

**КАБІНЕТ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**ПАВЛЕНКО МАКСИМ ЮРІЙОВИЧ**

УДК 631.371:620.92

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГІДРОМЕХАНІЧНОЇ МІШАЛКИ  
ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Київ – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному університеті біоресурсів і природокористування України Кабінету Міністрів України

**Науковий керівник** доктор технічних наук, професор  
**Голуб Геннадій Анатолійович**,  
Національний університет біоресурсів  
і природокористування України,  
завідувач кафедри механізації тваринництва  
та біотехнологічних систем

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Миرونенко Валентин Григорович**,  
Національний науковий центр «Інститут  
механізації та електрифікації сільського  
господарства НААН України, заступник  
директора з наукової роботи

кандидат технічних наук  
**Сербій Віталій Костянтинович**,  
Український науково-дослідний інститут  
прогнозування та випробування техніки і  
технологій для сільськогосподарського  
виробництва імені Леоніда Погорілого,  
завідувач лабораторії наукових досліджень та  
випробувань машин і процесів  
енергозабезпечення в АПК

Захист відбудеться «30» квітня 2015 р. о 12<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.004.06 у Національному університеті біоресурсів і природокористування України за адресою: 03041, м. Київ-41, вул. Генерала Родімцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного університету біоресурсів та природокористування України за адресою: 03041, м. Київ-41, вул. Героїв Оборони 13, навчальний корпус № 4, кімната 41а

Автореферат розісланий «27» березня 2015 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради

О. А. Марус

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** У сучасних умовах господарювання всі механізовані роботи неможливі без палива, насамперед дизельного, адже від 60 до 80 % технологічних операцій виконуються на дизельному паливі. Поряд з цим, економічна ефективність сільського господарства залежить від вартості дизельного палива, ціна якого помітно збільшується, адже запаси нафти з кожним роком зменшуються. У зв'язку з цим постає потреба шукати заміну мінеральному дизельному паливу. Найреальнішим замінником може бути дизельне біопаливо на основі рослинних олій.

На тепер недостатньо досліджень щодо фізико-механічних властивостей та конструктивно-технологічних параметрів обладнання для виробництва дизельного біопалива, яке забезпечує одночасно якісний та кількісний вихід цього продукту. Це стримує подальше підвищення ефективності виробництва дизельного біопалива. Недостатньо також науково обґрунтованих даних про якісні показники дизельного біопалива та їх взаємозв'язок з енергетичними параметрами обладнання для виробництва дизельного біопалива.

У зв'язку з цим удосконалення обладнання для виробництва дизельного біопалива на основі гідромеханічного перемішування є актуальним.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дослідження, що склали основу дисертаційної роботи, виконувались у Національному університеті біоресурсів та природокористування України впродовж 2010-2014 рр. відповідно до наукової тематики згідно із темами «Обґрунтувати інтегровані технологічні процеси та технічні засоби для органічного виробництва сільськогосподарської продукції в агроєкосистемах» (номер державної реєстрації 0112U001678) та «Розробити механіко-технологічні основи ресурсозберігаючого органічного виробництва сільськогосподарської продукції та біопалив в агроєкосистемах з підвищеним рівнем енергетичної автономності» (номер державної реєстрації 0114U000660).

**Мета і задачі дослідження.** Мета дослідження – підвищення ефективності виробництва дизельного біопалива на основі удосконалення процесу гідромеханічного перемішування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати технічні та технологічні рішення виробництва олії та дизельного біопалива, а також теоретичний рівень виконаних розробок.
2. Розробити математичну модель та провести експериментальні дослідження щодо встановлення взаємозв'язку між діаметром форсунок, кутом нахилу лопаток та частотою обертання насоса і часом перемішування при виробництві дизельного біопалива з використанням процесу гідромеханічного перемішування, а також впливу цих параметрів на питому енергомісткість та якість дизельного біопалива.
3. Розробити експериментальну математичну модель та встановити взаємозв'язок між температурою віджимання олії та часом і ступенем відстоювання олії.
4. Розробити методику інженерного розрахунку розробленого комплексу обладнання та проаналізувати техніко-економічну ефективність виробництва дизельного біопалива з використанням процесу гідромеханічного перемішування.

5. Впровадити комплект обладнання та розробити науково-методичні рекомендації щодо виробництва дизельного біопалива з використанням процесу гідромеханічного перемішування.

*Об'єкт дослідження:* технологічний процес та обладнання для виробництва дизельного біопалива з використанням гідромеханічного перемішування.

*Предмет дослідження:* закономірності впливу параметрів гідромеханічного змішувача на ефективність виробництва дизельного біопалива.

**Методи дослідження.** Теоретичні дослідження базувалися на аналізі кінетики процесу відстоювання рослинної олії, взаємодії лопаток з емульсією із використанням рівняння динаміки на основі другого закону Ньютона. Енергомісткість процесу естерифікації визначалася за законами гідромеханіки. Конструкційно-технологічні параметри обладнання для виробництва дизельного біопалива визначалися за експериментальними залежностями, що характеризують процес естерифікації рослинної олії. При проведенні експериментальних досліджень використовували план Бокса-Бенкіна, кореляційний та регресійний аналізи, а також статистичне оброблення даних. Параметри обладнання та виробничу перевірку проводили за стандартними методиками випробування сільськогосподарської техніки. Економічну оцінку проводили згідно з існуючими нормативами визначаючи собівартість, продуктивність та термін окупності обладнання.

**Наукова новизна одержаних результатів:**

– удосконалено математичну модель для визначення динаміки обертання гідромеханічної мішалки залежно від подачі та частоти обертання насоса, густини рослинної олії, фактичної площі перерізу форсунок та їх кількості, а також кутової швидкості, висоти та радіуса лопаток;

– дістало подальший розвиток експериментальне обґрунтування взаємозв'язку між діаметром форсунок, кутом нахилу лопаток, частотою обертання насоса та частотою обертання гідромеханічної мішалки, узагальненим показником якості та питомою енергомісткістю гідромеханічного перемішування і на цій основі вперше обґрунтовано раціональні конструкційно-технологічні параметри обладнання для виробництва дизельного біопалива з використанням гідромеханічного перемішування;

– дістала подальший розвиток оцінка якості дизельного біопалива на основі поєднання вагомості показників кінематичної в'язкості і температури спалаху та їх відхилень від нормативних значень.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає у створенні обладнання для виробництва дизельного біопалива, яке пройшло виробничу перевірку і впроваджене у виробництво у відокремленому підрозділі Національного університету біоресурсів і Природокористування України «Агрономічна дослідна станція», с. Пшеничне Васильківського району Київської області. Конструкторська документація передана в ПП «Дік-Техніка» для використання при виготовленні обладнання для виробництва дизельного біопалива за замовленнями виробників олії. Результати досліджень використовують у навчальному процесі Національного університету біоресурсів і природокористування України.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні, спільно з науковим керівником, мети й задач досліджень, проведенні теоретичних і експериментальних

досліджень та аналізі їх результатів, розробленні методики досліджень, методики інженерного розрахунку обладнання для виробництва дизельного біопалива та його техніко-економічної оцінки. У наукових працях, особистий внесок такий: проаналізовано обладнання для відстоювання рослинної олії та виробництва дизельного біопалива; досліджено процес седиментації рослинної олії та естерифікації; обґрунтовано параметри та конструкцію експериментального обладнання для виробництва дизельного біопалива; експериментальними дослідженнями обґрунтовано основні конструкційно-режимні та технологічні параметри роботи обладнання для виробництва дизельного біопалива; проведено оцінку економічної ефективності впровадження обладнання для виробництва дизельного біопалива з використанням гідромеханічного перемішування.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення і результати досліджень дисертаційної роботи заслухані і одержали позитивну оцінку на XIII, XIV та XV Міжнародних наукових конференціях «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій» (смт. Дослідницьке, 2012, 2013, 2014 рр.); XIII та XIV Національній спеціалізованій виставці «Україна Аграрна-2013» та «Україна Аграрна-2014» (м. Київ, 2013 та 2014 р.); XXIV, XXV, XXVI Міжнародній виставці-ярмарці «Агро-2012, 2013, 2014» (м. Київ, 2012, 2013, 2014 рр.); XVII сільськогосподарській виставці «Фермер України-2014» (м. Київ, 2014 р.); науково-практичній конференції «Високі технології в аграрному виробництві» (м. Київ, 2013 р.); XXII Міжнародній науково-технічній конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та IX Всеукраїнській конференції-семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії (смт. Глеваха, 2014 р.); Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених «Актуальні проблеми наук про життя та природокористування» (м. Київ, 2011 р.); VI Міжнародній науковій конференції «Екобіотехнології та біопалива в АПК-ENERGIA 2012» (м. Київ, 2012 р.); Міжнародній науковій конференції «Earth bioresources and environmental biosafety: challenges and opportunities» («Біоресурси планети та біобезпека навколишнього середовища: проблеми та перспективи») (м. Київ, 2013 р.).

