

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО БІОПАЛИВА З АБСОЛЮТОВАНИМ ЕТАНОЛОМ

Запропонований і розроблений метод моделювання та оптимізації процесу отримання автомобільного біопалива з абсолюттованим етанолом, який відрізняється від відомих конструктивними особливостями перемішування та побудовою системи оптимізації, що використовує матричний апарат аналізу та обробки поступаючої вхідної інформації.

Ключові слова: моделювання, оптимізація, отримання автомобільного біопалива, абсолюттований етанол.

Proposed and developed a system for modeling and optimization of the process of obtaining automobile biofuel introduction of absolute ethanol, which is different from the known with the design of mixing the feedstock and building the system optimization, which uses a matrix apparatus of analysis and processing of incoming input information.

Keywords: simulation, optimization, getting car biofuel, absolutized ethanol.

Вступ

Моделювання та оптимізація процесу отримання автомобільного біопалива з абсолюттованим етанолом на сьогоднішній день мають достатньо великі можливості розвитку, а тому тема публікації є актуальною. У навчальному посібнику [1], розглянута одна із проблем світової спільноти з позбавлення економіки надмірної залежності від нафти та пального, виробленого на її основі. На думку американських експертів, це можна зробити за рахунок широкомасштабного впровадження нових технологій та альтернативних видів палива, зокрема алкоголемістких речовин, вироблених із сільськогосподарських культур, та біопалива. Тут також розкриті техніко-технологічні особливості виробництва автомобільного біопалива з абсолюттованим етанолом та енергетична оцінка ефективності його використання. У джерелі [2] розглянуті питання навчально-методичного плану виробництва та використання автомобільного біопалива з абсолюттованим етанолом. Джерело [3] присвячено розробці та аналізу теоретичного підґрунтя процесів перемішування у хімічній промисловості. Один з двох важливих результатів цієї публікації опирається на матричні методи побудови математичних моделей у різних галузях народного господарства [4]. Навчальний посібник [5] відображає підходи, що ґрунтуються на використанні машин та апаратів з імпульсними енергетичними діями на оброблювану сировину, а конкретно перемішування в технологічному процесі виробництва біопалива достатньо обширно представлено у періодичному виданні [6].

Мета публікації

Запропонувати і розробити метод моделювання та оптимізації процесу отримання автомобільного біопалива з абсолюттованим етанолом, процесу перемішування за допомогою кавітаційно-кумулятивних гідрострумінних пристроїв.

Основний результат

За основу наукових пріоритетів більшість розвинутих країн шукають шляхи використання енергоресурсів поновлюваної енергії, накопиченої живою речовиною завдяки фотосинтезу, та розробку альтернативних видів енергії, в тому числі відновлювальних. Сьогодні нові технології використання алкоголемістких видів пального дійсно потребують додаткового дослідження, у тому числі з точки зору економічної ефективності, оптимальних технологій виробництва та вигідного транспортування. Для збереження природних ресурсів та поліпшення екологічного стану наукою пропонується замкнутий цикл обміну споживання і відтворення енергії [1].

Класичний технологічний процес виробництва автомобільного біопалива з абсолюттованим етанолом є періодичним. Він передбачає використання для змішування потужного насосного обладнання, за допомогою якого відбувається чотирикратне компаундування всього об'єму виробленого біопалива. Як наслідок, при великих об'ємах виробництва споживається значна кількість електричної енергії, а сам процес компаундування має тривалий характер [2].

Кавітаційно-кумулятивна дія дозволяє інтенсифікувати багато технологічних процесів, які здійснюються в рідинному середовищі, і насамперед, процеси масообміну, за рахунок утворення при лопанні кавітаційних бульбашок, кумулятивних мікроструминок і перетворення останніх на мікрохвилі дуже великої питомої інтенсивності. Це дозволяє отримувати високу однорідність сумішей рідин, які змішуються. Тому в процесах емульгування, гомогенізації, надтонкого перемішування, особливо для рідин, які взаємно не змішуються, використання гідродинамічного кавітаційного впливу відкриває широкі перспективи [1].

