

Модифікація автомобільних бензинів біоетанолом у кавітаційному полі

С. В. Бойченко¹, А. В. Яковлева¹, О. Б. Целіщев², В. Г. Ланецький¹, С. О. Кудрявцев²,
М. Г. Лорія², А. А. Семенюк¹, Kazimierz Lejda³

¹Національний авіаційний університет, Україна, 03058, Київ, просп. Космонавта Комарова (Любомира Гузара), 1; тел.: 063 630 89 59, anna.yakovlieva@nau.edu.ua

²Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Україна, 93400, Северодонецьк, проспект Центральний, 59 А

³Rzeszow University of Technology, 8 Powstancow Warszawy Ave., Rzeszow, Poland.

На сьогодні досить актуальним є використання біоетанолу в якості альтернативного моторного палива. Біоетанол загалом використовують в якості добавки до традиційного нафтового пального. Додавання біоетанолу позитивно впливає на збільшення випаровуваності та детонаційної стійкості автомобільних бензинів. Однак, додавання лише біоетанолу може виявитись недостатнім для повного вирішення зазначених задач. У даній статті наведені результати дослідження впливу вмісту біоетанолу та параметрів кавітаційного поля на показники якості автомобільних бензинів: випаровуваність та октанове число. Для встановлення впливу кавітаційної обробки бензино-етанольної суміші на фізичну стабільність палива та випаровуваність, визначено вміст вузьких фракцій, відсотковий вміст фракцій у паливі, а також визначено тиск насичених парів до обробки кавітацією та після. Встановлено оптимальний вміст біокомпоненту, за якого спостерігається збільшення випаровуваності бензину. Також наведені результати зміни октанового числа в залежності від інтенсивності кавітаційної обробки для газового конденсату із добавкою біоетанолу. Визначено вплив вмісту біоетанолу на приріст октанового числа при кавітаційній обробці. Показано, що одержання сумішевих палив компаундуванням з застосуванням кавітаційної обробки дозволяє одержати бензино-етанольну суміш з істотно кращими характеристиками випаровуваності, зокрема за показниками фракційного складу та тиску насиченої пари, у порівнянні з бензино-етанольними сумішами одержаними звичайним механічним компаундуванням. Крім того, встановлено, що застосування кавітаційної обробки дозволяє підвищити октанове число палив. При цьому введення етанолу має дозволяти додатково підвищити їх октанове число. Таким чином, введення етанолу та застосування кавітаційної обробки має синергетичний ефект на підвищення антидетонаційних характеристик бензинів.

Ключові слова: бензин, газовий конденсат, біоетанол, кавітація, випаровуваність, фізична стабільність, октанове число

Вступ

Конкурентна боротьба серед автовиробників призводить до постійного вдосконалення двигунів внутрішнього згоряння: збільшення потужності, зменшення споживання пального, покращення екологічних показників транспорту тощо. Це, в свою чергу, ставить нові завдання перед виробниками автомобільних палив, у тому числі і бензинів. Сучасні автомобільні бензини є сумішшю вуглеводнів різних класів. В Україні якісний склад бензину відповідно до стандарту Євро-5 встановлюється ДСТУ 7687:2015. Відповідно до цього стандарту бензини можуть містити до 3 % метанолу, або етанолу до 10 % та до 15 % етерів, що можуть бути отримані з цих спиртів. У світі успішно експлуатується транспорт на бензино-спиртових сумішах у різних

концентраціях: Е5, Е7, Е10, Е40 та Е85 що містять 5 %, 7 %, 10 %, 40 % та 85 % етилового спирту відповідно. Лідерами в використанні таких бензино-спиртових сумішей є США, країни Латинської Америки, Китай. Перелік країн, де використовують бензино-спиртові суміші з кожним роком зростає [1].

Сучасні екологічні вимоги до якості моторних палив, а також підвищені вимоги до детонаційної стійкості автомобільних бензинів роблять актуальним додавання спиртовмісних органічних високооктанових добавок у вуглеводневі бензини. Для України найбільш перспективною добавкою є біоетанол [2], оскільки існує сировинна база, розвинута інфраструктура із

його виробництва та зрозуміла логістика поставок по території України.

Не зважаючи на значні досягнення нафтопереробної промисловості задачі збільшення випаровуваності та детонаційної стійкості (октанового числа - ОЧ) автомобільних бензинів завжди є актуальними.

Додавання спирту, наприклад, етанолу (біоетанолу), до базового бензину дозволяє вирішити обидві ці задачі. Але існують деякі проблеми та обмеження: по-перше, можливий вміст спирту обмежений ДСТУ, а по-друге, нестабільність бензино-спиртової суміші (здатність до розшарування) [4].

Враховуючи сказане, додавання лише біоетанолу може виявитись недостатнім для повного вирішення задачі із підвищення детонаційної стійкості та випаровуваності автомобільного бензину [3]. Тому пошук методів для додаткового збільшення октанового числа (ОЧ) та запобігання розшарованості бензино-спиртової суміші є актуальним науковим та практичним завданням.

Перспективним є застосування технології кавітаційної обробки спирт-вуглеводневих сумішей для створення високооктанових бензинів [5, 6].