**Публікації.** Результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у 23 друкованих працях, у тому числі 3 одноосібних. У наукових фахових виданнях опубліковано 9 статей, у міжнародних – 3, у інших – 1, а також 7 тез доповідей на науково-практичних конференціях. За темою дисертаційної роботи отримано патент України на винахід та 2 деклараційні патенти України на корисну модель.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, додатків та списку використаних джерел. Робота викладена на –146 сторінках комп'ютерного тексту, містить 20 таблиць, 90 рисунків, 5 додатків, список використаних джерел містить 136 найменувань, з них 8 латиницею.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «Аналіз стану та перспективи розвитку технологій і технічних засобів для виробництва олії та дизельного біопалива» проаналізовано

теоретичні основи процесу виробництва дизельного біопалива та науково-дослідних робіт, присвячених процесу естерифікації. Розглянуто особливості технічних засобів для відстоювання рослинної олії та виробництва дизельного біопалива, виявлено їхні переваги і недоліки, обґрунтовано необхідність розроблення обладнання для відстоювання рослинної олії з подальшою естерифікацією у дизельне біопаливо.

Проаналізовано дослідження щодо формування наукових основ процесу естерифікації рослинної олії в дизельне біопаливо, таких учених: В.О. Дубровіна, В.І. Кравчука, В.Г. Мироненка, Г.А. Голуба, Ю.Г. Сухенка, С.В. Драгнева, М.М. Муштрука, В.М. Поліщука, В.П. Заборського, В.М. Зубка та ін.

Аналіз виробничого досвіду свідчить, що якісне дизельне біопаливо є запорукою надійної і довготривалої роботи двигуна внутрішнього згоряння. Крім того, процес естерифікації є ключовим при виробництві дизельного біопалива, який значною мірою впливає на його якісні показники. Перспективним напрямом підвищення ефективності виробництва дизельного біопалива є застосування гідромеханічного перемішування, оскільки використання саме такого перемішування найбільшою мірою задовольняє кількісний та якісний вихід дизельного біопалива.

**У другому розділі** «Математична модель відстоювання рослинної олії та гідромеханічної лопатевої мішалки для виробництва дизельного біопалива» розглянуто кінетику процесу відстоювання рослинної олії та особливості її перемішування з використанням гідромеханічної лопатевої мішалки.

Вважаючи, що швидкість відстоювання віджатої олійної маси та утворення осаду під час відстоювання пропорційна об'єму осаду, кінетичне рівняння відстоювання осаду отримано у такому вигляді:

$$\alpha = \frac{V_0 - V}{V_0} = \frac{V_0 - V_{гр}}{V_0} [1 - \exp(-k\tau)] = 0,82 [1 - \exp(-0,0921\tau)], \quad (1)$$

де  $\alpha$  – рівень відстоювання олії на поточний момент часу, відн.од.;

$V_0$  – початкове значення об'єму невідстоюваної олії, м<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм осаду на поточний момент часу відстоювання, м<sup>3</sup>;

$V_{гр}$  – граничний об'єм осаду, який утворюється під час відстоювання олії, м<sup>3</sup>;

$k$  – параметр процесу відстоювання олії, який характеризує його швидкість, год.<sup>-1</sup>;

$\tau$  – час відстоювання олії, год.

Швидкість відстоювання віджатої олійної маси знайдено як диференціал рівняння (2) по часу:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = k \frac{V_0 - V_{гр}}{V_0} \exp(-k\tau) = 0,0755 \exp(-0,0921\tau). \quad (2)$$

Також удосконалено математичну модель для визначення параметрів гідромеханічної лопатевої мішалки при виробництві дизельного біопалива. Для розгляду взаємодії лопаток гідромеханічної лопатевої мішалки із в'язким середовищем (компонентами для отримання дизельного біопалива) використана схема, зображена на рис. 1.

Лопатка гідромеханічної лопатевої мішалки, у загальному випадку встановлюється під кутом  $\alpha$  до напрямку руху лопатки. Рух лопатки здійснюється

під дією реактивної сили струменя, що викидається із форсунок, встановлених на кінцях трубопроводів і в які подається суміш олії з метилатом калію. В'язке середовище (компоненти для отримання дизельного біопалива) протидіє переміщенню лопатки, що рухається під дією реактивної сили струменя. Як відомо, на лопатку діють складові нормальної реакції опору в'язкого середовища. При цьому горизонтальна складова нормальної реакції опору в'язкого середовища протидіє руху лопатки, а вертикальна створює підйомну силу, що діє на лопатку.

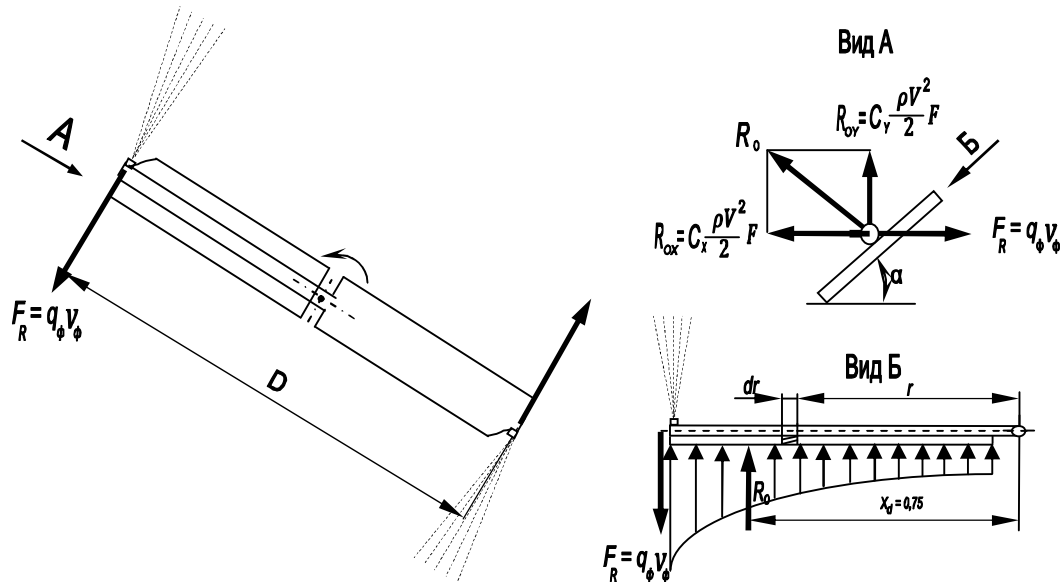


Рис. 1. Схема взаємодії лопаток гідромеханічної лопатевої мішалки із в'язким середовищем

Реактивну силу струменя, що створює обертальний момент гідромеханічної лопатевої мішалки визначали із другого закону Ньютона при постійній швидкості вильоту струменя із урахуванням загальної кількості форсунок та параметрів подачі насоса. Зважаючи на це сумарна реактивна сила всіх струменів при подачі в'язкого середовища насосом об'ємної дії становитиме:

$$F_R = \left( \frac{q_i n_i}{60} 10^{-6} \right)^2 \frac{\rho}{\mu S_\phi n_\phi}, \quad (3)$$

де  $F_R$  – реактивна сила струменя, Н;

$q_H$  – подача насоса (для шестерінчастих насосів приймається згідно з технічною характеристикою), см<sup>3</sup>/об;

$n_H$  – частота обертання насоса, об/хв;

$\rho$  – густина рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коефіцієнт зменшення площі перерізу струменя при витіканні рідини із форсунки, відн. од;

$S_\phi$  – фактична площа перерізу форсунки, м<sup>2</sup>;

$n_\phi$  – кількість форсунок, шт.

Рівнодіюча сил опору (повна аеродинамічна сила) може бути розкладена на дві складові, які в аеродинаміці називаються відповідно лобовим опором (сила

напору) і підйомною силою. Ці складові визначалися згідно з формулою Ньютона для розрахунку сили, перпендикулярної до площини пластинки, що діє на неї у потоці рідини. В'язке середовище (компоненти для отримання дизельного біопалива) протидіє переміщенню лопаток, що рухаються під дією реактивних сил струменів. При русі лопатки у реальній рідині, крім сили тиску на лопатку, яка перпендикулярна поверхні лопатки і прикладена у центрі тиску, будуть діяти сила тертя та сила опору, обумовлені кінцевими розмірами лопатки, які спрямовані вздовж лопатки. Для урахування дії цих сил, а також інших недосліджених факторів, нами введено безрозмірні коефіцієнти зміни підйомної сили лопатки  $k_y$  та лобового опору  $k_x$ . Тоді складові повної аеродинамічної сили, врахувавши обертальний рух лопаток, можна записати так:

$$R_{Ox} = C_x k_x \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} A; \quad (4), \quad R_{Oy} = C_y k_y \frac{\rho \omega^2 r^2}{2} A, \quad (5)$$

де  $C_x, C_y$  – коефіцієнти відповідно лобового опору та підйомної сили лопатки, відн. од.;

$k_y$  та  $k_x$  – безрозмірні коефіцієнти зміни підйомної сили лопатки та лобового опору, відн. од.;

$\omega$  – кутова швидкість обертання лопаток, рад/с;

$r$  – відстань від центру обертання до точки прикладення сил, м;

$A$  – площа пластинки, м<sup>2</sup>.