Саме, за рахунок сказаного підвищимо ефективність гідрострумінних кавітаційно-кумулятивних пристроїв на основі більш глибокого дослідження гідродинамічних процесів, пов'язаних з формуванням струменів високого тиску та їх течій.

Методика досягнення основного результату за рахунок перемішування який вважається якісним тоді, коли найменші частинки речовин, що компаундують, рівномірно розподіляться по всьому об'єму а рідина стає однорідною емульсією. В нашому випадку, якісними показниками компаундування є показник

густини біопалива, що виробляється, а також її фізична стабільність. Для якісного проведення компаундування бензину з абсолютним етанолом пропонується використовувати технологічне обладнання, в основі якого закладено гідрострумний кавітаційний пристрій, робота якого виконується наступним чином. Основний потік речовини нагнітається насосом під великим тиском, у сопло гідрострумного кавітаційного пристрою. Далі, на великій швидкості рідина потрапляє у вакуумну камеру, де завдяки виходу струї з сопла на високій швидкості утворюється вакуум. За рахунок вакууму з'являється можливість у основний потік речовини, у нашому випадку, це автомобільний бензин, додати чітко дозовану кількість абсолютного етилового спирту та стабілізатори гомогенності суміші. Цей другий потік інжектуються за рахунок вакууму, а об'ємна кількість додатків контролюється ротаметрами, через які проходить інжектований потік вхідної суміші. Якщо прийняти Q_1 за витрату основного потоку – автомобільний бензин, який нагнітається насосом під великим тиском в сопло гідрострумного кавітаційного пристрою, та Q_2 прийняти за кількість інжектowanego потоку речовин-додатків, то, звичайно, загальна кількість компаундованої рідини, що проходить скрізь сумішеву камеру буде дорівнювати [3] $Q_o = Q_1 + Q_2$.

Співвідношення подачі гідрострумного кавітаційного пристрою до кількості компаундованої рідини буде відображати коефіцієнт інжектowanego потоку:

$$\alpha = Q_o / Q_1. \quad (1)$$

Співвідношення висоти підйому рідини, що перекачується H_o до робочого напору H_1 є коефіцієнт напору гідрострумного кавітаційного пристрою β :

$$\beta = H_o / H_1. \quad (2)$$

Коефіцієнт корисної дії (ККД) гідрострумного кавітаційного пристрою η дорівнюватиме:

$$\eta = N_{II} / N_3 = Q_o H_o / Q_1 H_1, \quad (3)$$

де $N_{II} = Q_o H_o \gamma$ – корисна потужність гідрострумного кавітаційного пристрою; $N_3 = Q_1 H_1 \gamma$ – витрачена потужність.

Витрату робочої рідини, яку потрібно подати до сопла гідрострумного кавітаційного пристрою, визначимо за формулою:

$$Q_1 = Q_o H_o / \eta (H_1 - H_o). \quad (4)$$

Розрахунок гідрострумного кавітаційного пристрою при заданих (Q_1, Q_2) , (H_o, H_1) зведемо до знаходження оптимальних розмірів сопла, камери вакууму, камери компаундування, дифузора.

На рис. 1 наведені основні конструктивні елементи гідрострумного кавітаційного пристрою.