Як відомо, кавітація є явищем виникнення в крапельній рідині бульбашок (порожнин). Якщо зниження тиску здійснюється внаслідок появи великих місцевих швидкостей у потоці рухомої крапельної рідини, то кавітація називається динамічною. А якщо, внаслідок проходження у рідині акустичних хвиль – акустичною. Енергія схлопування бульбашок призводить, зокрема, до гомогенізації продукту, що обробляється. Це є важливим фактором, враховуючи високу схильність бензино-спиртових сумішей до розшарування [7, 8].

Кавітаційна обробка на сьогодні використовується досить успішно для вирішення проблеми покращення тих чи інших властивостей як паливних нафтових фракцій, так і товарних нафтопродуктів. Отже, на сьогодні, ефект кавітації використовується у різних галузях промисловості та сферах [7].

Мета

Метою роботи є визначення впливу вмісту біоетанолу на випаровуваність та октанове число автомобільних бензинів при їх модифікації у кавітаційному полі.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Відомо, що у світі постійно зростає обсяг споживання біопалива, в тому числі біоетанолу [9]. Додавання біоетанолу до автомобільного бензину додаванням реакційного об'єму додаткового кисню призводить до покращення екологічних показників автотранспорту. Крім того, автомобільні двигуни, що працюють на такому пальному не потребують значних переробок.

У роботі [12] наведена конструкція кавітаційного реактора для переробки вуглеводневої сировини. Особливістю цього реактора є те, що його конструкція дозволяє отримати три зони динамічної кавітації. Показано, що в кавітаційному полі відбувається розкладення перекису водню на гідроксильні радикали, що в подальшому беруть участь у синтезі метанолу. Отже в такому реакторі можна не тільки отримати однорідну рідину з бензину та біоетанолу, а й здійснити хімічні перетворення бензину [13].

Авторами роботи [10] наведено кавітаційну установку для переробки вуглеводневої сировини. Установка дозволяє вести процес переробки за тисків до 30 МПа. З'ясовано, що перетворення n-алканів у присутності перекису водню у спирти, а саме в метанол, відбувається за тиску 9–21 МПа. При цьому, максимальна конверсія n-алканів одержується за тиску 19 МПа.

У роботі [14] досліджено вплив кавітаційної обробки бензину на зміну його ОЧ. Показано, що при кавітаційній обробці бензину за тиску 20 МПа відбувається збільшення його ОЧ на ~ 4 од. Відбувається це через перетворення лінійних алканів з низьким ОЧ в ізоалкани та ненасичені вуглеводні, що мають високе ОЧ.

У роботі [15] досліджено вплив перекису водню в кавітаційному полі на процес перетворення лінійних алканів у високооктанові компоненти моторних палив, в тому числі в метанол. Встановлено, що без перекису водню переважно процес йде в напрямку синтезу толуолу. Його концентрація в продуктах переробки збільшується до 5 %. При введенні в систему водного розчину перекису водню разом з толуолом з'являється метанол. Концентрація метанолу в умовах експерименту сягає 3 %. Визначено масовий склад бензину до та після кавітаційної обробки. Досліджено зміни в групах вуглеводнів зі складу бензину в залежності від тиску, що відбуваються в процесі переробки з перекисом водню та без нього [16,17]. Введення в бензин, що подається на кавітаційну переробку, перекису водню дозволяє збільшити ОЧ бензину до 14 одиниць.

Таким чином, підводячи підсумок наведеного літературного огляду можна зробити висновок, що розв'язати проблему покращення моторних палив, а саме автомобільних бензинів, можна введенням до складу бензину біоетанолу з подальшою кавітаційною переробкою цієї суміші.

Модифікація автомобільних бензинів біоетанолом у кавітаційному полі є новим напрямом досліджень. Основні питання, що слід дослідити це: параметри кавітаційного поля, що забезпечують найефективнішу модифікацію палива; зміни якісного та кількісного складу бензину; залежності параметрів якості палива від параметрів кавітаційного поля та від вмісту біоетанолу; вплив інших одноатомних спиртів (метанолу, бутанолу, пропанолу тощо) на процес модифікації палив.

Опис лабораторної установки

Дослідження впливу кавітаційної обробки на вуглеводнево-біоетанольні суміші проводилася на лабораторному стенді, схему якої наведено на рис. 1.

Методика проведення експерименту була наступною. Заздалегідь приготовлений розчин базового бензину з заданим вмістом біоетанолу заливається в ємність 1. З ємності 1 досліджувана суміш через регулюючий вентиль 2 та витратомір 3 подається насосом високого тиску 4 у кавітаційний реактор 5. Особливістю кавітаційного реактора 5 є те, що в ньому створюються відразу три зони кавітації. Перша зона кавітації створюється на виході форсунки. Форсунка являє собою дозвукове сопло Лавала [7, 8]. Швидкість протікання суміші через форсунку кавітаційного реактора має бути більшою за 145 м/с. Після форсунки суміш потрапляє на конусоподібну перешкоду. При відриві з поверхні конуса відбувається друга хвиля кавітації. Далі суміш на високій швидкості спрямовується на стінку реактора, де відбувається третя хвиля кавітації. Внаслідок такого впливу досліджувана суміш перетворюється на туманоподібну субстанцію [11]. Для того, щоб її сконденсувати використовується нижня частина реактора, де відбувається різке уповільнення руху суміші. Перероблена в такий спосіб суміш збирається в ємності 6.

Параметри процесу регулюються зміною витрати суміші, вмісту біоетанолу та тиску на вході форсунки, що створюється насосом 4.