Оскільки при обертанні лопаток наявний факт зміни лобового опору і підйомної сили залежно від радіуса обертання лопатки, нами визначено елементарний лобовий опір і підйомну силу, які діють на елементарну площу лопатки завдовжки  $dr$ , яка знаходиться на відстані  $r$  від осі обертання. Врахувавши розміри лопатки визначено також елементарний момент опору  $dM_r$ , який створює елементарна сила лобового опору діючи на елементарну площу лопатки завдовжки  $dr$ , яка знаходиться на відстані  $r$  від осі обертання.

Інтегруючи вираз для елементарного моменту опору, завдяки дії елементарної сили лобового опору отримано значення моменту опору залежно від радіуса обертання лопатки:

$$M_R = C_x k_x \frac{\rho \omega^2}{8} h r_{\max}^4, \quad (6)$$

де  $r_{\max}$  – максимальний радіус лопатки, м;

$h$  – ширина лопаток, м.

Отримані рівняння дали змогу скласти диференціальне рівняння, яке описує динаміку гідромеханічної лопатевої мішалки і має такий вигляд:

$$J \frac{d\omega}{dt} = \left( \frac{q_H n_H}{60} 10^{-6} \right)^2 \frac{\rho}{\mu S_\phi n_\phi} \sum_{i=1}^n r_{\phi_i} - C_x k_x \frac{\rho \omega^2}{8} h \sum_{i=1}^n r_{\max i}^4, \quad (7)$$

де  $J$  – момент інерції гідромеханічної лопатевої мішалки, кг м<sup>2</sup>;

$r_{\phi_i}$  – радіус установки  $i$ -ої форсунки, м;

$t$  – час перемішування, с.

Рішення диференційного рівняння дало змогу отримати вираз для визначення динаміки зміни кутової швидкості обертання гідромеханічної лопатевої мішалки, який має такий вигляд:

$$\omega = \sqrt{\frac{a}{b}} \frac{\left[ \frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}\omega_{\Pi}}{\sqrt{a} - \sqrt{b}\omega_{\Pi}} \exp(2t\sqrt{ab}) - 1 \right]}{\left[ 1 + \frac{\sqrt{a} + \sqrt{b}\omega_{\Pi}}{\sqrt{a} - \sqrt{b}\omega_{\Pi}} \exp(2t\sqrt{ab}) \right]}, \quad (8)$$

де  $\omega_{\Pi}$  – початкова кутова швидкість обертання лопаток, рад/с;

$a = \frac{1}{J} \left( \frac{q_H n_H}{60} 10^{-6} \right)^2 \frac{\rho}{\mu S_{\phi} n_{\phi}} \sum_{i=1}^n r_{\phi_i}$  – відношення крутного моменту до моменту інерції гідромеханічної мішалки;

$b = \frac{1}{J} C_X k_X \frac{\rho}{8} h \sum_{i=1}^n r_{\max i}^4$  – відношення моменту опору до моменту інерції гідромеханічної мішалки.

В усталеному режимі обертання гідромеханічної лопатевої мішалки, її кутова швидкість обертання становить:

$$\omega_y = \sqrt{\frac{a}{b}}. \quad (9)$$

Із графіка видно (рис. 2), що збільшення частоти обертання насоса від 700 до 1400 об/хв призводить до збільшення усталеної частоти обертання гідромеханічної лопатевої мішалки від 8,76 до 34 об/хв.

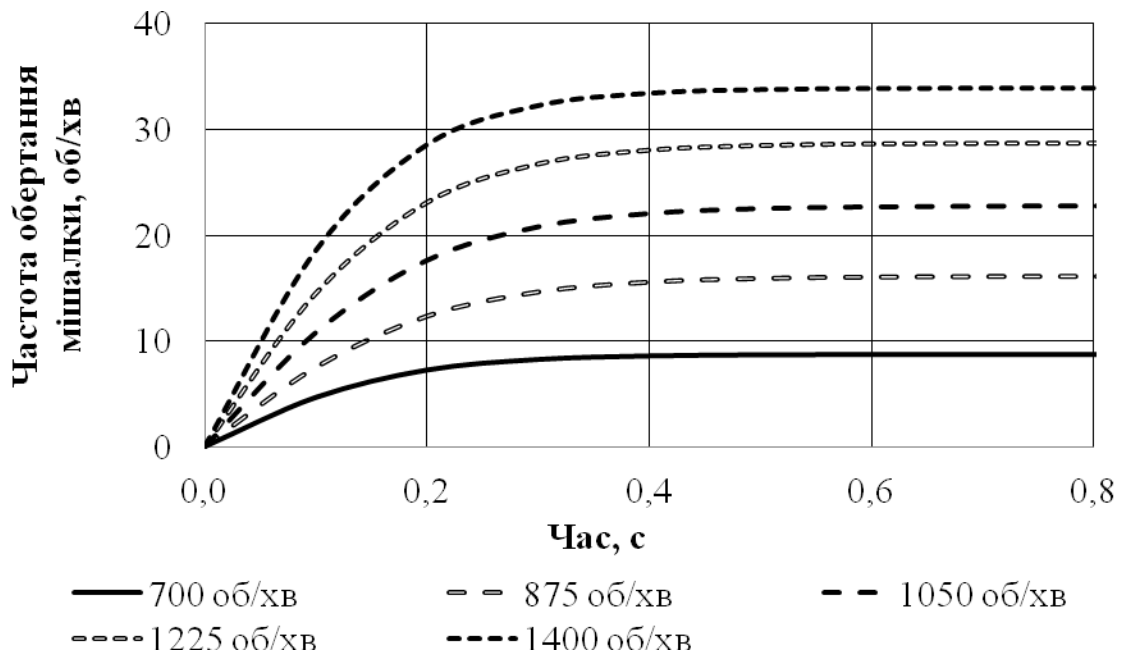


Рис. 2. Криві розгону гідромеханічної лопатевої мішалки залежно від частоти обертання насоса при куті установки лопаток  $60^{\circ}$

Усталений режим обертання гідромеханічної мішалки настає за час від 0,2 до 0,4 с.

У третьому розділі «Програма та методика експериментальних досліджень процесу естерифікації дизельного біопалива» викладено програму експериментальних досліджень, описано експериментальну установку, використано вимірювальне обладнання, наведено методику проведення досліджень та оброблення результатів експериментів.

Визначення кінематичної в'язкості дизельного біопалива, проводили згідно з ГОСТ 33, температури спалаху – згідно з ДСТУ 4455, густини дизельного біопалива – згідно з ГОСТ 3900.

Для віджимання олії використовували прес двошнековий екструдер ЕК 75/1200. Робоча температура зерних камер змінювалася від 105 до 135 °С з інтервалом 15 °С після чого в них подавалося зерно соняшника. У цьому температурному діапазоні отримано олійну масу з температурою 82, 87 та 92 °С, яка була використана для подальших досліджень.

Якість дизельного біопалива визначали за виразом:

$$P_{я} = \alpha(v_{\phi} > v_{н}; \frac{v_{\phi} - v_{н}}{v_{н}}; 0) + \beta(T_{сф} < T_{сн}; \frac{T_{сн} - T_{сф}}{T_{сн}}; 0), \quad (10)$$

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

$\alpha$  – вагомість показника кінематичної в'язкості палива, %;

$v_{\phi}$  – фактичне значення кінематичної в'язкості, мм<sup>2</sup>/с;

$v_{н}$  – нормативне значення кінематичної в'язкості, мм<sup>2</sup>/с;

$\beta$  – вагомість показника температури спалаху, %;

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

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

Для встановлення взаємозв'язку між часом перемішування ( $t_{м}$ ), частотою обертання механічної мішалки ( $n$ ), температурою суміші ( $T$ ) та питомою енергомісткістю механічної мішалки ( $E_{м}$ ), а також між діаметром форсунок ( $d$ ), частотою обертання насоса ( $n_{н}$ ), кутом нахилу лопаток ( $\alpha$ ) і частотою обертання гідромеханічної мішалки ( $n_{г}$ ), її споживаною потужністю ( $P$ ) та питомою енергомісткістю ( $E_{гм}$ ) проведено експериментальні дослідження за планом Бокса-Бенкіна. Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів при дослідженні гідромеханічної мішалки наведено в табл. 1, а схема проведення експерименту – на рис. 3.

