.
15. *Черняк Л. М.* Якісний аспект втрат від випаровування палив / Л. М. Черняк, С. В. Бойченко, Н. А. Продченко // Матеріали доповідей VII Міжнародної XVIII Традиційної НПК, присвяченої пам'яті професора В. М. Плахотника, 2012. — С. 241.

Стаття надійшла до редакції 19.03.2014.