Дослідження зміни ОЧ проводились із тиском перед кавітаційною форсункою 90 атм. Для приготування суміші використовувався азеотропний 96 % етанол з 4 мас.% вмістом води та бензин А-92 під час досліджень випаровуваності бензину і азеотропний 96 % етанол з 4 мас.% вмістом води та газовий конденсат під час дослідження зміни ОЧ.

Вимірювання ОЧ проводилося октанометром SHATOX SX-150, що працює на базі аналізатора SX-300. Відхилення поміж паралельними вимірами не перевищували 0,2 одиниць. Максимальна похибка вимірювання ОЧ не перевищує 0,5 одиниць. Діапазон вимірювання складає 40-135 одиниць. Постійний кавітаційний ефект досягається також через виконання декількох проходжень суміші через кавітаційні форсунки. Зменшення циклів кавітаційної обробки може досягатися збільшенням тиску на форсунці до 19 МПа, що підтверджено експериментально на дослідно-промисловій установці, де ефективний результат досягався за одну обробку. Більш низький тиск на вході форсунки лабораторної установки обрано для виявлення залежності впливу домішок біоетанолу на процес, що в перспективі може призвести до зменшення тиску нижче за 19 МПа при подальшій оптимізації процесу для промисловості.

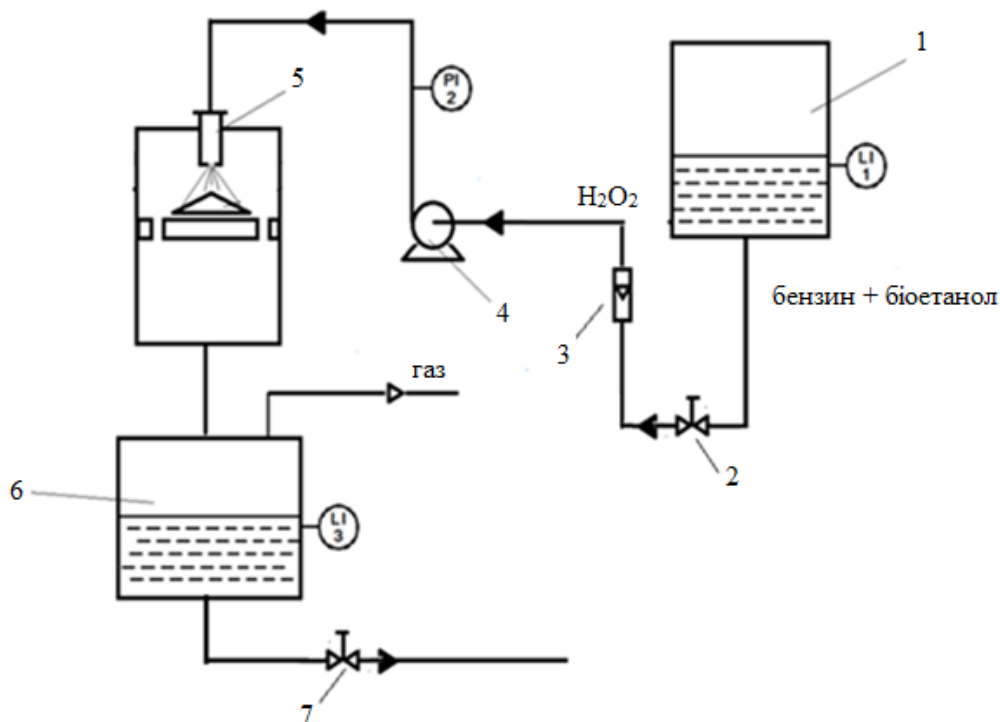


Рис. 1. Лабораторна установка для вивчення впливу кавітації на детонаційну стійкість та випаровуваність вуглеводнево - біоетанольних сумішей: 1 – ємність для сировини, 2 – регулюючий вентиль, 3 – витратомір, 4 – насос високого тиску, 5 – кавітаційний реактор, 6 – ємність для збору продуктів переробки, 7 – вентиль для відбору проб

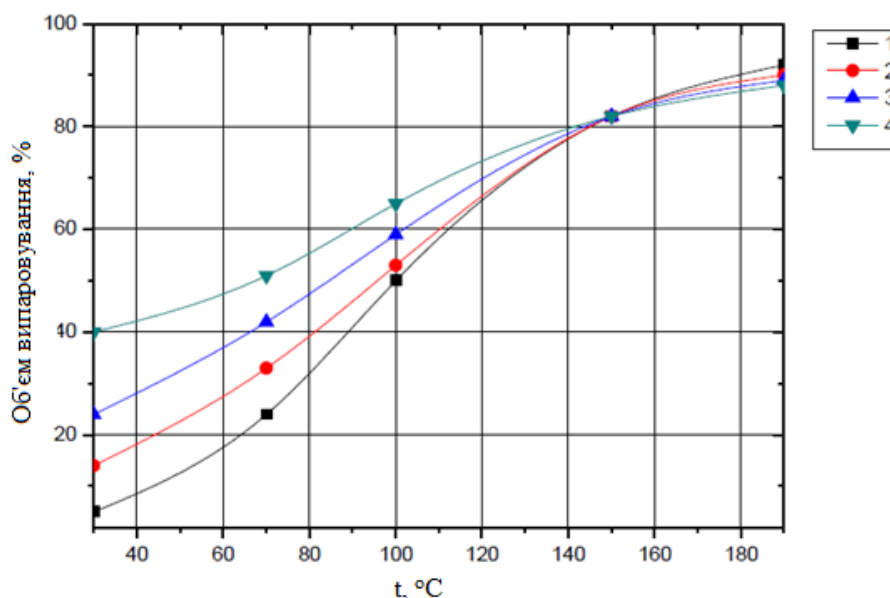


Рис. 2. Залежність фракційного складу бензину марки А-92 компаундованого механічним змішуванням: 1 – А-92, 2 – А-92 з додаванням 5 % етанолу, 3 – А-92 з додаванням 10 % етанолу, 4 – А-92 з додаванням 20 % етанолу.