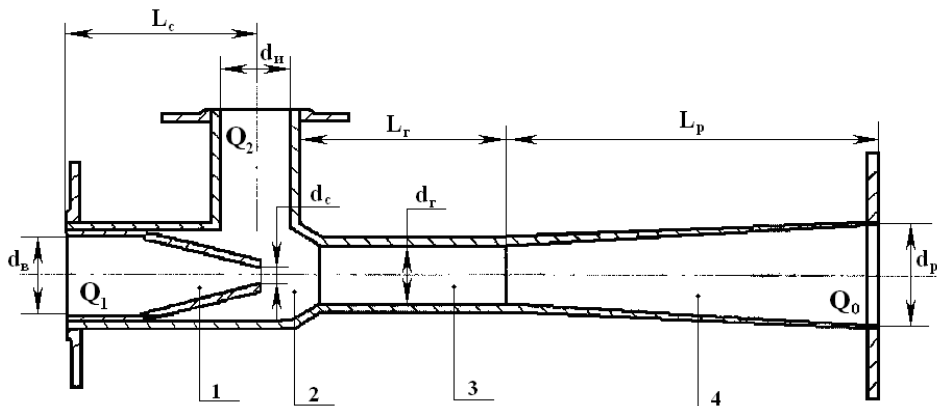


Рис. 1. Основні конструктивні елементи гідрострумного кавітаційного пристрою

Гідрострумний кавітаційний пристрій – це вузол, що включає наступні основні елементи: 1 – сопло, 2 – вакуумна камера, 3 – камера компаундування, 4 – дифузор.

У камері компаундування, основний потік речовини та потік, що інжектуються змішуються у турбулентному режимі. Швидкість руху рідин, що компаундуються, зростає, виникає турбулентний режим, зумовлений критичним числом Рейнольдса [4], яке описується залежністю

$$Re = VR / \nu, \quad (5)$$

де V – швидкість рідини, м/с; R – гідравлічний радіус, м; ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м²/с. Значення числа, при якому ламінарний режим переходить в турбулентний, носить назву критичного числа Рейнольдса Re_{kp} . Якщо фактичне значення числа $Re \gg Re_{kp}$, – режим турбулентний, коли $Re \ll Re_{kp}$, режим ламінарний.

Потім, коли компаундований потік рідини проходить скрізь дифузор – відбувається перехід кінетичної енергії в потенційну. У дифузорі відбувається розрив суцільності потоку крапельної рідини під дією напруження розсіювання, що виникає в ній при зниженні тиску та збільшенні місцевих швидкостей потоку. При розриві суцільності у середовищі крапельної рідини утворюються порожнини – кавітаційні бульбашки, які заповнені паром, газом чи їх суміші. Цей процес обумовлений особливою зміною характеристик поля швидкостей та тиску. Кавітаційні бульбашки періодично виникають в тих локальних місцях, де тиск в рідині p стає нижчим від деякого критичного $p_{кр}$ [5]:

$$p_{кр} = p_i - 4\sigma/3\sqrt{3} R_0 \cdot \sqrt{2\sigma/R_0 (p_0 - p_i + 2\sigma/R)}, \quad (6)$$

де p_i – тиск насиченої пари рідини, p_0 – початковий тиск у середині бульбашки, σ – коефіцієнт поверхневого натягу рідини, R_0 , R – початковий та поточний радіус бульбашки.

При лопанні бульбашок виникає явище кавітаційної диспергації. Відбувається розрив молекул бензину та абсолютowanego спирту за допомогою мікробухів, що приводить до якісного проведення компаундування, поліпшення фізико-хімічних характеристик майбутнього автомобільного біопалива, а також значно збільшує швидкість гомогенізації. В результаті цього отримуємо високоякісне автомобільне біопаливо, яке в процесі зберігання не розшаровується на початкові складові компоненти. Існує галузевий стандарт ГСТУ 320.00149943.015-2000, який передбачає виробництво автомобільних бензинів моторних сумішевих з базових компонентів та абсолютowanego етилового спирту (біоетанолу). При існуючих методиках змішування цей стандарт передбачає гарантійний термін зберігання бензинів до 3-х місяців від дня їх виготовлення. Використання установки з гідрострумінним кавітаційним пристроєм, дає кращий результат, гарантійний термін зберігання бензинів збільшується до 12-ти місяців від дня їх виготовлення.

