

КОМПЛЕКСНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА З ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕМІШУВАННЯ

*М. Ю. Павленко, кандидат технічних наук
e-mail: maxim_pavlenko@i.ua*

Анотація. Наведено результати експериментальних досліджень зі встановлення оптимальних параметрів роботи обладнання для виробництва дизельного біопалива із застосуванням гідромеханічного перемішування.

Ключові слова: дизельне біопаливо, кінематична в'язкість, температура спалаху, частота обертання гідромеханічної мішалки, споживана потужність, питома енергоємність

При виробництві дизельного біопалива одним із вагомих етапів є процес естерифікації рослинної олії та метилату калію в метиловий ефір і гліцериновий осад. Для забезпечення проходження реакції, суміш рослинної олії та метилату калію можна перемішувати за допомогою гідродинамічної кавітації, механічної та гідромеханічної мішалки. Останнім часом дедалі більшого використання набуває гідромеханічне перемішування, завдяки своїм особливостям приводити в рух гідромеханічну мішалку, за рахунок перекачування емульсії.

Однак, питання визначення частоти обертання гідромеханічної мішалки, споживаної потужності, питомої енергоємності та якості, залежно від параметрів обладнання для виробництва дизельного біопалива на основі гідромеханічного перемішування залишається недослідженим.

Мета досліджень – провести експериментальні дослідження щодо встановлення оптимальних параметрів роботи обладнання для виробництва дизельного біопалива із застосуванням гідромеханічного перемішування.

Матеріали та методика досліджень – встановлення залежності обертання гідромеханічної мішалки, споживаної потужності та питомої енергоємності від частоти обертання електродвигуна, діаметра форсунок і кута нахилу лопаток.

На основі проведення аналізу літературних джерел і теоретичних досліджень було встановлено, що найвагомими параметрами, які впливають на частоту обертання гідромеханічної мішалки в обладнанні для виробництва дизельного біопалива є частота обертання електродвигуна, який приводить в дію гідравлічний насос НШ-10, діаметр форсунок, через які випорскується емульсія та завдяки яким утворюється обертовий момент на мішалці за рахунок реактивної струї, а також кут нахилу лопаток, у результаті чого будуть змінюватися лобовий опір і підйомна сила. Ці параметри впливають на кількісний та якісний вихід метилового ефіру (дизельного біопалива).

Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів наведено в таблиці.

Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів

Найменування фактора та його позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
	-1	0	+1	
Діаметр форсунок, мм	1,5	2,0	2,5	0,5
Частота обертання двигуна, об/хв	700	1050	1400	350
Кут нахилу лопаток, град	30	60	90	30

Для визначення вагомості показників якості дизельного біопалива було проведено експертну оцінку коефіцієнтів вагомості шляхом опитування експертів із виробництва та використання дизельного біопалива.

Методом експертної оцінки визначали вагомість показника кінематичної в'язкості палива (α), вагомість показника температури спалаху (β) та сумарну вагомість інших показників. В анкеті для опитування кожен експерт надавав свої оцінки вагомості показників, сума яких не перевищувала 100 %.

Для встановлення взаємного впливу параметрів процесу естерифікації на якість дизельного біопалива ми запропонували використати наступний вираз:

$$P_{\text{я}} = \alpha(v_{\text{ф}} > v_{\text{н}}; \frac{v_{\text{ф}} - v_{\text{н}}}{v_{\text{н}}}; 0) + \beta(T_{\text{сф}} < T_{\text{сн}}; \frac{T_{\text{сн}} - T_{\text{сф}}}{T_{\text{сн}}}; 0) \quad (1)$$

де $P_{\text{я}}$ – показник величини відхилення фактичних значень якості дизельного біопалива від нормативних (узагальнений показник якості), %;

α – вагомість показника кінематичної в'язкості палива, %;

$v_{\text{ф}}$ – фактичне значення кінематичної в'язкості, мм²/с;

$v_{\text{н}}$ – нормативне значення кінематичної в'язкості, мм²/с;

β – вагомість показника температури спалаху, %;

$T_{\text{сф}}$ – фактичне значення температури спалаху, °С;

$T_{\text{сн}}$ – нормативне значення температури спалаху, °С.