Результати експериментальних досліджень.

Вивчення зміни випаровуваності бензино-біоетанольних сумішей

З метою встановлення можливості впливу на випаровуваність бензино-етанольних сумішей за допомогою кавітаційного компаундування даних сумішей, було проведено ряд експериментальних досліджень на лабораторній установці (рис. 1).

Для встановлення рівня впливу кавітаційної обробки бензину, що містить біоетанол, на фізичну стабільність палива та випаровуваність, були експериментально визначені вміст вузьких фракцій у складі автомобільного бензину марки А-92 та трьох зразків палива (А-92 з додавання 5, 10 та 20 % етанолу) та визначено відсотковий вміст фракцій у паливі, що википають за температур 70 °С, 100 °С та 150 °С до обробки кавітацією та після (рис. 2-3). Результати дослідження представлені на рис. 2-5.

З рис. 2 випливає, що додавання до складу автомобільного бензину марки А-92 етанолу впливає на об'єм палива, що википає за температури 70 °С та 100 °С. Об'єм википання палива (компаундованого з етанолом механічним змішуванням) за температури 150 °С залишається незмінним.

З рис. 3 можемо зробити висновок, що додавання до складу автомобільного бензину марки А-92 біоетанолу впливає на об'єм палива, що википає за температури як 70 °С, 100 °С так і за температури 150 °С. Найбільші зміни відбулися із зразками автомобільного бензину, що містить у своєму складі 10 % та 20 % етилового спирту. Окрім того, для даних зразків спостерігається зниження температури початку кипіння, у по-

рівнянні зі зразками, приготованими механічним компаундуванням.

З метою більшого розуміння впливу кавітаційного способу приготування бензино-етанольних сумішей на вуглеводневий склад автомобільного бензину та на випаровуваність, у залежності від способу компаундування, була виконана розгонка дослідних зразків бензину на вузькі фракції. З рис. 4-5 видно, що відбувається зміна відсоткового вмісту фракцій у складі палива, компаундованого як механічним змішуванням, так і за допомогою гідродинамічної кавітації.

Для зразка палива з вмістом етанолу у кількості 5 % спостерігається зменшення вмісту алканової фракції з 28 % до 26 %; зростання вмісту бензольної фракції з 18 % до 20 %; зменшення вмісту толуольної з 20 % до 19,5 %; цимольної – з 16 % до 15,6 %; ксилольної з 14,2 до 13,4 %.

Для зразка палива з вмістом етанолу у кількості 10 % спостерігається зростання вмісту алканової фракції з 30,2 % до 37,1 %; зменшення вмісту бензольної фракції з 21,8 % до 18,6 %; зменшення вмісту толуольної з 16 % до 7,1 %; зростання вмісту цимольної – з 14 % до 24,2 %; зменшення ксилольної з 11,5 до 9,7 %.

Для зразка палива з вмістом етанолу у кількості 20 % спостерігається зменшення вмісту алканової фракції з 32 % до 23 %; зростання вмісту бензольної фракції з 23 % до 43 %; зменшення вмісту толуольної з 13,1 % до 6 %; цимольної – з 14 % до 12,8 %; ксилольної з 13,7 до 12,7 %.

З метою дослідження впливу способу компаундування бензино-етанольних сумішей на випаровуваність додатково було визначено тиск насиченої пари за стандартною методикою (рис.6).

Встановлено, що додавання до зразків палив біокомпоненту (етилового спирту) у кількостях 5 % та 10 % призводить до зниження тиску насиченої пари при підготовці сумішей за допомогою кавітаційного змішування порівняно з механічним змішуванням. А для зразка палива з вмістом етанолу у кількості 20 % спостерігається значне підвищення тиску насиченої пари. Це можна пояснити зміною кількості вмісту легких фракцій у досліджуваних зразках при їх компаундуванні кавітаційним способом, у порівнянні з механічним способом приготування сумішей.

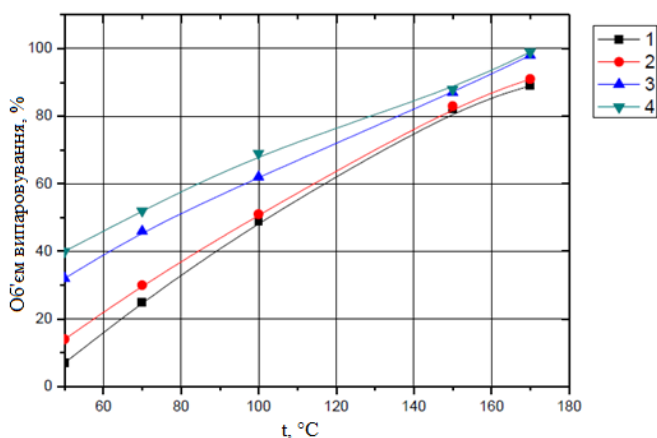


Рис. 3. Залежність фракційного складу бензину марки А-92 компаундованого кавітаційним змішуванням: 1 – А-92, 2 – А-92 з додаванням 5% етанолу, 3 – А-92 з додаванням 10 % етанолу, 4 – А-92 з додаванням 20 % етанолу

