

АЕРОПОРТИ ТА ЇХ ІНФРАСТРУКТУРА

УДК 662.753.22

¹С.В. Іванов, д-р хім. наук,
²С.В. Бойченко, канд. техн. наук,
³І.В. Григоренко

ОЦІНКА АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ГУСТИНИ ПАРИ БЕНЗИНІВ

Інститут транспортних технологій НАУ, e-mail: ucach@nau.edu.ua

Розглянуто існуючі математичні моделі для розрахунку густини пари бензинів та зроблено висновки про вибір найбільш адекватних з них.

Вступ

Під час зберігання палива в резервуарах та проведення технологічних операцій відбуваються процеси випаровування і насичення газового простору, які суттєво впливають на кількість втрат від випаровування і погіршення якості продукту.

Випаровуваність характеризується процесом масовіддачі з поверхні нафтопродукту та перенесення пари до газового простору. Між різними показниками процесу випаровуваності (тиском та густиною пари, її молекулярною масою, паровмістом повітря тощо) існує чітко визначений взаємозв'язок [1].

Постановка завдання

Густина пари палива – величина відносна, але її досить широко застосовують для виконання техніко-економічних розрахунків масообмінних процесів у газовому просторі резервуарів. У багатьох випадках простіше і точніше втрати від випаровування можна визначити не за значеннями тиску та молекулярної маси пари палива, а за густиною його пари ρ . Тому з метою підвищення ефективності та оптимізації процесу розрахунків втрат палив від випаровування було проведено оцінку адекватності математичних моделей для розрахунку густини вуглеводневої пари бензинів.

Перевірка можливості застосування математичних моделей

Для визначення густини ρ застосовують математичні моделі, які ґрунтуються на емпіричних формулах, запропонованих М.М. Константиновим, І.П. Бударовим, Ф.Ф. Абузовою, І.Х. Хизгіловим та іншими вченими [1 – 7], наприклад:

$$\rho = \frac{M_n}{273 + t_{г.п}} \frac{P_{г.п}}{R}; \quad (1)$$

$$\rho = \frac{M_n}{22,4} \frac{P_{г.п}}{760} \frac{273}{T_{г.п}}; \quad (2)$$

$$\rho = \frac{M_n}{24,05}; \quad (3)$$

де M_n – молекулярна маса пари; $t_{г.п.}$ – абсолютна температура в газовому просторі, °С; $P_{г.п.}$ – тиск у газовому просторі, Па (мм рт. ст.); R – універсальна газова стала; $T_{г.п.}$ – абсолютна температура в газовому просторі, К.

Виконавши розрахунки за формулами (1), (2), (3) отримали серію результатів, які наведено у табл. 1. Для розрахунку брали $t = 20^\circ\text{C}$, $P = 101,325$ кПа.

Таблиця 1

Порівняльна таблиця результатів розрахунку густини вуглеводневої пари

Формула	Результати розрахунку ρ , кг/м ³
(1)	2,55912
(2)	2,55917
(3)	2,55821

Проведений авторами аналіз застосування моделей (1) – (3) свідчить, що вони мають певні обмеження за температурою і тиском. Зокрема, формула (3) не дозволяє розраховувати густину пари палива для інших значень температури і тиску крім $t = 20^\circ\text{C}$ та $P = 101,325$ кПа.

У зв'язку з цим у подальшому дослідженні адекватності запропонованих моделей формулу (3) можна враховувати лише умовно. Формули (1), (2) більш універсальні і дозволяють виконувати розрахунки за різних значень температури і тиску.

З метою встановлення адекватності зазначених моделей густини вуглеводневої пари, що описують власне стан пари в повітряній суміші, автори хроматографічним методом визначили кількісний та якісний склад вуглеводневої пари автомобільного бензину в модельному резервуарі за найбільш типовими представниками індивідуальних вуглеводнів. У результаті дослідження встановлено масові частки кожного компонента

пароповітряної суміші: етан – 0,032, пропан – 1,2, бутан – 12,51, пентан – 19,49, гексан – 3,6 %.