Таблиця 1

**Інтервали значень та рівні варіювання досліджуваних факторів**

Фактори та їх позначення	Рівні факторів			Інтервали варіювання
	-1	0	+1	
Діаметр форсунок, мм	1,5	2,0	2,5	0,5
Частота обертання насоса, об/хв	700	1050	1400	350

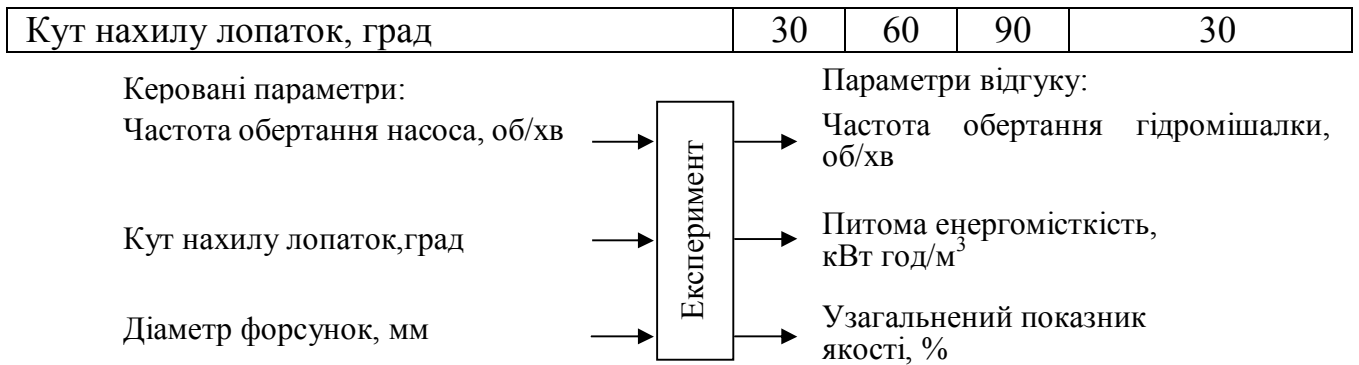


Рис. 3. Схема проведення експерименту при дослідженні гідромеханічної мішалки

Експериментальні дослідження роботи гідромеханічного змішувача проводили на експериментальній установці, обладнаній спеціальним устаткуванням для зміни параметрів робочого процесу змішування та контрольно-вимірювальними приладами (рис. 4).



Рис. 4. Загальний вигляд експериментального зразка гідромеханічного змішувача для виробництва дизельного біопалива

**У четвертому розділі** «Експериментальне дослідження відстоювання рослинної олії та виробництва дизельного біопалива з використанням гідромеханічного перемішування» проаналізовано дані експериментальних досліджень.

Отримано залежності ступеня відстоювання (рис. 5), кислотності та вмісту вологи і летючих речовин олії від часу відстоювання. Значення кислотного числа знаходилося в межах від 1,43 до 1,74 мл КОН /г, вміст вологи і летючих речовин олії – від 0,093 до 0,095 %, а ступінь відстоювання становив 83 %.

Аналіз показав, що з першої до третьої години швидкість відстоювання незначна. У подальшому швидкість руху лінії розділу олії і осаду збільшується, після другої доби процес утворення осаду сповільнюється. Упродовж третьої доби відбувається процес освітлення олії.

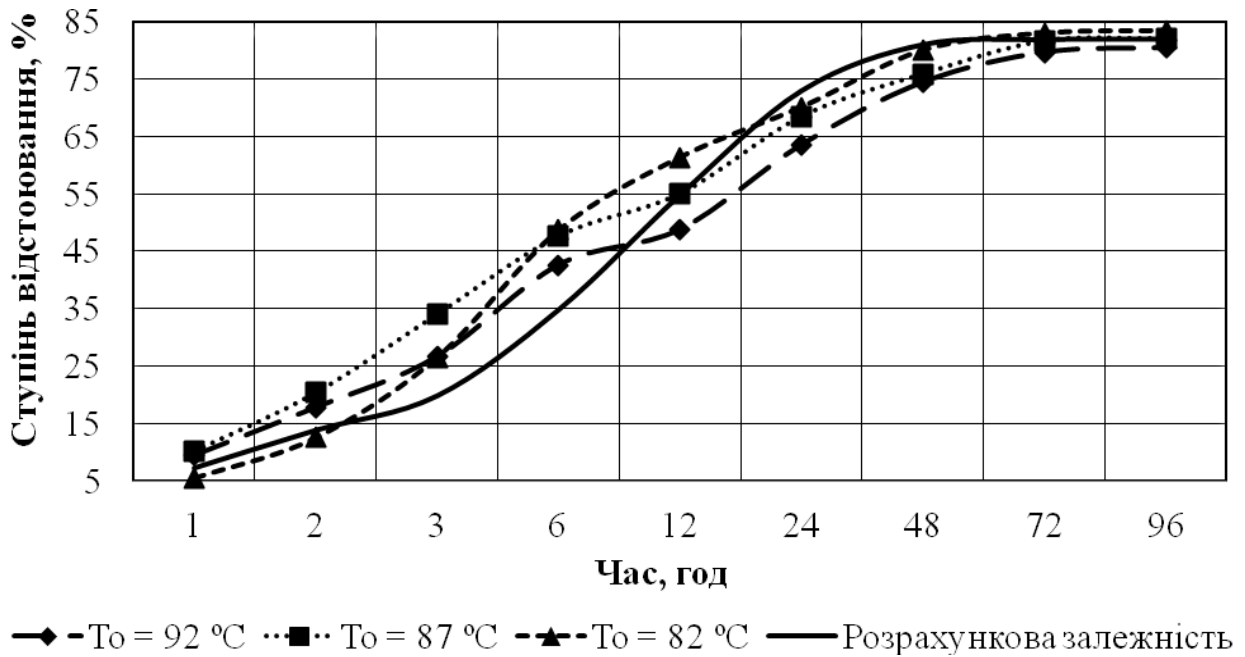


Рис. 5. Залежність ступеня відстоювання олії від часу

З використанням механічної мішалки отримано математичну модель для визначення питомої енергомісткості процесу естерифікації:

$$E_M = -3,7120 - 0,0368T + 0,0842n - 0,0119\tau + 0,0112T^2 - 0,0004n^2 + 0,0006\tau^2 - 0,0003Tn + 0,0030T\tau + 0,0010n\tau. \quad (11)$$

Аналіз отриманої залежності (рис. 6) показав, що із збільшенням температури процесу естерифікації та часу перемішування питома енергомісткість збільшується, що пояснюється збільшенням споживання електроенергії на нагрівання та підтримання температури процесу естерифікації. Частота обертання механічної мішалки на питому енергомісткість впливає незначною мірою, що пояснюється несуттєвим впливом частоти обертання мішалки на споживання електроенергії при перемішуванні суміші. Мінімальна питома енергомісткість становила 2,3 кВт год/м<sup>3</sup> при частоті обертання 80 об/хв, часі перемішування 10 хв та температурі процесу естерифікації – 5 °С.

Отримано також математичні моделі, для визначення кінематичної в'язкості та температури спалаху:

$$\nu = 6,7360 - 0,0367\tau, \quad (12)$$

де  $\nu$  – кінематична в'язкість, мм<sup>2</sup>/с;

$\tau$  – час перемішування, хв.

$$T_C = 246,3173 - 0,1685T + 0,0321\tau^2, \quad (13)$$

де  $T_C$  – 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:

$$P_{я} = -7,7013 + 0,1096T - 0,0038\tau^2 \quad (14)$$

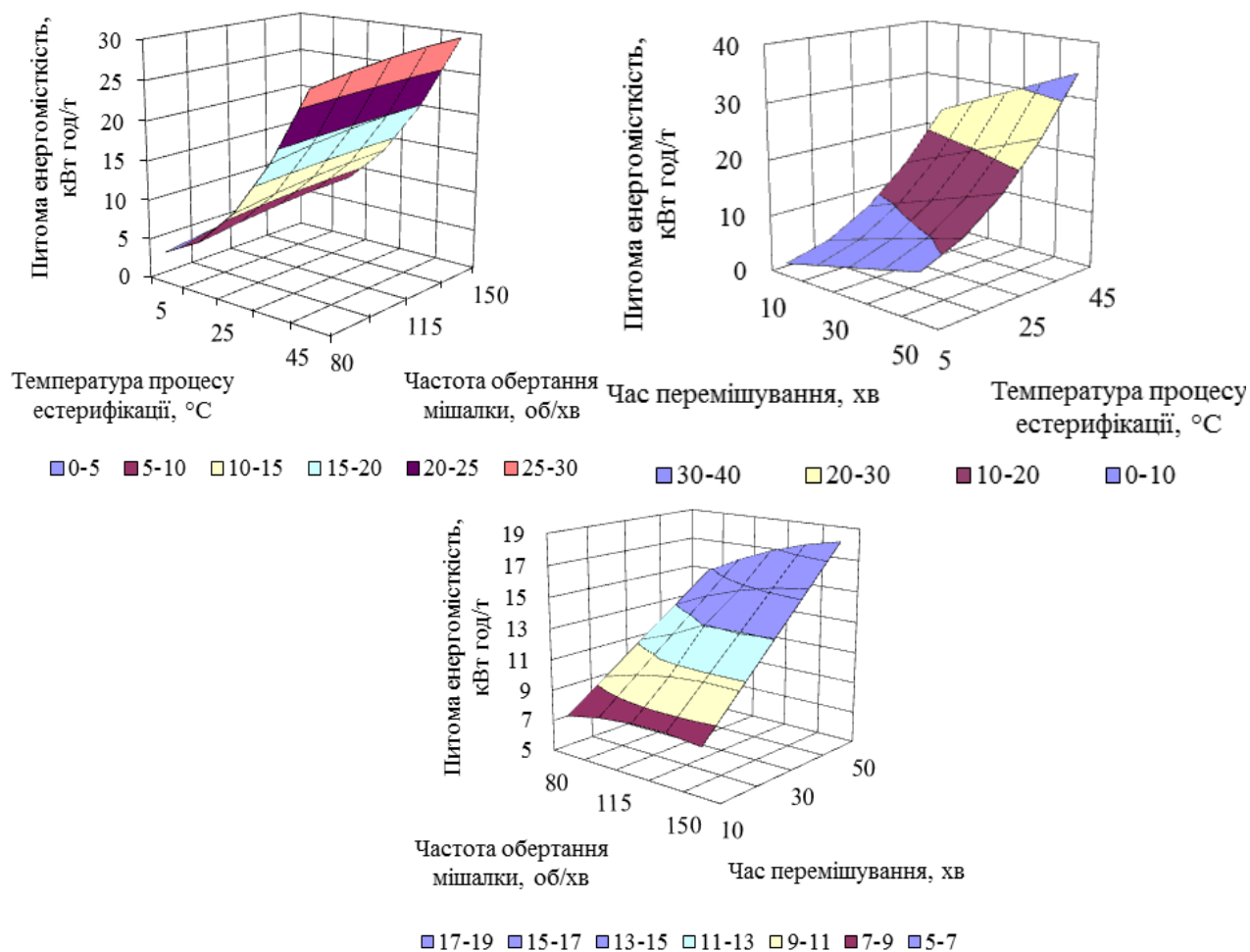


Рис. 6. Залежність питомої енергомосткості процесу естерифікації від температури процесу, часу перемішування та частоти обертання механічної мішалки