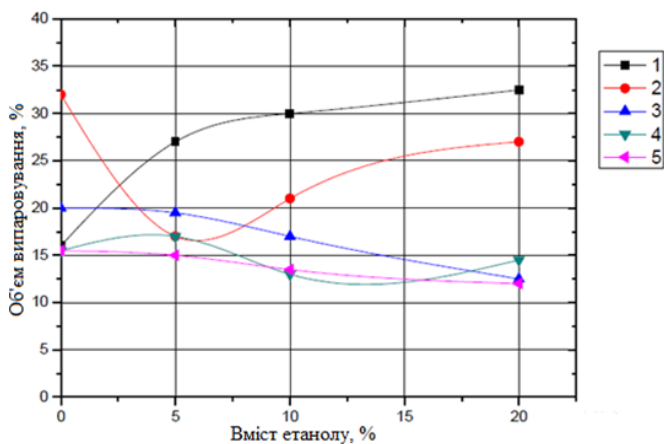


Рис. 5. Залежність вмісту вузьких фракцій бензину від температури (крива розгонки бензину марки А-92 з різним вмістом біокомпоненту, що був компаундований кавітаційним змішуванням): 1 – алканові фракція, 2 – бензолна фракція, 3 – толуольна фракція, 4 – ксилольна фракція

Вивчення зміни октанового числа сумішей газового конденсату та біоетанолу при різній інтенсивності кавітаційної обробки

Важливим джерелом вуглеводнів для отримання автомобільних бензинів є газовий конденсат. Використання газового конденсату в якості автомобільного бензину ускладнено низькими значеннями ОЧ останнього [16]. Результати експериментальних досліджень модифікації газового конденсату біоетанолом у кавітаційному полі наведені в табл. 1.

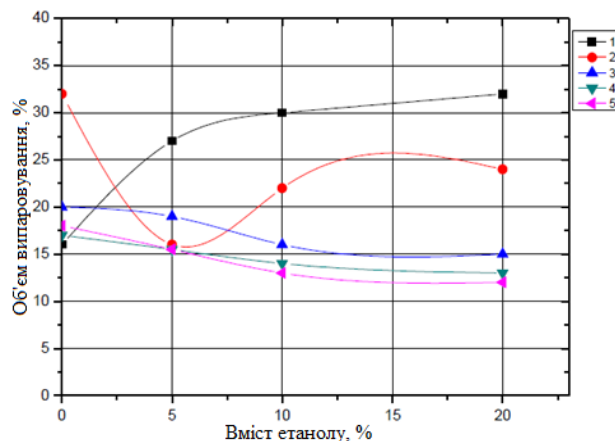


Рис. 4. Залежність вмісту вузьких фракцій бензину від температури (крива розгонки бензину марки А-92 з різним вмістом біоетанолу, що був компаундований механічним змішуванням): 1 – алканова фракція, 2 – бензолна фракція, 3 – толуольна фракція, 4 – ксилольна фракція, 5 – цимольна фракція

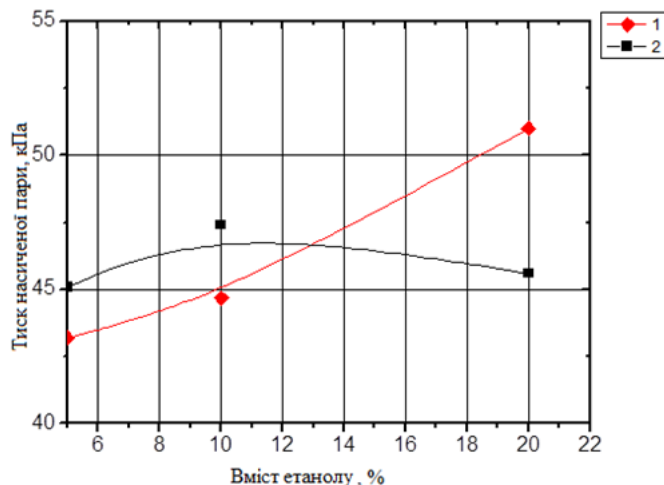


Рис. 6. Залежність тиску насиченої пари бензину марки А-92 компаундованого: 1 – кавітаційним змішуванням, 2 – механічним змішуванням

Слід зазначити, що всі вимірювані ОЧ визначали за температури 200 °С. Підвищення температури до 300 °С призводить до пропорційного збільшення ОЧ на 2-3 пункти. Зменшення температури нижче 200 °С призводить до зменшення ОЧ на 1-1,5 одиниці.

