

УДК 665.733(043.2)

Н.О. Сидоренко, студ.

## ВПЛИВ КОМПОНЕНТНОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЬНИХ БЕНЗИНІВ НА ЇХ ФІЗИЧНУ СТАБІЛЬНІСТЬ

*Установлено залежність між фракційним складом та фізичною стабільністю автомобільних бензинів з подальшим використанням її для зменшення втрат від випаровування під час зберігання і транспортування.*

*The dependence of petrol physical stability on its fractional composition is defined in order to use it for reduction of vaporation losses during storage and transportation.*

### Вступ

Сучасна складна еколого-енергетична ситуація в світі спонукає кожну країну ставати на шлях енергозбереження та раціонального природокористування.

Нестача енергоджерел гостро відчувається у світі вже сьогодні, тому одним з напрямів енергозберігаючих концепцій є усунення втрат нафтопродуктів від випаровування.

Лише за рахунок запобігання втратам можна отримати до 20 % економії палив [1].

Розрахунки втрат бензину показують [1; 2], що за великого «дыхання» резервуара об'ємом 20 м<sup>3</sup> в атмосферу випаровується взимку 11 л, а влітку 23 м<sup>3</sup> бензину. У разі щодобового одноразового заповнення резервуара протягом одного місяця в атмосферу потрапляє бензину від 330 л (взимку) до 690 л (влітку).

Таким чином, середньорічні втрати на автозаправній станції (АЗС) з одного резервуара можуть перевищувати 6 т. Крім того, велика кількість бензинів втрачається під час виконання технологічних операцій і внаслідок неправильного зберігання [3].

За розрахунками російських учених АЗС викидають в атмосферу протягом року понад 140 тис. т пари вуглеводнів, АЗС Німеччини – 145 тис. т, Англії – 120 тис. т [4]. Безповоротні втрати нафти і нафтопродуктів в Україні в 2004 р. становили 182 тис. т [5].

Схильність бензинів до втрат від випаровування визначають як самостійний показник якості – фізична стабільність [6].

В умовах, коли запаси нафти обмежені, а її видобуток потребує значних зусиль, природно прагнути до того, що вже перероблено в товарний продукт.

Втрати від випаровування зазвичай розглядають у кількісному вимірі і не завжди враховують те, що неякісні палива негативно впливають на роботу двигунів.

Результатом втрат бензинів від випаровування є підвищення температури початку кипіння, густина і зниження одного з найважливіших показників — октанового числа. Усе це призводить до збільшення витрат бензину під час експлуатації двигуна і його зношування [3].

### Постановка завдання

В останні десятиріччя інтенсивно вивчалася проблема втрат бензинів від випаровування, оскільки 50 % моторних палив, які споживаються, складають автомобільні бензини, що загострює екологічну ситуацію, пов'язану з постійним зростанням кількості автомобілів. Це стало причиною посилювання європейських вимог як щодо якості палива, використовуваного автомобільним транспортом, так і щодо норм викидів випаровувань нафтопродуктів в атмосферу [7].

Товарні бензини є сумішшю вуглеводнів, що википають в діапазоні температур 35–200 °С.

Бензини одержують застосуванням таких технологічних процесів, як пряма перегонка, каталітичний реформінг, термічний і каталітичний крекінг з додаванням високооктанових компонентів і присадок.

Сучасні авіаційні і автомобільні бензини готують змішуванням (компаундуванням) різних компонентів, якість і вміст яких залежить від марки бензину та загального балансу нафтопродуктів, що виробляються на заводі.

У промисловості найчастіше використовують бутан-бутиленову фракцію (90 % *n*-бутану, 2–4 % ізобутану і 5–8 % пентану), технічний ізопентан (2-метилбутан) і різні газові бензини, склад і властивості яких дуже непостійні і в бензинах різних нафтопереробних заводів змінюються в досить широких межах.

Газові бензини є вуглеводневою рідиною зі значним вмістом низькокиплячих насичених вуглеводнів груп C<sub>3</sub>–C<sub>6</sub> і їх гомологів, кількість яких може досягати 80 %.

У процесі транспортування, зберігання і застосування паливо випаровується, і пари, що утворилися, частково розсіюються в навколишньому повітрі, тобто губляться. Випаровування палив спричиняє не тільки матеріальні втрати, але часто супроводжується погіршенням експлуатаційних властивостей і призводить до забруднення навколишнього середовища.

Під час експлуатації технічно справних транспортних засобів і зливно-наливних пристроїв основні втрати палив від випаровування відбуваються в резервуарах унаслідок витиснення частини пароповітряної суміші з газового простору.