Дослідження показали, що зі збільшенням температури процесу естерифікації узагальнений показник якості дизельного біопалива збільшується (рис. 7а), що пояснюється значним зменшенням температури спалаху при значному збільшенні кінематичної в'язкості. Зі збільшенням часу перемішування та зменшенням температури процесу естерифікації, узагальнений показник якості дизельного біопалива зменшується (рис. 7б), що пояснюється незначним підвищенням температури спалаху та суттєвим зниженням кінематичної в'язкості.

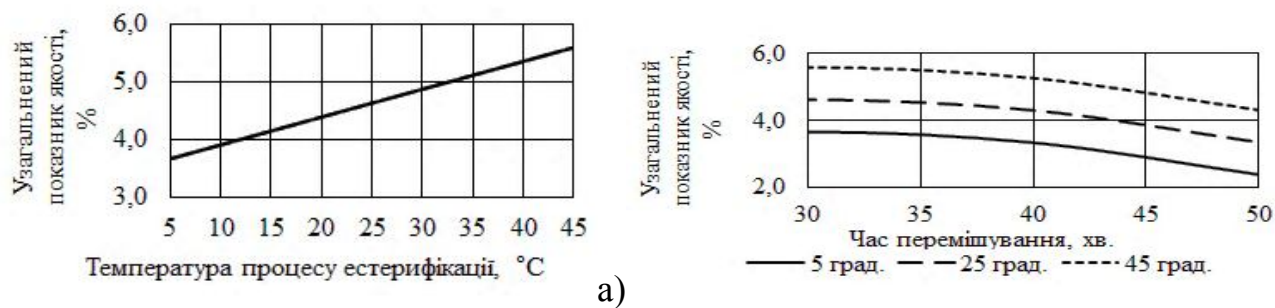


Рис. 7. Залежність узагальненого показника якості дизельного біопалива від температури процесу естерифікації та часу перемішування

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

$$n_r = 31,2125 - 37,0389d + 0,0763n_D - 0,3432\alpha + 7,0722d^2 + 0,002\alpha^2 - 0,0079dn_D, \quad (15)$$

Аналіз показав (рис. 8), що зі зменшенням діаметра форсунок частота обертання гідромеханічної мішалки збільшується, що пояснюється збільшенням реактивної сили, що 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. Максимальна частота обертання гідромеханічної мішалки становила від 39 до 45 об/хв при частоті обертання насоса 1400 об/хв, діаметрі форсунок від 1,5 до 2 мм та куті нахилу лопаток від 30 до 60°.

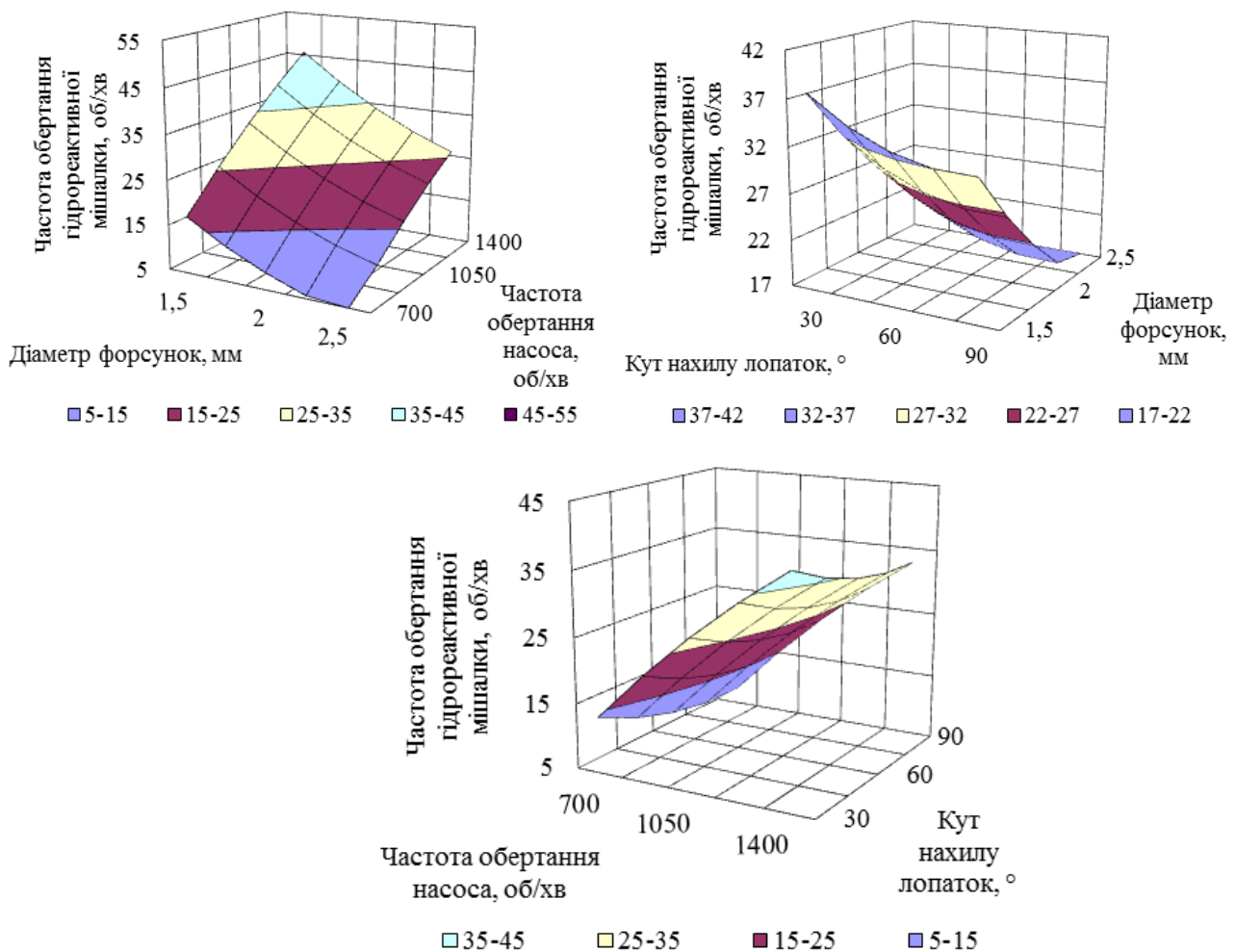


Рис. 8. Залежність частоти обертання гідромеханічної мішалки від діаметра форсунок, кута нахилу лопаток та частоти обертання насоса

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

$$P = 49,1201 - 13,9375d - 0,0847n_H + 0,0001n_H^2 \quad (16)$$

Аналіз взаємного впливу частоти обертання насоса і діаметра форсунок на споживану потужність насоса (рис. 9) показав, 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 при частоті обертання 700 об/хв, куті нахилу лопаток 60 градусів та діаметрі форсунок 2,5 мм.

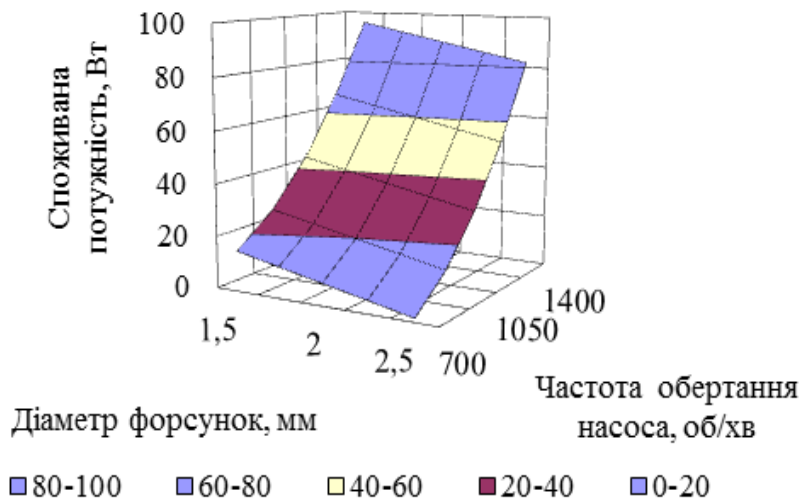


Рис. 9. Залежність споживаної потужності діаметра форсунок та частоти обертання насоса

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

$$E_{ГМ} = 0,9121 - 0,7601d + 0,0011n_H + 0,018\tau \quad (17)$$

Аналіз показав (рис. 10), що зі зменшенням діаметра форсунок питома енергомосткість гідромеханічної мішалки збільшується завдяки зростанню споживаної потужності електродвигуна через збільшення напору насоса. Зі збільшенням часу перемішування питома енергомосткість гідромеханічної мішалки збільшується завдяки збільшенню витрат енергії на перемішування. При збільшенні частоти обертання насоса питома енергомосткість гідромеханічної мішалки збільшується завдяки збільшенню продуктивності насоса. Мінімальна питома енергомосткість гідромеханічної мішалки становить 0,4 кВт год/м<sup>3</sup> при частоті обертання насоса 700 об/хв, часі перемішування 10 хв та діаметрі форсунок 2,5 мм.