Для досягнення сталого значення ОЧ для газового конденсату без додавання біоетанолу вистачило 8 циклів кавітаційної обробки на форсунці тиском 90 атм. Аналогічна кількість циклів знадобилась і при додаванні 1 % біоетанолу. При цьому розшарування суміші не відбулось. При додаванні 2 % біоетанолу стало значення ОЧ було досягнуто вже після 4-х циклів кавітаційної обробки. Відразу після кавітатора суміш була гомогенною. Потім (приблизно протягом 1 години) відбулось незначне відшарування водної фази, яке зникло на 7-й день зберігання суміші. Слід зазначити, що детонаційна стійкість суміші за показниками RON та MON відповідає бензину А-92 при експлуатації його за температури 200 °С та вище. Стійке стає значення показників RON та MON, відповідних бензину А-92, за будь-якої нормальної температури експлуатації відбувається при вмісті біоетанолу 3 % об'ємних, і при цьому також достатньо всього 4-х циклів кавітаційної обробки. Поведінка суміші аналогічна із попередньою: початкова гомогенізація, розшарування протягом години та наступна повторна гомогенізація за тиждень зберігання суміші.

Для досягнення характеристик суміші, аналогічних бензину марки А-95 необхідно 4 % об'ємних біоетанолу (температура експлуатації вище за 200 °С) або 5 % об'ємних біоетанолу (будь-яка температура експлуатації) і приблизно 5-6 циклів кавітаційної обробки. При цьому суміш також гомогенізується після тижневого зберігання, а на дні ємності утворюється мутний осад в кількості не більше 0,1 % від загального об'єму суміші. Сама суміш при 3-х тижнях зберігання не мутніє і не змінює кольору.

При відсутності добавок біоетанолу ОЧ газового конденсату зросло майже на 1 одиницю за дослідницьким методом та 0,7 одиниць за моторним методом при проведенні 10 циклів кавітаційної обробки. В середньому відбувалось зростання на 0,1 одиницю за кожний цикл обробки.

Найбільш ефективною виявилась суміш 99 % газового конденсату, та 1 % біоетанолу. Вже просте механічне змішування конденсату та біоетанолу підвищило RON на 2,5 одиниці, а MON зросло на 1,7 одиниці (див. таблицю). Загальний приріст RON склав 5,1 (в середньому 0,5 одиниці за цикл обробки) пункти, а MON – 2,6 одиниці (в середньому 0,25 одиниці за цикл обробки).

Подальше збільшення кількості біоетанолу в суміші зменшує ефект від кавітаційної обробки, хоча початкові RON та MON значно вищі. Наприклад, для суміші 97 % конденсату та 3 % біоетанолу збільшилось майже на 15,3 одиниці в порівнянні із чистим газовим конден-

сатом, а приріст MON склав 8,1 одиниці. Під час кавітаційної обробки приріст RON та MON склав 0,7 та 0,5 одиниці відповідно. Тобто, існує оптимальна концентрація біоетанолу в суміші з газовий конденсатом, за якої кавітаційна обробка дає найбільший приріст октанового числа [17]. На сьогодні, це експериментально встановлена концентрація 1% об. біоетанолу.

Подальші дослідження необхідно спрямувати на встановлення оптимальної концентрації біоетанолу для кавітаційної обробки, на вплив числа циклів кавітації на приріст октанового числа, на знаходження оптимальної кількості циклів кавітаційної обробки, та на стійкість до розшарування суміші вуглеводнів та біоетанолу.

Висновки

Для встановлення впливу кавітаційної обробки бензину, що містить біоетанол, на фізичну стабільність палива та випаровуваність, були експериментально визначені вміст вузьких фракцій у складі автомобільного бензину марки А-92 та трьох зразків палива з додавання 5, 10 та 20 % етанолу, відсотковий вміст фракцій у паливі, що википають за температур 70 °С, 100 °С та 150 °С та визначено тиск насиченої пари до обробки кавітацією та після. Встановлено, що найбільш оптимальна дія кавітації спостерігалась при додаванні до зразків палив біокомпоненту (етилового спирту) у кількостях 5 % та 10 %.

Було експериментально досліджено зміну октанового числа сумішей газового конденсату та біоетанолу при різній інтенсивності кавітаційної обробки. При збільшенні вмісту біоетанолу в суміші кількість циклів кавітації (інтенсивність), що необхідна для досягнення сталого значення октанового числа, зменшується від 8 циклів для газового конденсату без біоетанолу, до 4 циклів при вмісті біоетанолу 3 % та вище. Для досягнення значень октанового числа суміші, відповідних бензинам марок А-92 та А-95, необхідно додавати 2% та 5% біоетанолу відповідно.

Найбільш ефективною для дії кавітації виявилась суміш 99 % газового конденсату, та 1 % біоетанолу, коли загальний приріст RON склав 5 одиниць, а MON – 2,6 одиниць. Подальше збільшення кількості біоетанолу в суміші зменшує ефект від кавітаційної обробки, хоча початкові RON та MON значно вищі.

Література

1. Бойченко С.В., Павлюх Л.І., Шкільнюк І.О. Аналіз екологічних властивостей компонентів традиційних альтернативних авіаційних бензинів. *Наукоємні технології*. 2019. № 2 (42). С. 195-206.

2. Мілоцький В.В., Ганжа С.Н. Спосіб підвищення октанового числа газоконденсатних і нафтових прямогонних бензинів. *Вісник Східноукраїнського Націона-*

льного університету ім. В. Даля. 2016. №14 (203). С. 85-88.

3. Drozdник, I.D., Miroshnichenko, D.V., Shmeltser, E.O., Korner, M.V., Pyshyev, S.V. Investigation of possible losses of coal raw materials during its technological preparation for coking Message 2. The actual mass variation of coal in the process of its storage and crushing. *Petroleum and Coal*. 2019. Vol. 61, P 631-637.