Визначення кінематичної в'язкості проводилося згідно з ГОСТом 33, а температури спалаху – згідно ДСТУ 4455 або ГОСТом 6356.

Результати досліджень. За результатами експерименту отримали математичні моделі для визначення кінематичної в'язкості та температури спалаху:

$$v = 6,7360 - 0,0367t, \quad (2)$$

де v – кінематична в'язкість, мм²/с; t – час перемішування, хв.

$$T_{\text{с}} = 246,3173 - 0,1685T + 0,0321T^2, \quad (3)$$

де $T_{\text{с}}$ – температура спалаху, °С;

T – температура процесу естерифікації, °С.

Отримано математичну модель для визначення узагальненого показника якості дизельного біопалива, який залежить від температури процесу естерифікації та часу перемішування [3]:

$$P_y = - 7,7013 + 0,1096T - 0,0038t^2 \quad (4)$$

Дослідження свідчать, що, зі збільшенням температури процесу етерифікації, узагальнений показник якості дизельного біопалива збільшується (рис. 1а), що пояснюється значним зменшенням температури спалаху при значному збільшенні кінематичної в'язкості. Зі збільшенням часу перемішування та зменшенням температури процесу етерифікації, узагальнений показник якості дизельного біопалива зменшується (рис. 1б) [5], що пояснюється незначним підвищенням температури спалаху та суттєвим зниженням кінематичної в'язкості.

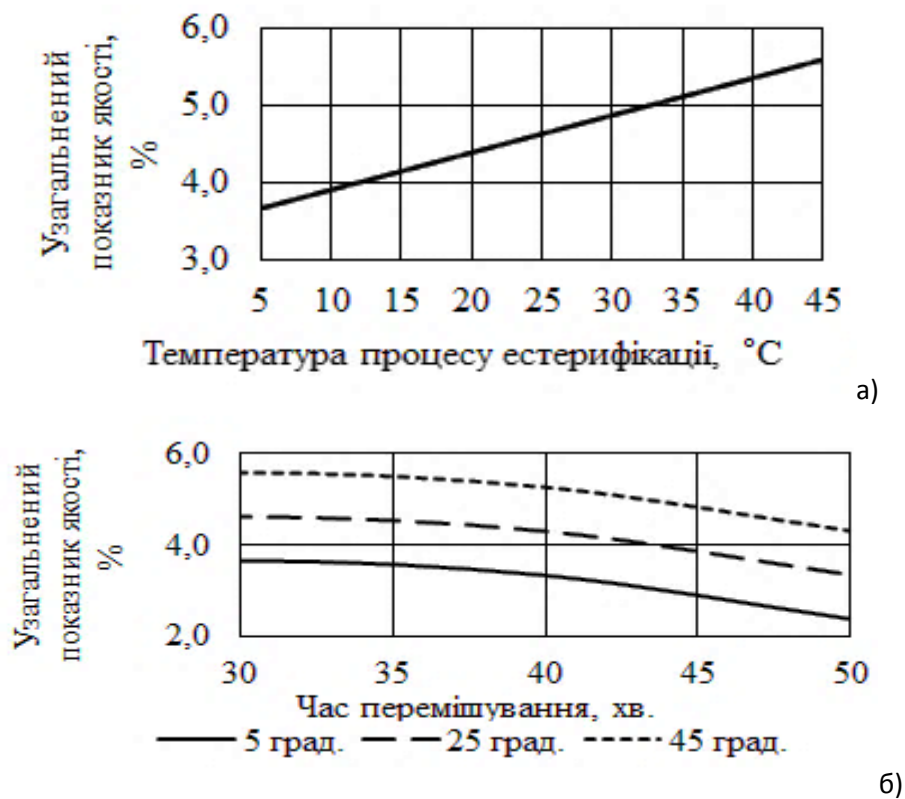


Рис. 1. Залежність узагальненого показника якості дизельного біопалива від температури процесу естерифікації та часу перемішування