На основі експериментальних досліджень отримано залежність коефіцієнта лобового опору від частоти обертання насоса (рис. 11а), що дало змогу отримати повне співпадіння експериментальних даних з теоретичною залежністю, яка пов'язує усталену частоту обертання мішалки і частоту обертання насоса (рис. 11б).

Рівень відхилення теоретичних і експериментальних даних оцінений індексом детермінації, який становить 0,93 відн.од. для залежності усталеної частоти обертання гідромеханічної мішалки від кута нахилу лопаток (рис. 11в) та 0,97 відн.од. для залежності споживаної потужності від частоти обертання насоса (рис. 11г).

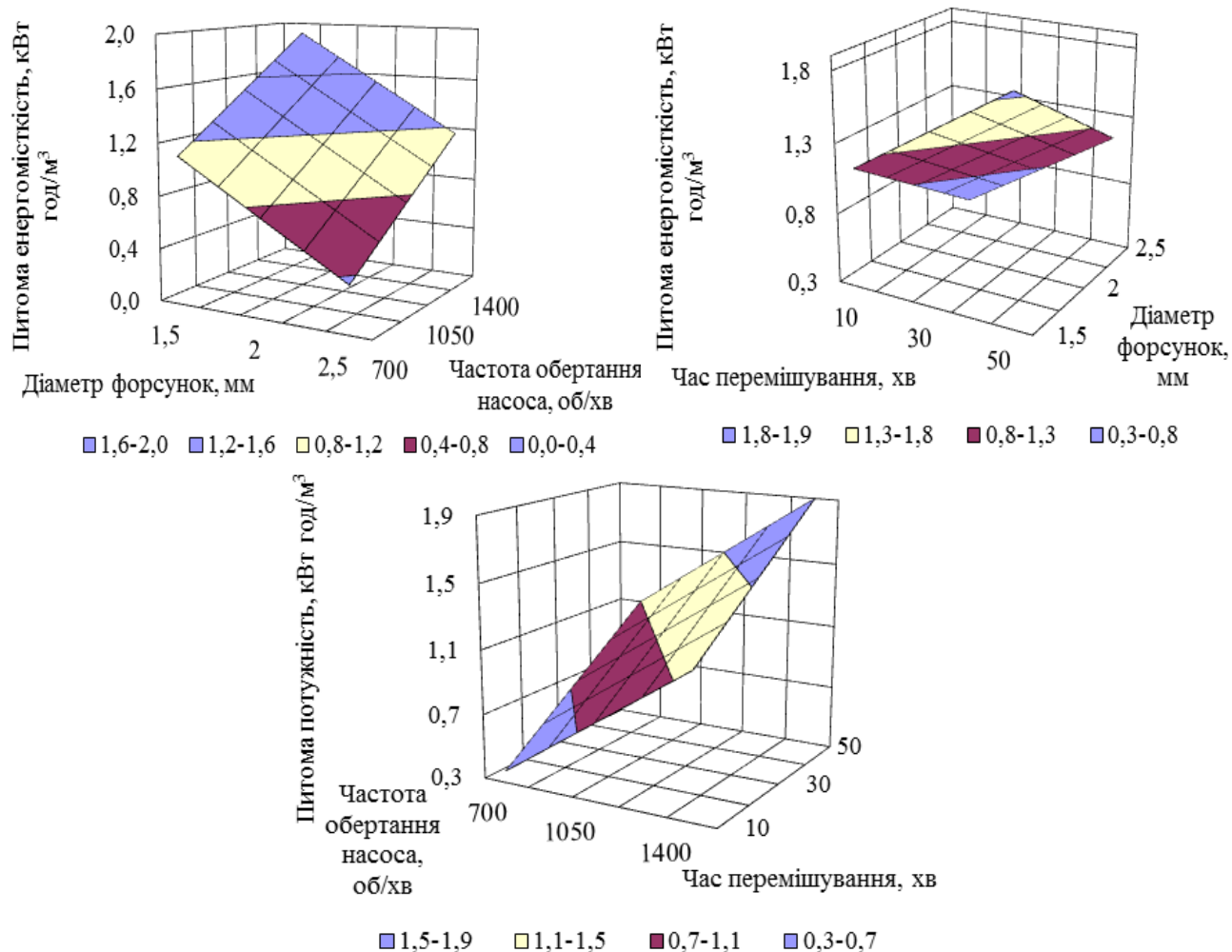


Рис. 10. Залежність питомої енергомісткості гідромеханічної мішалки від діаметра форсунок, часу перемішування та частоти обертання насоса

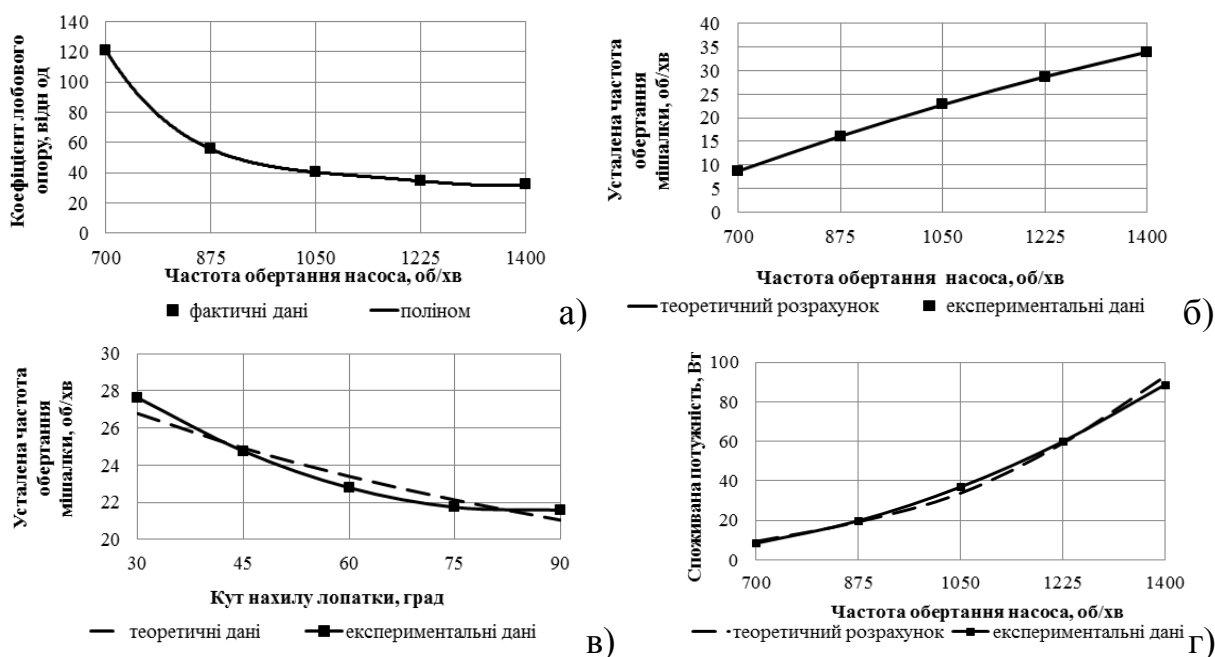


Рис. 11. Графічні залежності перевірки експериментальних і теоретичних даних

У п'ятому розділі «Економічна ефективність виробництва дизельного

біопалива» наведено методику інженерного розрахунку параметрів гідромеханічної мішалки, результати виробничих випробувань обладнання для виробництва дизельного біопалива та визначено економічну ефективність його використання.

Встановлено, що для отримання рослинної олії та виробництва дизельного біопалива необхідно застосовувати двоступінчасте віджимання олієвмісного зерна, до того ж високоякісну олію першого (холодного) віджимання доцільно використовувати для харчових потреб, а недорого, порівняно з олією першого (холодного) віджимання, олію другого (гарячого) віджимання – для потреб виробництва дизельного біопалива. При використанні такої схеми собівартість дизельного палива суттєво знижується.

Результати проведених теоретичних та експериментальних досліджень гідромеханічного змішувача рослинної олії та метилату калію дали змогу розробити методику інженерного розрахунку конструкційно-технологічних параметрів змішувача. Запропонований розрахунок обладнання для виробництва дизельного біопалива дає змогу визначити конструктивні параметри обладнання будь-якої потужності.