За звичайних умов зберігання палива в резервуарі газовий простір заповнено сумішшю повітря з парами палива.

З підвищенням температури навколишнього середовища, наприклад, вдень у сонячну погоду, паливо нагрівається і пароповітряна суміш розширюється. При цьому зростає тиск у резервуарі, а щоб запобігти його руйнуванню, відкривається спеціальний клапан і частина пароповітряної суміші виходить в атмосферу.

У нічний час з охолодженням такого резервуара в газовому просторі утвориться вакуум, і через клапан у резервуар надходить повітря. Це повітря знову насичується новими парами палива. Такий своєрідний насос — усмоктування повітря і витиснення суміші — працює цілодобово в кожному резервуарі, спричиняючи втрати палив від «малих дихань» резервуара.

Під час заповнення резервуара перші порції палива інтенсивно випаровуються в газовий простір і насичують його парами. Наступне заповнення резервуара супроводжується витисненням утвореної пароповітряної суміші з газового шару через клапан в атмосферу. Ці втрати називають втратами від великих «дихань» резервуара.

Паливо розрізняють за його схильністю до втрат від випаровування. Чим більше легкокиплячих фракцій у паливі, чим нижча температура початку кипіння палива і чим вищий тиск його насичених парів, тим більша його схильність до втрат від випаровування. З усіх видів рідких товарних палив максимальну схильність до втрат від випаровування мають бензини, особливо автомобільні [8].

Вміст в бензинах легкокиплячих фракцій з погляду забезпечення холодного пуску, обмежувати не слід. Чим більше в бензині вуглеводнів, що легко випаровуються, тим краще його пускові властивості.

Проте надмірний вміст таких фракцій в бензині викликає неполадки при роботі прогрітого двигуна і великі втрати бензину при зберіганні і застосуванні.

Вміст в бензинах легкокиплячих вуглеводнів повинен бути таким, щоб забезпечити добрі пускові властивості і запобігти неполадкам в роботі прогрітого двигуна після пуску. Наявність таких фракцій в товарних бензинах зумовлена кліматичними умовами застосування, конструктивними особливостями двигунів і оцінюється шляхом визначення фракційного складу і тиску насиченої пари.

У різних країнах випускають декілька видів бензинів: зимовий і літній, північний і південний і т.д. У невеликих країнах звичайно виробляють тільки два види — літній і зимовий.

Вимоги до бензинів різного виду в різних країнах залежать від кліматичних особливостей. Так, в Англії, де температура повітря в зимовий час рідко нижче  $-7^{\circ}\text{C}$ , вважають, що пуск холодного двигуна забезпечується, коли 10 % відганяється у зимового виду бензину до  $60^{\circ}\text{C}$ , а у літнього — до  $70^{\circ}\text{C}$ . В США вважають, що для зимового бензину до  $70^{\circ}\text{C}$  повинно відганятися більше 20 %.

У Канаді для північного бензину допускається тиск насиченої пари до 93,3 кПа і температура перегонки 10 % бензину не вище  $50^{\circ}\text{C}$ .

Деякі дослідники вважають, що пускові властивості автомобільних бензинів характеризуються не тільки вмістом самих легкокиплячих фракцій (10 % бензину), але і більш високиплячих фракцій, і зокрема температурою перегонки 20 % бензину. Залежність пускових якостей випробуваних бензинів від температури перегонки 20 % також носить практично прямолінійний характер.

У деяких роботах пускові властивості бензинів пов'язують з вмістом у них легких фракцій, що википають до  $70^{\circ}\text{C}$ . Така оцінка пускових властивостей бензинів, заснована не на визначенні температури перегонки якоїсь кількості бензину, а на визначенні кількості бензину, що википає до певної температури, безумовно заслуговує уваги. Випробування автомобільних бензинів останніх років показали, що при додаванні бутанів пускові властивості бензину завжди виявлялися кращими, ніж бензину без бутану, що має такий же тиск насиченої пари і таку ж температуру перегонки 10 %. Поліпшення пускових властивостей бензинів при додаванні бутанів свідчить про важливе значення не тільки вмісту, але і характеру легкокиплячих компонентів товарних бензинів.

Базові компоненти автомобільних бензинів, як правило, містять недостатньо низькокиплячих фракцій, тому в товарні бензини спеціально додають низькокиплячі компоненти.

На різних заводах ці компоненти іноді значно розрізняються за властивостями, але всіх їх можна умовно об'єднати в три групи.