Також за результатами експерименту отримано математичну модель для визначення частоти обертання гідромеханічної мішалки:

$$n_r = 31,2125 - 37,0389d + 0,0763n_D - 0,3432\alpha + 7,0722d^2 + 0,002\alpha^2 - 0,0079dn_D, \quad (5)$$

Аналіз свідчить (рис. 2), що зі зменшенням діаметра форсунок частота обертання гідромеханічної мішалки збільшується, що пояснюється збільшенням реактивної сили, яка рухає гідромеханічну мішалку, завдяки

збільшенню швидкості вильоту струї. При збільшенні кута нахилу лопаток частота обертання гідромеханічної мішалки зменшується, що пояснюється збільшенням лобового опору лопаток. Зі збільшенням частоти обертання насоса частота обертання гідромеханічної мішалки зростає, що пояснюється збільшенням масового розходу рідини через форсунки [2]. Максимальна частота обертання гідромеханічної мішалки становила від 39 до 45 об/хв за частоти обертання насоса 1400 об/хв, діаметра форсунок від 1,5 до 2 мм та кута нахилу лопаток від 30 до 60°.

За результатами експерименту отримано математичну модель для визначення споживаної потужності гідромеханічної мішалки:

$$P = 49,1201 - 13,9375d - 0,0847n_H + 0,0001n_H^2 \quad (6)$$

Аналіз взаємного впливу частоти обертання насоса і діаметра форсунок на споживану потужність насоса (рис. 3) свідчить, що зі збільшенням частоти обертання насоса та зменшенням діаметра форсунок від 2,5 до 1,5 мм споживана потужність насоса збільшується.

Мінімальна споживана потужність насоса становила 1,5 Вт за частоти обертання 700 об/хв, кута нахилу лопаток 60° та діаметра форсунок 2,5 мм [1].

Отримано також математичну модель для визначення питомої енергомісткості гідромеханічної мішалки з урахуванням узагальненого показника якості дизельного біопалива:

$$E_{TM} = 0,9121 - 0,7601d + 0,0011n_H + 0,018\tau \quad (7)$$

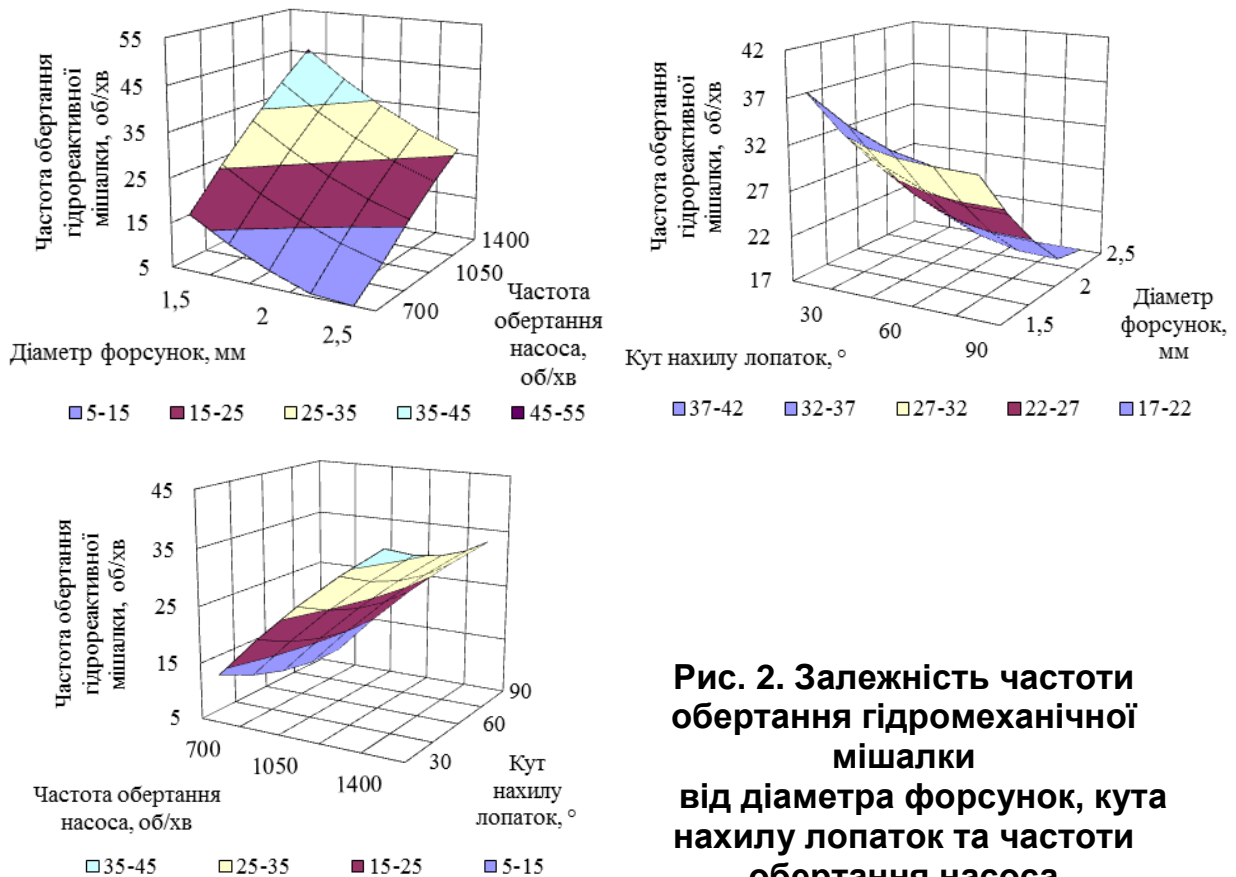


Рис. 2. Залежність частоти обертання гідромеханічної мішалки від діаметра форсунок, кута нахилу лопаток та частоти обертання насоса

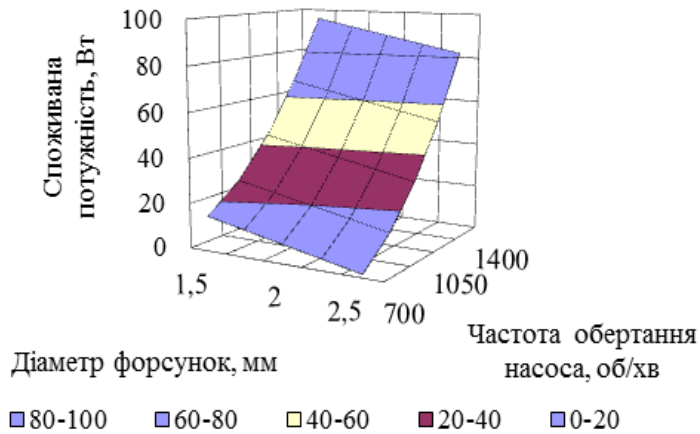


Рис. 3. Залежність споживаної потужності від діаметра форсунок та частоти обертання насоса

Аналіз свідчить (рис. 4), що зі зменшенням діаметра форсунок питома енергосмісткість гідромеханічної мішалки збільшується, завдяки зростанню споживаної потужності електродвигуна через збільшення напору насоса. Зі збільшенням часу перемішування питома енергосмісткість гідромеханічної мішалки збільшується, завдяки збільшенню витрат енергії на перемішування.