Предметом нашого аналітичного дослідження є також процеси, що проходять в середині рідини під час компаундування. Процеси, які відбуваються у вакуумній камері виглядають наближено так: основний потік речовини та потік, що інjektується, змішуються у турбулентному режимі, у середині рідини постійно виникають і розпадаються вихорі місцевого значення, між змішуваними рідинами відбувається масообмін. Структуру турбулентного потоку при компаундуванні бензину та біоетанолу можна представити таким чином: у основний потік речовини інjektується чітко дозована кількість етилового спирту та додатків у встановлених пропорціях. Позначимо основний компонент, абсолютований етиловий спирт (C_2H_5OH) – позначкою (М), допоміжний компонент, інгібітор корозії та стабілізатор (bio Stable) – позначкою (К), бензин звичайний – позначкою (О). Згідно існуючих технічних умов, нормою встановлюємо пропорцію одна частина абсолютowanego етилового спирту на шість частин бензину (1 : 6). Маючи швидкісний рух, вони проходять через певну поперечну площину потоку 1-1 (рис. 2). Якщо у цій площині потоку зафіксувати нерухому точку (S), то через неї будуть проходити молекули бензину та біоетанолу, що матимуть постійний рух. Через це швидкість в точці (S) весь час буде незмінною. Внаслідок цього молекули звичайного бензину (O_1 , O_2) та молекули біоетанолу з додатками (MK_1 і MK_2), рухаючись своїми траєкторіями, потрапляють в точку (S) в момент часу t [6]:

- молекула O_1 , рухаючись по першій траєкторії, потрапляє в точку S в момент часу t_1 і отримує в цій точці миттєву швидкість, яку позначимо через $(Us)_S$;
- молекула O_2 рухаючись по другій траєкторії, потрапляє в точку S в момент часу t_2 і набирає в цій точці миттєву швидкість $(Us)'_S$, відмінну від швидкості $(Us)_S$.

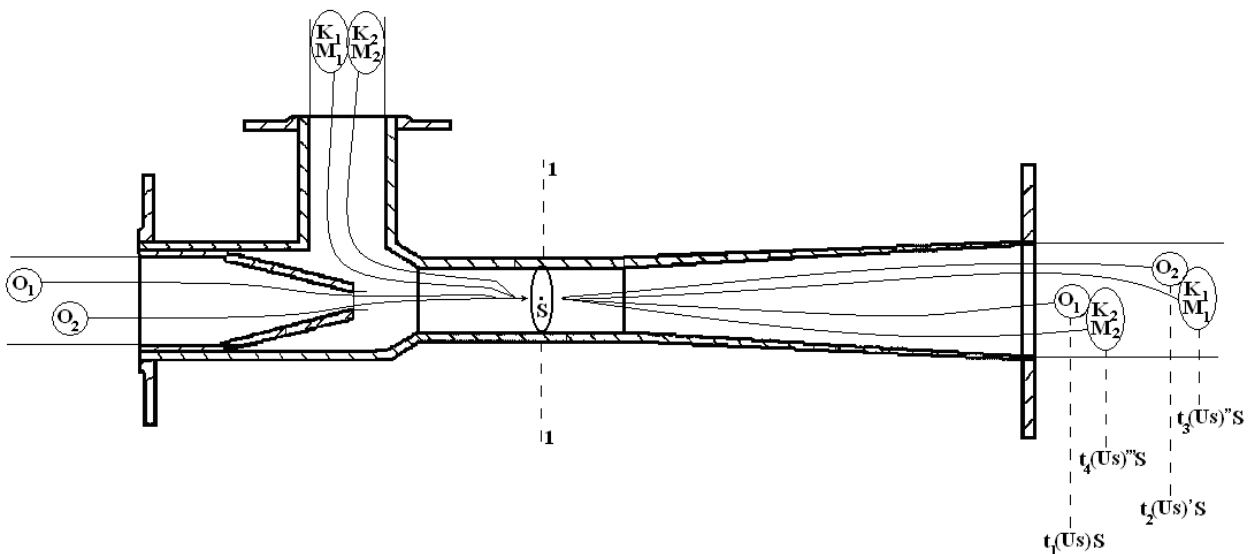


Рис. 2. Траєкторії руху дрібних частинок етанолу та групи каталізаторів при компаундуванні