Експериментальне визначення густини вуглеводневої пари за даними хроматографічного аналізу пароповітряної суміші паливного резервуара проводять з урахуванням того, що густина вуглеводневої пари є адитивною властивістю її компонентів. Це описує формула

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_i c_i}{\sum_{i=1}^n c_i},$$

де n – кількість компонентів, які складають вуглеводневу суміш; ρ_i – густина i -го компоненту (довідкове значення), кг/м^3 ; c_i – об'ємна частка i -го компонента пари вуглеводню, %.

Довідкові значення густини кожного компонента вуглеводневої пари (ρ_i , кг/м^3 , при $t = 20^\circ\text{C}$ та $P = 101,325$ кПа становлять: етан – 1,293, пропан – 1,872, бутан – 2,519, пентан – 3,221, гексан – 4,473.

Результати перевірки адекватності наведено у табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльна характеристика результатів дослідження густини вуглеводневої пари

Формула	Густина ρ , кг/м^3		Абсолютна різниця	Критерій Фішера		Критерій Стьюдента	
	розрахункова	експериментальна		$F_{\text{екс}}$	$F_{\text{таб}}$	$t_{\text{екс}}$	$t_{\text{таб}}$
(1)	2,55912	3,05931	0,50019	4,7	19	1,3	2,78
(2)	2,55917		0,50014	4,04		1,2	
(3)	2,55821		0,5011	5,3		1,6	

У разі застосування формул (1), (2) і (3) спостерігається майже однаковий результат, але для оцінювання втрат палива від випаровування

навіть така незначна розбіжність у скінченному підсумку може призвести до значної похибки підрахунків. Отже, найбільш придатною для визначення густини вуглеводневої пари бензину є математична модель, описувана формулою (2).

Висновки

Отримані результати дозволяють розглядати математичні моделі, запропоновані для визначення показників процесу випаровуваності палив (коефіцієнта дифузії, молярної маси, тиску та густини пари вуглеводнів тощо), як достатньо адекватні для опису та розрахунків масообмінних процесів у резервуарах під час виконання різних технологічних операцій з нафтопродуктами

Список літератури

1. Бударов И.П. Потери от испарения моторных топлив при хранении. – М.: ВНИИСТ Главгаза СССР, 1961. – 263 с.
2. Константинов Н.Н. Борьба с потерями от испарения нефти и нефтепродуктов. – М.: Гостоптехиздат, 1961. – 260 с.
3. Яковлев В.С. Хранение нефтепродуктов. Проблемы защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1987. – 152 с.
4. Новосёлов В.Ф., Ботыгин В.П., Блинов И.Г. Методика расчёта потерь от испарения нефти и нефтепродуктов из наземных резервуаров. – Уфа: Уфим. нефт. ин-т, 1987. – 73 с.
5. Борьба с потерями нефти и нефтепродуктов при их транспортировке и хранении / Ф.Ф. Абузова, И.С. Бронштейн, В.Ф. Новосёлов и др. – М.: Недра, 1981. – 248 с.
6. Бронштейн И.С., Вохмин В.Ф., Губин В.Е. Выбор технических средств для сокращения потерь нефтепродуктов от испарения из резервуаров и транспортных емкостей / Под ред. А.М. Александрова. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1969. – 107 с.
7. Хизгилов И.Х. Сохранение качества нефтепродуктов при их транспорте и хранении. – М.: Недра, 1965. – 192 с.

Стаття надійшла до редакції 01.12.03.

С.В. Иванов, С.В. Бойченко, И.В. Григоренко

Оценка адекватности математических моделей для расчета плотности паров бензинов

Рассмотрены существующие математические модели для расчета плотности паров бензинов и сделаны выводы относительно выбора наиболее адекватных из них.

S.V. Ivanov, S.V. Boichenko, I.V. Grigorenko

Estimation of adequacy of mathematical models for calculation of density gasoline pairs

This article describes existing mathematical models for calculation of density pair gasoline, and also conclusions concerning a choice of most adequate of them are made.