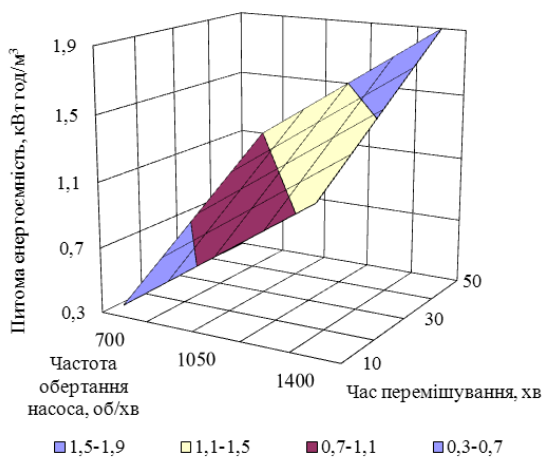
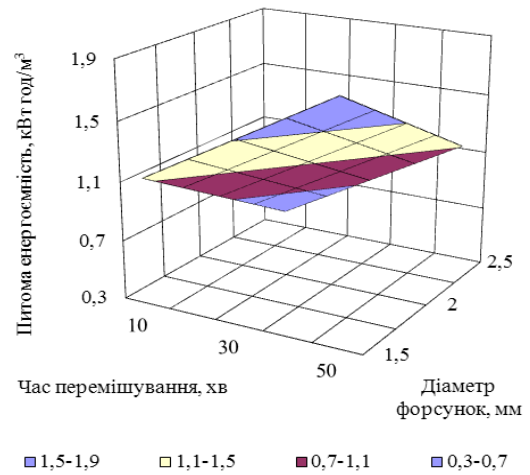
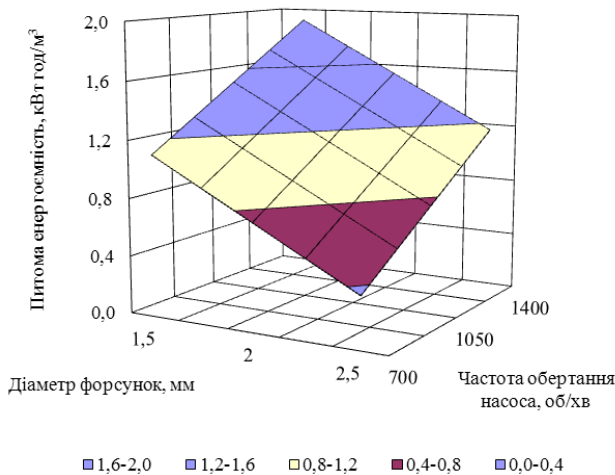


Рис. 4. Залежність питомої енергосмісткості гідромеханічної мішалки від діаметра форсунок, часу перемішування та частоти обертання насоса

У разі збільшення частоти обертання насоса, питома енергомiсткiсть гiдромеханiчної мiшалки збiльшується, завдяки збiльшенню продуктивностi насоса [4]. Мiнiмальна питома енергомiсткiсть гiдромеханiчної мiшалки становить 0,4 кВт год/м³ за частоти обертання насоса 700 об/хв, часу перемiшування 10 хв та дiаметра форсунок 2,5 мм.

Висновки

На основi експериментальних дослiджень встановлено, що для процесу естерифiкацiї рослинної олiї узагальнений показник якостi дизельного бiопалива набуває мiнiмального значення за температури процесу естерифiкацiї 5 °С та часу перемiшування 50 хв i становить вiд 2,4 до 3,7 %. На основi рiвнянь регресiї отримано такі рацiональнi параметри гiдромеханiчної мiшалки: частота обертання насоса – 700 об/хв; дiаметр форсунок – 2,5 мм; кут нахилу лопаток – 30°; час перемiшування – 50 хв; температура процесу – не нижче за 5 °С.