Аналогічним шляхом молекули біоетанолу з додатками M_1K_1 і M_2K_2 , рухаючись своїми

траєкторіями, проходять через точку S в різні моменти часу t_3 і t_4 , набираючи при цьому, відмінні одна від одної швидкості $(U_s)''S$ і $(U_s)'''S$. Для оптимального компаундування бензину звичайного (O) з абсолютотаним етиловим спиртом та додатками (МК) необхідно досягти таких умов, при яких траєкторії руху молекул (O) і молекул (МК), відповідно їх швидкості в деякий період часу (t), співпадуть між собою в певній точці, у встановленому співвідношенні $O_1 = M_1K_1$, $O_2 = M_2K_2$, відповідно $t_1 (U_s)S = t_2 (U_s)''S$, $t_3 (U_s)'''S = t_4 (U_s)''''S$.

Наведений алгоритм показує рух молекул рідини при турбулентному перемішуванні під тиском. Такий результат має бути досягнутий між всіма молекулами в потоці змішуваної рідини. Виконання цієї умови буде залежати від швидкості та траєкторії руху молекул (ОМК). Швидкість і траєкторія руху в свою чергу будуть залежати від вихорів місцевого значення, які позначимо індексом k. Кінцевим результатом компаундування має бути повний розподіл молекул O, M, K між собою у встановлених пропорціях.

Результати проведених досліджень можна трактувати так. Для того, щоб представити процес виробництва бензину моторного сумішевого у вигляді ланок формул, готове автомобільне біопаливо позначимо літерою D, вихори місцевого значення, що виникають під час турбулентного руху позначимо, як було зазначено вище, індексом k.

Тепер наведені вище операції що утворюють відповідний наш покроковий оптимізаційний алгоритм представимо так:

- приготування суміші абсолютотаного етилового спирту (M) з інгібітором корозії та стабілізатором (K) буде $M+K$;

- компаундування бензину звичайного (O) у потоці під тиском з сумішшю абсолютотаного етилового спирту та додатками (МК), за рахунок створення вихорів k, запишемо у вигляді ланок формул.

$$D = [O + (M + K)] \times k \quad (7)$$

$$D = [O + (M + K)] \times k = O - \Delta O \quad (8)$$

Тоді, з використанням матричних методів побудови математичних моделей [4] опишемо наші дослідження більш детально, розбивши загальний потік бензину звичайного (O) на 16 складових $O\{O_1; O_2; \dots; O_{16}\}$. Аналогічно розіб'ємо потік суміші абсолютотаного етилового спирту (M) з інгібітором корозії та стабілізатором (K) МК $\{M_1K_1; M_2K_2; M_3K_3; M_4K_4\}$. Подамо до камери компаундування основний потік речовини O, та потік, що інжектуються: групу МК. Тоді, операцію компаундування бензину звичайного O з сумішшю абсолютотаного етилового спирту з додатками МК можемо подати у вигляді матриці

$$\left. \begin{array}{cccc} O_1 & O_2 & O_3 & O_4 \\ O_5 & O_6 & O_7 & O_8 \\ O_9 & O_{10} & O_{11} & O_{12} \\ O_{13} & O_{14} & O_{15} & O_{16} \end{array} \right\} \times \left. \begin{array}{c} M_1K_1 \\ M_2K_2 \\ M_3K_3 \\ M_4K_4 \end{array} \right\} \quad (9)$$