Виробничі випробування обладнання для виробництва дизельного біопалива з використанням гідромеханічного перемішування проводили на базі ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» с. Пшеничне Васильківського району Київської області. За результатами досліджень доведено працездатність обладнання, підтверджено результати теоретичних та експериментальних досліджень. Прибуток від виробництва дизельного біопалива із застосуванням гідромеханічного перемішування становив 5824 грн/т, при собівартості виробництва дизельного біопалива 8193,82 грн/т.

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне обґрунтування і вирішення наукової задачі, що ґрунтується на удосконаленні обладнання для виробництва дизельного біопалива із використанням гідромеханічного перемішування суміші рослинної олії та метилату калію, що в свою чергу дає змогу зменшити енерговитрати та підвищити якість перемішування у всьому об'ємі суміші.

1. Аналіз вітчизняного обладнання для виробництва дизельного біопалива шляхом естерифікації рослинної олії показав, що застосування гідромеханічного перемішування є актуальним, адже таке устаткування якісно виконує перемішування у всьому об'ємі суміші і має меншу питому енергомісткість, завдяки використанню гідростанції для виконання більшості технологічних операцій виробництва дизельного біопалива.

2. На основі досліджень розроблено кінетичні рівняння процесу седиментації олії, які пов'язують час відстоювання з рівнем відстоювання та можуть бути використані для визначення конструктивних параметрів відстійників віджатої олійної маси. Встановлено, що для досягнення рівня відстоювання 82 % віджату олійну масу необхідно відстоювати не менше 3 діб з метою подальшого використання для виробництва дизельного біопалива.

3. Розроблена математична модель для визначення кутової швидкості обертання гідромеханічної мішалки залежно від параметрів насоса, густини

рослинної олії, фактичної площі перерізу форсунок та їх кількості, а також висоти та радіуса лопаток, яка дає змогу визначити динаміку кутової швидкості обертання гідромеханічної мішалки та її усталене значення. Встановлено, що при збільшенні частоти обертання насоса від 700 до 1400 об/хв частота обертання гідромеханічної мішалки змінюється від 8,76 до 34 об/хв, а усталений режим настає від 0,2 до 0,4 с.

4. Встановлено, що для оцінки якісних показників отриманого палива доцільно використовувати узагальнений показник якості дизельного біопалива, який залежить від вагомості показників кінематичної в'язкості і температури спалаху та їх відхилення від нормативних значень. На основі експериментальних досліджень встановлено, що для процесу естерифікації рослинної олії, узагальнений показник якості дизельного біопалива набуває мінімального значення за температури процесу естерифікації 5 °С та часі перемішування 50 хв і становить від 2,4 до 3,7 %.

5. Експериментально встановлено, що частота обертання гідромеханічної мішалки залежить від діаметра форсунок, частоти обертання насоса та кута нахилу лопаток, споживана потужність – від діаметра форсунок та частоти обертання насоса, а питома енергомісткість – лише від частоти обертання насоса. На основі рівнянь регресії отримано такі раціональні параметри гідромеханічної мішалки, а саме: частота обертання насоса – 700 об/хв; діаметр форсунок – 2,5 мм; кут нахилу лопаток – 30 градусів; час перемішування – 50 хв; температура процесу – не нижче 5 °С.

6. Виробничі випробування гідромеханічного змішувача в процесі виробництва дизельного біопалива в умовах відокремленого підрозділу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Агрономічна дослідна станція» свідчать про доцільність і ефективність його використання, адже при собівартості виробництва дизельного біопалива 8193,82 грн/т прибуток від його виробництва з використанням гідромеханічного перемішування становить 5824 грн/т, при рівні рентабельності 49,8 % та терміні окупності 0,2 року.

### **ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ**

Встановлено доцільність використання обладнання для виробництва дизельного біопалива на основі гідромеханічного перемішування та використання технології двоступінчастого віджимання олії, яка дає змогу знизити вартість олії другого (гарячого) віджимання та направити її на виробництво дизельного біопалива, завдяки підвищенню вартості олії першого (холодного) віджимання для харчових потреб. Розроблено рекомендації щодо виробництва дизельного біопалива на основі рослинних олій з використанням гідромеханічного перемішування.

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

#### *Статті у зарубіжних виданнях*

1. Golub G.A. Оценка сырьевой базы производства дизельного биотоплива при двухступенчатом отжиме растительного масла / Gennadii Golub, Maksim Pavlenko, Natalia Olar // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. –

Lublin, 2014. – Vol. 16, № 3. – С. 26–33. *(Здобувач розробив технологічну схему отримання рослинної олії для виробництва дизельного біопалива).*

2. Golub G.A. Эффективность производства дизельного биотоплива в условиях фермерских хозяйств / Gennadii Golub, Maksim Pavlenko, Svetlana Osaulenko // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, 2014. – Vol. 16, № 4. – С. 263-268. *(Здобувач визначив економічну ефективність виробництва дизельного біопалива в умовах фермерських господарств).*

3. Pavlenko M. Аналіз методів зневоднення дизельного біопалива / Maksim Pavlenko // MOTROL. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Lublin, 2011. – Т. 13В. – С. 62–65.

### ***Статті у наукових фахових виданнях***

4. Голуб Г.А. Аналіз технологій виробництва рослинної олії та дизельного біопалива на її основі / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко, С.В. Лук'янець // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. / ДНУ «Український наук.-досл. ін.-т. прогнозування та випробування техніки і технологій для с.-г. виробництва ім. Леоніда Погорілого». – Дослідницьке, 2012. – Вип. 16 (30), Кн. 2. – С. 391-399. *(Здобувач проаналізував технологій з виробництва рослинної олії та дизельного біопалива для різних типів господарств).*

5. Голуб Г.А. Взаємозв'язок потужності насоса та параметрів гідрореактивної мішалки при перемішуванні ріпакової олії / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК.– 2014.– Вип 196, Ч.1. – С. 60–65. *(Здобувач отримав математичну модель для визначення потужності насоса).*

6. Голуб Г.А. Вплив параметрів гідрореактивної мішалки на її частоту обертання при виробництві дизельного біопалива / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2014. – Вип. 99. – Т. 2. – С. 84-93. *(Здобувач отримав математичну модель для визначення частоти обертання гідрореактивної мішалки).*

7. Голуб Г.А. Вплив седиментації та концентрації реагентів на якість дизельного біопалива / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2013. – Вип. 17 (31), Кн. 2. – С. 267-271. *(Здобувач отримав графічну залежність впливу седиментації та концентрації реагентів на якісні показники дизельного біопалива).*

8. Голуб Г.А. Напрямки удосконалення виробництва і використання дизельного біопалива / Г.А. Голуб, В.В. Чуба, М.Ю. Павленко // Збірник наукових праць ВНАУ. – 2012. – Вип. 10.– Т.1 (58). – С. 20-23. *(Здобувач одержав залежності ступеня відстоювання, кислотності та вмісту вологи від часу відстоювання).*

9. Голуб Г.А. Оцінка сировинної бази виробництва дизельного біопалива при двоступінчастому віджиманні рослинної олії / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування

України. Серія: техніка та енергетика АПК. –2014. – Вип 194, Ч. 1. – С. 175-181. *(Здобувач розробив технологічну схему двоступінчастого віджимання рослинної олії для харчових потреб та виробництва дизельного біопалива).*

10. Голуб Г.А. Випробування гідрореактивного змішувача при виробництві дизельного біопалива / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наук. пр. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2014. – Вип. 18 (32), Кн. 2. – С. 350-355. *(Здобувач одержав методичку інженерного розрахунку обладнання для виробництва дизельного біопалива).*

11. Голуб Г.А. Математична модель гідрореактивної лопатевої мішалки для виробництва дизельного біопалива / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК – 2014.– Вип 196, Ч. 2. – С. 70-82.*(Здобувач отримав залежності для розрахунку реактивної сили та визначення моменту опору).*

12. Павленко М.Ю. Аналіз технологій виробництва дизельного біопалива / М.Ю. Павленко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2013. – Вип. 185, Ч. 1. – С. 161-166.