До першої групи слід віднести найбільш низькокиплячі компоненти, які при звичайній температурі є газами. З цієї групи широко вживається відпрацьована бутан-бутиленова фракція після процесу алкілування. Вона містить близько 90 % *n*-бутану, 2–4 % ізобутану і 5–8 % пентанів. Тиск насиченої пари такої фракції залежно від її складу коливається від 270 до 370 кПа.

Другу групу можуть скласти вузькі фракції, що переважно містять який-небудь низькокиплячий індивідуальний вуглеводень, який за звичайних умов залишається в рідкому стані, наприклад технічний ізопентан (2-метилбутан). До недавнього часу ізопентан використовувався як компонент авіаційних бензинів, але останніми роками він все ширше застосовується і при виготовленні автомобільних бензинів, особливо, вищих сортів.

До третьої групи слід зарахувати досить широкі фракції низькокиплячих вуглеводнів, наприклад, різні газові бензини, пентанаміленові фракції та ін. Склад і властивості компонентів групи вкрай непостійний і в бензинах різних заводів змінюється в досить широких межах.

Збільшення тиску насиченої пари і полегшення фракційного складу бензинів при введенні найбільш характерних з трьох перерахованих вище груп компонентів автомобільних бензинів було перевірено на бутановій фракції (вміст  $C_4$  близько 90%, тиск насиченої пари 350 кПа), технічному ізопентані (н. к. 27 °С; 10 % 28 °С; 50 % 29 °С; 90 % 34 °С; к. к. 34 °С, тиск насиченої пари 135 кПа) і газовому бензині (н. к. 23 °С; 10 % 28 °С; 50 % 40 °С; 90 % 77 °С; к.к. 80 °С; тиск насиченої пари 152 кПа).

Перераховані компоненти додавали в різних кількостях до двох зразків бензинів. Один з них мав початковий тиск насиченої пари 48 кПа (масовий вміст вуглеводнів 0,2 %). Такий тиск насиченої пари характерний для багатьох базових автомобільних бензинів, тому додавання легких компонентів дозволило оцінити їх значення при виготовленні товарних бензинів. Другий зразок бензину мав досить високий початковий тиск насиченої пари (близько 75 кПа), і додавання до нього низькокиплячих компонентів дозволяє

створити спеціальні полегшені північні зразки автомобільних бензинів з поліпшеними пусковими властивостями (початковий бензин містив близько 3 %  $C_4$ ).

Найбільше збільшення тиску насиченої пари, спостерігається при додаванні бутану, якнайменше — при введенні ізопентану, газовий бензин займає проміжне положення. Додавання до бензину термічного крекінгу 7 % бутану дає таке ж підвищення тиску насиченої пари, як і введення 10 % газового бензину або 13 % ізопентану.

З урахуванням отриманих результатів, а також даних пускових випробувань бензинів, що містять бутани, формула залежності температури повітря, при якій можливий пуск холодного двигуна, від температури перегонки 10 % для бензинів з бутанами приймає вигляд

$$t_e = \frac{1}{2}t_{10} - 50,5 + \frac{(t_{н.к.} - 50)}{3}.$$

Коли склад і походження бензинів невідомі, слід користуватися формулою, виведеною для бензинів, які не містять бутанів. Обчислена за цією формулою температура повітря буде такою, при якій напевно можливий пуск холодного двигуна на бензині будь-якого складу. За наявності в бензині бутанів дійсна температура пуску виявиться дещо нижчою [9].

### Розв'язання завдання

**Мета** цієї роботи — установлення залежності між фракційним складом та фізичною стабільністю автомобільних бензинів з подальшим використанням її для зменшення втрат від випаровування під час зберігання і транспортування.

Для розв'язання цього завдання використовувались стандартні методи оцінювання якості автомобільних бензинів, розрахункові методи визначення властивостей палив, а також методи математичного моделювання.

Оскільки нині існує великий асортимент палив, то в процесі проведення випробування використовували найбільш поширені, і водночас сучасні вуглеводневі палива. Отже, для проведення дослідження впливу компонентного складу на фізичну стабільність брали зразки автомобільних бензинів марок А-80, А-92, А-95, А-95+.