Список лiтератури

1. Голуб Г. А. Взаємозв'язок потужностi насоса та параметрiв гiдрореактивної мiшалки при перемiшуванні рiпакової олiї / Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко // Науковий вiсник Нацiонального унiверситету бiоресурсiв i природокористування України. Серiя «Технiка та енергетика АПК» / редкол. : Д. О. Мельничук (вiдп. ред.) та iн. – 2014. – Вип 196, ч. 1. – С. 60–65.
2. Голуб Г. А. Вплив параметрiв гiдрореактивної мiшалки на її частоту обертання при виробництвi дизельного бiопалива / Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко // Механiзацiя та електрифiкацiя сiльського господарства. Вип. 99, т. 2. – Глеваха, 2014. – С. 84–93.
3. Голуб Г. А. Вплив параметрiв естерифiкацiї рiпакової олiї на якiсть дизельного бiопалива / Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко // Зб. наук. праць ПДАТУ: Сучаснi проблеми збалансованого природокористування. Подiльський державний аграрно-технiчний унiверситет, 2013. – С.193–198.
4. Павленко М. Ю. Енергомiсткiсть гiдромеханiчного перемiшування при виробництвi дизельного бiопалива / М. Ю. Павленко, Г. А. Голуб // Вiсник Сумського нацiонального аграрного унiверситету. Механiзацiя та автоматизацiя виробничих процесiв. – Суми, 2014, Вип. 11 (26). – С. 39–42.
5. Павленко М. Ю. Обґрунтування параметрiв гiдромеханiчної мiшалки для виробництва дизельного бiопалива : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.05.11 «Машини i засоби механiзацiї сiльськогосподарського виробництва» / М. Ю. Павленко. – К., 2015. – 23 с.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ДИЗЕЛЬНОГО БИОТОПЛИВА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ

М. Ю. Павленко

Аннотация. *Приведены результаты экспериментальных исследований по установлению оптимальных параметров работы оборудования для производства дизельного биотоплива с применением гидромеханического перемешивания.*

Ключевые слова: *дизельное биотопливо, кинематическая вязкость, температура вспышки, частота вращения гидромеханической мешалки, потребляемая мощность, удельная энергоемкость*

INTEGRATED RESEARCH EQUIPMENT BIODIESEL PRODUCTION WITH HYDROMECHANICAL MIXING

M. Pavlenko

Annotation. *Powered experimental study to establish the optimal parameters of the equipment for biodiesel production using hydrostirringis given.*

Key words: *diesel biofuel, kinematic viscosity, flash point, hydromechanical speed mixers, power consumption, specific energy consumption.*

УДК 681.5.07

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ГАРАНТОВАНОЇ ЧУТЛИВОСТІ ДЛЯ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ

***Л. А. Панталієнко, кандидат фізико-математичних наук
e-mail: nni.elektrik@gmail.com***

Анотація. *Наведено алгоритми розв'язання задач гарантованої чутливості для систем дискретних рівнянь, залежних від параметрів. Розглянуто постановки задач за наявності обмежень на функції чутливості лінійного та нелінійного типів. На підставі методів практичної стійкості здійснено чисельне оцінювання початкової області для функцій чутливості.*

Ключові слова: *дискретна система, стійкість, параметри, гарантована чутливість, функції чутливості*

Керування реальними системами здійснюється, як правило, в умовах невизначеності під впливом різного роду факторів технічної природи, зовнішнього середовища та умов експлуатації. Деякі з цих факторів, що несуть основну інформацію про властивості системи, враховуються в її моделі завдяки вектору фазового стану. Але, яким би повним не був набір цього вектора, завжди реально існує безліч неконтрольованих додаткових факторів, що можуть значно впливати на роботу об'єкта. Це, наприклад, неточно задані зовнішні збурення, похибки при виконанні програми керування, помилки вимірювання тощо. У зв'язку з цим, природно вимагати, щоб система була малочутливою (нечутливою) до змінювання параметрів.