### **Статті у інших наукових виданнях**

13. Scientific bases of production and use of biofuel in agroecosystems / G. Golub, V. Dubrovin, S. Kukharets [та ін.] [Електронний ресурс] // Міжнародний електронний журнал Біоресурси планети і якість життя. – 2013. – Вип. 4. – Режим доступу: <http://gchera-ejournal.nubip.edu.ua/index.php/ebql/article/view/146/112> *(Здобувач отримав графічну залежність седиментації рослинної олії від часу).*

### **Патенти**

14. Деклараційний патент України на корисну модель (UA) № 83164, МПК (2013.01) C10L1/00, C10L1/08, C11C 3/04, B01J 14/00. Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г.А., Павленко М.Ю., Чуба В.В.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201303451; заявл. 20.03.2013; опубл. 27.08.2013, Бюл. № 16. *(Здобувач здійснив патентний пошук та запропонував конструкцію мішалки).*

15. Деклараційний патент на корисну модель України (UA) № 95285, МПК (2014.01) C10L1/00, C10L1/08, C11C 3/04. Спосіб виробництва метилового ефіру / Голуб Г.А., Павленко М.Ю., Чуба В.В., Береговий А.І.; заявник та патентовласник Голуб Г.А. – № a201307535; заявл. 13.06.2013; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24. *(Здобувач здійснив патентний пошук та запропонував технологічну схему)*

16. Патент на винахід України (UA) № 105270, C02F 1/52 (2006.01). Відстійник / Голуб Г.А., Павленко М.Ю., Чуба В.В.; заявник та патентовласник Голуб Г.А. № a 201209577; заявл. 06.08.2012; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. *(Здобувач здійснив патентний пошук та запропонував конструкцію відстійника).*

### **Матеріали наукових конференцій**

17. Голуб Г.А. Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Г.А. Голуб, В.В. Чуба, М.Ю. Павленко // Збірник тез доповідей XIII Всеукраїнської конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» / Навчально-науковий технічний інститут Національного Університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2013. – С. 12. *(Здобувач запропонував конструкцію мішалки).*

18. Павленко М.Ю. Аналіз технологій виробництва дизельного біопалива / М.Ю. Павленко, В.В. Чуба // Збірник тез доповідей XIII Всеукраїнської конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» / Навчально-науковий технічний інститут Національного Університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2013. – С. 71. *(Здобувач запропонував розподіл технологій на промислову та агропромислову для виробництва дизельного біопалива).*

19. Павленко М.Ю. Аналіз технологій виробництва рослинних олій / М.Ю. Павленко, В.В. Чуба // Збірник тез доповідей XIII Всеукраїнської конференції науково-педагогічних працівників, наукових співробітників та аспірантів «Проблеми та перспективи розвитку технічних та біоенергетичних систем природокористування» / Навчально-науковий технічний інститут Національного Університету біоресурсів і природокористування України. – К., 2013. – С. 72. *(Здобувач запропонував розподіл технологій на промислову та агропромислову для виробництва рослинної олії).*

20. Павленко М.Ю. Енергетичні показники процесу естерифікації рослинної олії / М.Ю. Павленко // Збірник праць III Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді у вирішенні актуальних проблем виробництва та переробки сировини, стандартизації і безпеки продовольства» / Український навчально-науковий інститут якості біоресурсів та безпеки життя НУБіП України.– К., 2013. – С. 312-313.

21. Голуб Г.А. Вплив параметрів естерифікації ріпакової олії на якість дизельного біопалива / Г.А. Голуб, М.Ю. Павленко // Зб. наук. праць ПДАТУ – Сучасні проблеми збалансованого природокористування. – 2013. – С.193-198. *(Здобувач отримав математичну модель розрахунку узагальненого показника відхилення якості дизельного біопалива).*

22. Basic principles of biofuel use in Ukrainian agroecosystems: Second International Conference on NATURAL AND ANTROPIC RISKS ICNAR, 04-07 June 2014, Bacau, Romania / Gennadiy Golub, Valeriy Dubrovin, Maxim Pavlenko, Vyacheslav Chuba.– Romania, 2014.– P. 186. *(Здобувач проаналізував використання ріпаку для виробництва дизельного біопалива).*

23. Production and use of biodiesel in agrosystems / [G. Golub, V. Dubrovin, M. Pavlenko, V. Chuba] // The 8th International Research and Development Conference of Central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering. Poznan, Puszczukowo. – Poland, 2013.– P. 49-53. *(Здобувач отримав залежність для визначення ступеню відстоювання рослинної олії в часі)*

**АНОТАЦІЯ**

**Павленко М. Ю. Обґрунтування параметрів гідромеханічної мішалки для виробництва дизельного біопалива. – На правах рукопису.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва. – Національний університет біоресурсів та природокористування України, Київ, 2015.

Дисертацію присвячено питанням підвищення ефективності виробництва дизельного біопалива шляхом гідромеханічного перемішування рослинної олії та метилату калію.

Обґрунтовано конструктивні параметри гідромеханічної мішалки для виробництва дизельного біопалива. Теоретично та експериментально визначено вплив основних конструкційно-режимних параметрів гідромеханічного змішувача, якості та питомої енергомісткості процесу естерифікації.

Встановлено залежності якісних та енергетичних показників процесу естерифікації рослинної олії від керованих параметрів: частоти обертання насоса, діаметра форсунок, кута нахилу лопаток, часу перемішування та температури процесу.

Обґрунтовано раціональні параметри гідромеханічного змішувача, які гарантують якісне перемішування суміші у всьому об'ємі, чим дають змогу одержати нормовану якість отриманого дизельного біопалива.

Розроблене обладнання для виробництва дизельного біопалива забезпечує зменшення витрат енергії на перемішування та спрощення конструкції обладнання при забезпеченні показників якості дизельного біопалива.

**Ключові слова:** гідромеханічне змішування, дизельне біопаливо, гліцериновий осад, кут нахилу лопаток, діаметр форсунок, частота обертання насоса, питома енергомісткість, ефективність.

## **АННОТАЦИЯ**

**Павленко М. Ю. Обоснование параметров гидромеханической мешалки для производства дизельного биотоплива. – На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.11 – машины и средства механизации сельскохозяйственного производства. – Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, 2015.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности производства дизельного биотоплива путем гидромеханического перемешивания растительного масла и метилата калия.

При уменьшении количества нефти в недрах земли люди создали заменитель дизельного топлива на основе растительного масла, но возникает проблема в обеспечении техническими средствами для повышения уровня его производства, прежде всего аппаратурой для производства дизельного биотоплива. Анализ конструкций и технических решений отстойников и смесителей позволил классифицировать их и определить, что наиболее целесообразным является

использование смесителей с использованием гидромеханического перемешивания, что в большей мере удовлетворяет требования к конечному продукту.

Объектом исследования является технологический процесс производства дизельного биотоплива.

Определена взаимозависимость между потреблением энергии на производство дизельного биотоплива с использованием гидромеханического перемешивания и частотой вращения насоса, диаметром форсунок и углом наклона лопаток, что позволило аналитически определить удельную энергоемкость процесса этерификации растительного масла с метилатом калия.

Основные конструкционно-технологические параметры реактора-эстерификатора определялись путем оптимизации удельной энергоемкости. Получены уравнения регрессии, позволяющие оптимизировать и усовершенствовать конструкционно-технологические показатели реактора-эстерификатора. Установлено, что минимальная удельная энергоемкость процесса этерификации без учета качества дизельного биотоплива принимает минимальное значение при частоте вращения мешалки 80 об/мин, времени перемешивания 10 мин и температуре процесса этерификации 5 °С.

Установлено, что для процесса этерификации рапсового масла, обобщенный показатель отклонения показателей качества дизельного биотоплива принимает минимальное значение при температуре процесса этерификации 5 °С и времени перемешивания 50 мин и составляет от 2,4 до 3,7 %.

Результаты проведенных теоретических и экспериментальных исследований позволили разработать методику инженерного расчета конструкционно-технологических параметров и конструкцию аппаратуры для производства дизельного биотоплива, которые внедрены в производство.

Обоснованы рациональные параметры гидромеханического смесителя, обеспечивающие качественное перемешивание смеси во всем объеме, позволяющие получить нормированное качество полученного дизельного биотоплива.

Разработанное оборудование для производства дизельного биотоплива обеспечивает уменьшение затрат энергии на перемешивание и упрощение конструкции оборудования при обеспечении показателей качества дизельного биотоплива.

Прибыль от производства дизельного биотоплива с использованием гидромеханического перемешивания составляет 5824 грн/т, уровень рентабельности – 49,8 %, себестоимость производства ДБП – 8193 грн/т, срок окупаемости – 0,2 года.

**Ключевые слова:** гидромеханическое смешивание, дизельное биотопливо, глицериновый осадок, угол наклона лопаток, диаметр форсунок, частота вращения насоса, удельная энергоемкость, эффективность.

**Pavlenko M. Justification settings hydro mechanical stirrer for biodiesel production. – Manuscript.**

The dissertation for scientific degree of candidate of technical sciences on the specialty 05.05.11 – machinery and mechanization of agricultural production. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2015.

Dissertation is devoted to improving the efficiency of biodiesel production by hydro jet mixing vegetable oil and potassium methylate.

This paper substantiates the design parameters of the reactor for biodiesel production. Theoretically and experimentally the influence of key design, operational parameters of hydro mechanical mixer, quality and specific energy consumption esterification process.

According to experimental results dependencies quality and energy performance of the process esterification of vegetable oils from controlled parameters: rotational speed of the pump, the diameter of the nozzles, the angle of inclination of the blades, mixing time and temperature process.

Grounded rational parameters of hydro mechanical mixing providing quality stirring the mixture in the whole volume, the normalized yield quality of the biodiesel.

The developed equipment for the production of biodiesel would reduce energy costs for mixing and simplify equipment design while ensuring quality indicators biodiesel.

**Keywords:** hydro mechanical mixing, diesel biofuel, glycerine residue, the angle of the blades, the diameter of the nozzles, pump rotational speed, specific power consumption, efficiency.

Підписано до друку 23.03.2015      Формат 60x84/16.

Ум. друк. арк. 1.375

Наклад 100 прим.

Зам. №.

Видавничий центр НУБіП України  
вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, 03041  
тел. 527-81-55