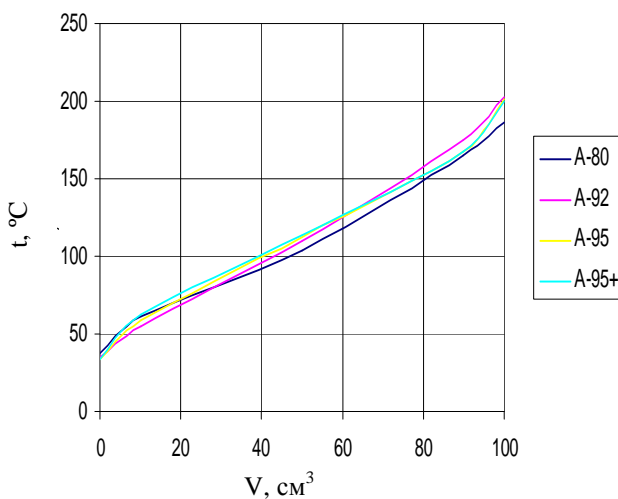
Фізична стабільність бензинів характеризується такими показниками, як тиск насичених парів, фракційний склад та компонентний склад палива. Саме ці показники і визначали в процесі досліджень за стандартними методиками (ГОСТ 2177 «Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава», ДСТУ 4019 «Нафтопродукти.

Визначення ароматичних вуглеводнів у бензині методом газової хроматографії», ГОСТ 1756 «Нефтепродукты. Определение давления насыщенных паров»).

Вміст ароматичних вуглеводнів у бензині визначали на газовому хроматографі типу «Кристалл-2000».

На підставі результатів досліджень зроблено висновок щодо залежності фізичної стабільності автомобільних бензинів від їх компонентного складу.

На основі отриманих даних побудовані графіки залежностей, що характеризують фракційний склад палив (див. рисунок).



Криві перегонки автомобільних бензинів

### Висновки

1. На підставі літературного огляду проаналізовано методи визначення компонентного складу бензинів та його впливу на фізичну стабільність палив. Установлено, що додавання до палив легкокиплячих фракцій поліпшує пускові властивості бензину, але водночас підвищує тиск насиченої пари та призводить до утворення парових пробок, крім того, погіршує роботу прогрітого двигуна і спричиняє втрати нафтопродукту під час зберігання і транспортування. Тому необхідно обмежувати вміст низькокиплячих фракцій в паливі згідно з відповідними розрахунками.

2. Проведено експериментальні дослідження з визначення фракційного складу, тиску насиченої пари та вмісту ароматичних сполук автомобільних бензинів різних марок.

3. На підставі отриманих експериментальних даних установлено залежності фізичної стабільності бензинів від їх компонентного складу, які підтверджують теоретичні відомості, а саме: з підвищенням октанового числа бензину в ньому зростає вміст легкокиплячих (пускових) фракцій, про що свідчить зниження температури початку перегонки (A-80: 37 °C, A-92: 35 °C, A-95: 34 °C, A-33,5 °C), що призводить до погіршення фізичної стабільності, на що вказує збільшення тиску насиченої пари бензинів у цьому ж ряду (A-80: 55,3 кПа, A-92: 59,8 кПа, A-95: 61,8 кПа, A-64,3 кПа).

4. Виконано математичне опрацювання експериментальних даних, отримано криві перегонки бензинів, визначено похибки експериментів.

### Література

1. Александров А., Архаров И., Емельянов В. Обзор действующих систем улавливания паров нефтепродуктов // Современная АЗС. – 2005. – № 11. – С. 72–75.
2. Кирилов Н., Можайский А. Экономный Стирлинг // Современная АЗС. – 2004. – № 6. – С. 48–51.
3. Бойченко С.В., Черняк Л.М., Федорович Л.А., Иванов С.В. Взаимосвязь потерь от испарения и кондиционности бензина // Экотехнологии и ресурсосбережение, 2006. – № 4. – С. 8–11.
4. Кулагин А.В. Прогнозирование и сокращение потерь бензинов от испарения из горизонтальных подземных резервуаров АЗС: автореф. дис. ... канд. тех. наук. – Уфа, 2003. – 24 с.
5. Матусевич Г.Г., Степанов А.В., Николаенко В.Н. Проблемы нефтеперерабатывающей промышленности Украины и пути их решения // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2005. – № 2. – С. 3–9.
6. Гуреев А.А., Фукс И.Г., Лаихи В.Л. Химмотология. – М.: Химия, 1986. – 386 с.
7. Гайванович В.І., Топільницький П.І., Палюх В.М. Хіммотология бензинів: навч. посіб. – Л.: Військовий інститут при Державному університеті «Львівська політехніка», 2000. – 157 с.
8. Бойченко С.В. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости и присадки: конспект лекций. – К.: КМУГА, 1999. – 104 с.
9. Гуреев А.А., Камфер Г.М. Испаряемость топлив для поршневых двигателей. – М.: Химия, 1982. – 264 с.

Стаття надійшла до редакції 11.12.08.