4. Бойченко С.В., Бойченко М.С., Личмаченко О.Г., Кабан С.М. Вплив добавок аліфатичних спиртів на властивості бензинів: аналітичний. *Наукоємні технології*. 2015. №1(25). С. 86-92.

5. Черняк Л.М. Порівняльна характеристика випаровуваності бензинів з різним вмістом оксигенатів. *Наукоємні технології*. 2014. №4(24). С. 526-531.

6. Бойченко С.В., Ланецький В.Г., Черняк Л.М., Радомська М.М., Кондакова О.Г. Дослідження впливу кавітаційної обробки на октанове число бензину. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2017. №2. С. 107-114.

7. Целіщев, О. Б., Лорія М.Г., Захаров І.І. Аналіз фізико-хімічних методів отримання гідроксильного радикала. *Вісник національного технічного університету «ХПІ»*. 2011. № 65. С. 111-124.

8. Целищев, А. Б. Захаров И.И., Лория М.Г., Иджагбужди А.А., Елисеев П.И., Носах В.А. Моторные топлива: кавитационный способ повышения их качества. *Хімічна промисловість України*. 2014. Т. 121. № 2. С. 39-42.

9. Брей В. В., Щуцький І. В. Біоетанол в Україні. *Вісник Національної академії наук України*. 2016. № 6. С. 71-76.

10. Целіщев О.Б., Лорія М.Г., Носач В.О. Дослідження кавітаційного способу перетворення моторних палив. *Технологический аудит и резервы производства*. 2016. №4(4). 26-32.

11. Кравченко О.В., Суворова И.Г., Баранов И.А. Метод определения эффективности гидрокавитационной обработки в технологиях производства и сжигания композиционных топлив. *Проблемы машиностроения*. 2014. Т. 2. №14. С. 58-62.

12. Tselishchev O. B. Synthesis of methanol from methane in cavitation field. *Chemistry and chemical technology*. 2018. Vol. 12. №1. P. 69-73.

13. Zakharov, I. I., Ijagbuji, A. A., Tselishev, A. B., Loria, M. G., Fedotov, R. N. The new pathway for methanol synthesis: Generation of methyl radicals from alkanes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2015. № 3. P. 405 – 412.

14. Целіщев О.Б., Лорія М.Г. Дослідження кавітаційної обробки моторних палив. *Проблеми хімотології. Теорія та практика раціонального використання традиційних і альтернативних паливно-мастильних матеріалів: Монографія / за заг. ред. проф. С.В. Бойченка*. К.: Центр навчальної літератури, 2017. Розділ 1. С. 29-32.

15. Целіщев О.Б., Лорія М.Г., Бойченко С.В., Єлісеєв П. Й., Матвєєва І. В. Дослідження впливу пероксиду водню на перетворення вуглеводнів в кавітаційному реакторі. *Питання хімії та хімічної технології*. 2018. №6. С. 148-158.

16. Pyshyev, S., Prysiaznyi, Y., Shved, M., Kułazyński, M., Miroshnichenko, D. Effect of hydrodynamic parameters on the oxidative desulphurisation of low rank coal. *International Journal of Coal Science and Technology*. 2018. 5(2), P 213–229.

17. Бойченко С.В., Матвєєва І.В., Целіщев О. Б., Ланецький В.Г., Кудрявцев С.О., Лорія М.Г. Дослідження інтенсивності кавітаційної обробки на детонаційну стійкість газоконденсатного бензину з добавками. *Технологія-2019: XXII матеріали міжнародної науково-технічної конференції, 1 частина* (26-27 квіт. 2019 р., м. Сєвєродонецьк). 2019. С. 50-52.

References

1. Boichenko, S.V., Pavlyukh, L.I., Shkilnyuk, I.O. (2019). Analysis of ecological properties of components of traditional alternative aviation gasoline. *Science-based technologies*, 2(42), 195-206 [in Ukrainian].

2. Milotsky, V.V., Ganza, S.N. (2016). Method of increasing octane number of gas condensate and oil straight gasoline. *Journal of the Volodymyr Dahl East Ukrainian National University*. 14 (203). 85-88 [in Ukrainian].

3. Drozdник, I.D., Miroshnichenko, D.V., Shmeltser, E.O., Korner, M.V., Pyshyev, S.V. (2019). Investigation of possible losses of coal raw materials during its technological preparation for coking Message 2. The actual mass variation of coal in the process of its storage and crushing. *Petroleum and Coal*, Vol. 61, 631-637. [in English].

4. Boichenko, S.V., Boichenko, M.S., Lymachenko, O.G., Kaban, S.M. (2015). Influence of aliphatic alcohol additives on gasoline properties: analytical. *Science-based technologies*, 1(25), 86-92 [in Ukrainian].

5. The problems of biopollution with jet fuels and the way of achieving solution. Boichenko S., Shkilniuk I., Turchak V. *Transport*. 2008. № 23 (3). P. 253-257. [in English].

6. S. Kryshchtopa, V. Melnyk, B. Dolishnii, V. Korohodskyi, I. Prunko, L. Kryshchtopa, I. Zakhara, T. Voitsekhivska. (2019). Improvement of the model of forecasting heavy metals of exhaust gases of motor vehicles in the soil. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4/10 (100). P. 44-51. [in Ukrainian].