У процесі компаундування кожна складова $O\{O_1; O_2; \dots; O_{16}\}$ має бути захоплена відповідними вихорами місцевого значення, що виникають у потоці бензину під час турбулентного руху $k_1, k_2, k_3, \dots, k_{16}$. Для зручності, всі складові $k_1, k_2, k_3, \dots, k_{16}$ позначимо через вектор X. Тоді, можна записати $k_1\{x\}, k_2\{x\}, k_3\{x\}, \dots, k_{16}\{x\}$. [4]. Після цього, процес захоплення складових потоку бензину O так само запишемо у вигляді матриці

$$\left. \begin{array}{cccc} Ok_1 & Ok_2 & Ok_3 & Ok_4 \\ Ok_5 & Ok_6 & Ok_7 & Ok_8 \\ Ok_9 & Ok_{10} & Ok_{11} & Ok_{12} \\ Ok_{13} & Ok_{14} & Ok_{15} & Ok_{16} \end{array} \right\} \quad (10)$$

При якісному компаундуванні відбувається масообмін між складовими $\{O_1; O_2; \dots; O_{16}\}$ і $\{M_1K_1; M_2K_2; M_3K_3; M_4K_4\}$.

$$\left. \begin{array}{cccccc} O_1 & O_2 & O_3 & O_4 & M_1K_1 & OMK_1 & OMK_2 & OMK_3 & OMK_4 \\ O_5 & O_6 & O_7 & O_8 & M_2K_2 & OMK_5 & OMK_6 & OMK_7 & OMK_8 \\ O_9 & O_{10} & O_{11} & O_{12} & M_3K_3 & OMK_9 & OMK_{10} & OMK_{11} & OMK_{12} \\ O_{13} & O_{14} & O_{15} & O_{16} & M_4K_4 & OMK_{13} & OMK_{14} & OMK_{15} & OMK_{16} \end{array} \right\} = \quad (11)$$

Таким чином, нам удалось знайти оптимальні значення моделі (11). В результаті теоретичних досліджень отримано матричний вираз процесу компаундування за допомогою гідрострумінного кавітаційного пристрою, достовірність якого була визначена шляхом практичних експериментальних досліджень.

Висновок

Запропонована і розроблена система моделювання та оптимізації процесу отримання автомобільного біопалива з абсолютотаним етанолом, процесу перемішування за допомогою кавітаційно-кумулятивних гідрострумінних пристроїв. Головною перевагою запропонованої гідрострумінної технології

є висока продуктивність та якість готової продукції. Система дозволила використати сучасні інформаційні технології моделювання та оптимізації. Основними перевагами запропонованої гідрострумінної технології є:

- 1) висока продуктивність технологічного процесу при незначних енерговитратах;
- 2) технологічна ефективність контрольованого дозування абсолютного етилового спирту та додатків до біопалива;
- 3) гідродинамічна кавітаційна обробка складових компонентів вихідної сировини за кавітаційно-кумулятивних умов відбувається на досить високих швидкостях на молекулярному рівні.

Складові сировини піддаються комбінованій дії перепадів та імпульсів тиску в процесі кавітаційної диспергації, відбувається розрив молекул за допомогою мікровибухів.

Література

1. Калетник Г. М. Біопаливо: Ефективність його виробництва та споживання в АПК України : [навчальний посібник] / Г. М. Калетник, В. М. Пришляк. – К. : Хай-Тек Прес, 2010. – 312 с.
2. Кустовська А. Д. Альтернативні палива : [навчально-методичний посібник] / А. Д. Кустовська, С. В. Іванов, О. І. Косенко. – К. : НАУ, 2007. – 268 с.
3. Штербачек З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, Н. Тауск. – Л. : Госхимиздат, 1963. – 416 с.
4. Сигорский В. Г. Математический аппарат инженера / В. Г. Сигорский. – К. : Техника, 1997. – 767 с.
5. Промтов М. А. Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества : [учеб. пособие] / М. А. Промтов. – М. : Машиностроение, 2004. – 136 с.
6. Масло В. Р. Перемішування в технологічному процесі виробництва біодизельного палива / В. Р. Масло // Техніка АПК. – 2006. – № 12. – С. 38 – 40.

Надійшла 18.1.2013 р.
Представляє: д.т.н. Лисогор В.М.