7. Tselishchev, O.B., Loria, M.G., Zakharov I.I. (2011)/ Analysis of physicochemical methods of obtaining hydro-strong radical. *Journal of the National Technical University "KPI"*, 65. 111-124 [in Ukrainian].

8. Tselishev, O.B., Zakharov, I.I., Loria, M.G., Ijagbuji, A.A., Yeliseiev, P.I., Nosakh, V.A. (2014). Motor fuels: a cavitation way to improve their quality. *Chemical industry of Ukraine*. 121, 2, 39-42 [in Russian].

9. Bray, V.V., Shchutsky, I.V. (2016). Bioethanol in Ukraine. *Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, № 6, 71-76 [in Ukrainian].
10. Tselishchev, O.B., Loriya, M.G., Nosakh V.A. (2016). Investigation of the cavitation method of conversion of motor fuels. *Technological audit and production reserves*, 4(4), 26-32 [in Ukrainian].
11. Kravchenko, O.V., Suvorova, I.G., Baranov, I.A. (2014). Method of determining the efficiency of hydrocavitational processing in the technologies of production and combustion of composite fuels. *Problems of mechanical engineering*, 14, 2, 58-62 [in Russian].
12. Tselishchev O.B. (2018). Synthesis of methanol from methane in cavitation field. *Chemistry and chemical technology*, 12, 1, 69-73. [in English].
13. Zakharov, I. I., Ijagbuji, A. A., Tselishtev, A. B., Loriya, M. G., Fedotov, R. N. (2015). The new pathway for methanol synthesis: Generation of methyl radicals from alkanes. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3 (1), 405-412. [in English].
14. Tselishchev, O.B, Loriya, M.G. (2017). *Research of cavitation processing of motor fuels. Problems of chemotology. The theory and practice of rational use of traditional and alternative fuels and lubricants: Monograph / by General. ed. prof. S.V. Boichenko. K.: Center for Educational Literature, Section 1. P. 29-32 [in Russian].*
15. Tselishchev, O.B, Loriya, M.G., Boichenko, S.V., Yelisieiev, P.I., Matvieieva, I.V. (2018). Investigation of the influence of hydrogen peroxide on the transformation of hydrocarbons in a cavitation reactor. *Questions of chemistry and chemical technology*, 6, 148-158 [in Ukrainian].
16. Pyshyev, S., Prysiazhnyi, Y., Shved, M., Kułazyński, M., Miroshnichenko, D. (2018). Effect of hydrodynamic parameters on the oxidative desulphurisation of low rank coal. *International Journal of Coal Science and Technology*, 5(2), 213-229. [in English].
17. Boichenko, S.V., Matvieieva, I.V., Tselishchev, O.B., Lanetskyi, V.G., Kudryavtsev, S.O., Loriya, M.G. (2019, April). Investigation of the intensity of cavitation treatment for detonation stability of gas condensate gasoline with additives. *Technology-2019: XXII Materials of the International Scientific and Technical Conference*, part 1 (April 26-27, 2019, Severodonetsk), 50-52 [in Ukrainian].

Надійшла до редакції 28.05.2020 р.

Modification of motor gasoline with bioethanol in the cavitation field

*S.V. Boichenko¹, A.V. Yakovlieva¹, O.B. Tselishchev², V.G. Lanetsky¹, S.O. Kudryavtsev²,
M.G. Loriya², A.A. Semenuik¹ Kazimierz Lejda³*

¹*National Aviation University Kosmonavt Komarov Ave. (Lyubomir Husar), 1, Kyiv, Ukraine,
03058; tel.: 063 630 89 59, anna.yakovlieva@nau.edu.ua*

²*Vladimir Dahl East Ukrainian National University, Central Avenue, 59 A, Severodonetsk,
Ukraine, 93400*

³*Rzeszow University of Technology, 8 Powstancow Warszawy Ave., Rzeszow, Poland*

Today, the use of bioethanol as an alternative motor fuel is quite relevant. Bioethanol is generally used as an additive to traditional petroleum fuels. The addition of bioethanol has a positive effect on increasing the evaporation and detonation resistance of gasoline. However, the addition of bioethanol alone may not be sufficient to fully address these issues. This article presents the results of a study of the influence of bioethanol content and cavitation field parameters on the quality of gasoline: evaporation and octane number. To determine the effect of cavitation treatment of gasoline-ethanol mixture on the physical stability of the fuel and evaporation, the content of narrow fractions, the percentage of fractions in the fuel, and the saturated vapor pressure before and after cavitation were determined. The optimal content of the biocomponent, which increases the evaporation of gasoline, has been established. The results of the change of octane number depending on the intensity of cavitation treatment for gas condensate with the addition of bioethanol are also presented. The influence of bioethanol content on the increase of octane number during cavitation treatment was determined. It is shown that the production of blended fuels by compounding with the use of cavitation treatment allows to obtain a gasoline-reference mixture with significantly better evaporation characteristics, in particular in terms of fractional composition and saturated vapor pressure, compared to gasoline-ethanol mixtures obtained by conventional mechanical compounding. In addition, it was found that the use of cavitation treatment can increase the octane number of fuels. The introduction of ethanol can further increase their octane number. Thus, the introduction of ethanol and the use of cavitation treatment has a synergistic effect on improving the anti-knock characteristics of gasoline.

Keywords: gasoline, gas condensate, bioethanol, cavitation, evaporation, fractional composition, octane number