

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

ЧУБА В'ЯЧЕСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.371:620.92

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ
МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ
ПРИ ВИКОНАННІ ПОЛЬОВИХ РОБІТ
З ВИКОРИСТАННЯМ 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

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор,
член-кореспондент НААН України
Кравчук Володимир Іванович,
Державна наукова установа «Український
науково-дослідний інститут прогнозування та
випробування техніки і технологій для
сільськогосподарського виробництва імені
Леоніда Погорілого», директор

кандидат технічних наук, доцент
Третяк Віктор Михайлович,
Національний науковий центр «Інститут
механізації та електрифікації сільського
господарства» НААН України, завідувач
відділу мобільних енергетичних засобів та
біоенергетики

Захист відбудеться «11» червня 2015 р. о 13⁰⁰ 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 Родимцева, 19, навчальний корпус № 1, кімната 97

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

Автореферат розісланий « 8 » травня 2015 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

О. А. Марус

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Нестача власних енергоресурсів і постійний ріст цін на них спонукає до пошуку альтернативних джерел енергії. Одним із головних напрямів розвитку альтернативної енергетики є використання дизельного біопалива, одержаного з рослинної олії. Перш за все, це важливо для сільського господарства, адже від своєчасного забезпечення його паливно-мастильними матеріалами залежить майбутній врожай. За останні 10 років ціни на дизельне паливо зросли більше ніж у 5 разів. Дизельне біопаливо за своїми властивостями подібне до дизельного палива, проте має певні недоліки, а саме: вищу кінематичну в'язкість, температуру помутніння та застигання, а також меншу теплотворну здатність. Більшість паливних систем автотракторних двигунів розроблені з урахуванням властивостей дизельного палива, а тому застосування дизельного біопалива у чистому вигляді призводить до погіршення експлуатаційних показників роботи двигуна.

Виконаних на тепер досліджень із впливу чистого дизельного біопалива на експлуатаційні параметри машинно-тракторного агрегату (МТА) при виконанні технологічних операцій сільськогосподарського виробництва недостатньо для забезпечення їх ефективної експлуатації.

У зв'язку з цим підвищення ефективності використання МТА на дизельному біопаливі є актуальною науково-прикладною задачею розвитку сільськогосподарського виробництва України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дослідження, що склали основу дисертаційної роботи, виконували у Національному університеті біоресурсів і природокористування України у 2010–2014 рр. відповідно до наукової тематики згідно з темою «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 експлуатації МТА при виконанні технологічних операцій сільськогосподарського виробництва з використанням підігріву дизельного біопалива.

Для досягнення мети необхідно було вирішити такі задачі:

1. Проаналізувати переваги та недоліки дизельного біопалива та встановити закономірності впливу його властивостей на експлуатаційні показники роботи МТА;
2. Розробити математичну модель динаміки руху МТА при виконанні технологічних операцій на дизельному біопаливі, встановити зв'язок між властивостями агротехнологічного середовища, конструкційними параметрами МТА та його експлуатаційними показниками;
3. Дослідити вплив температури на фізико-механічні властивості дизельного біопалива, визначити оптимальний температурний діапазон підігріву палива, вплив температури на витрату палива та екологічні показники роботи МТА;

4. Розробити математичну модель нагріву палива у паливному баку залежно від його конструкційних параметрів та здійснити її експериментальну перевірку;

5. Виконати виробничу перевірку роботи МТА при використанні дизельного біопалива, проаналізувати його економічну ефективність при виконанні польових робіт та розробити рекомендації з його застосування.

Об'єкт дослідження: МТА при виконанні польових робіт з використанням дизельного біопалива.

Предмет дослідження: закономірності впливу властивостей дизельного біопалива на експлуатаційні показники МТА.

Методи дослідження. При розв'язанні поставлених задач використовували комплексний метод теоретичних та експериментальних досліджень. Теоретичні дослідження базувалися на застосуванні теорії математичного моделювання, а експериментальні – виконували згідно із загальноприйнятими методиками на основі методів планування багатофакторного експерименту. Опрацювання отриманих експериментальних даних проводили з використанням персонального комп'ютера та пакета прикладних програм. При виконанні експериментальних досліджень використовували план трифакторного експерименту Бокса-Бенкіна, кореляційний та регресійний аналізи, а також статистичне оброблення даних. Експериментально згідно із стандартними методиками, на гальмівному стенді досліджено зміну експлуатаційних та екологічних показників роботи дизельного двигуна при використанні дизельного біопалива та його сумішей із дизельним паливом. Виробничу перевірку виконували за стандартними методиками випробування сільськогосподарської техніки; економічну оцінку – згідно з існуючими нормативами, визначаючи собівартість, економічний ефект та термін окупності обладнання.

Наукова новизна одержаних результатів:

– удосконалено математичну модель динаміки руху МТА, яка встановлює взаємозв'язок між агротехнологічними параметрами середовища, конструктивними і експлуатаційними параметрами МТА та дало змогу врахувати вплив типу палива на тягові характеристики МТА;

– дістало подальшого розвитку розроблення математичної моделі теплообмінного процесу нагріву палива у паливному баку МТА, що дає змогу виконати розрахунок параметрів теплообмінного процесу зважаючи на умови навколишнього середовища та режим роботи МТА;

– вперше обґрунтовано оптимальний температурний діапазон нагріву дизельного біопалива перед впорскуванням у циліндр двигуна на основі мінімізації витрат дизельного біопалива.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробленні системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива для модернізації штатної паливної системи. Обладнання для використання дизельного біопалива пройшло виробничу перевірку та впроваджене у виробництво у ВП НУБіП України «Агрономічна дослідна станція» с. Пшеничне Васильківського району Київської області. Розроблена конструкторська документація на систему двоступеневого підігріву дизельного біопалива для двигунів Д-240 та Д-245 передана до ПП «Дік-Техніка» для виготовлення за замовленням фермерських господарств. 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, розробленні методики досліджень, виконанні теоретичних і експериментальних досліджень та аналізі їх результатів. Здобувач удосконалив математичну модель динаміки руху МТА та уточнив математичну модель нагріву палива у паливному баку, встановив вплив температури на фізико-механічні властивості дизельного біопалива, обґрунтував температурні межі нагріву дизельного біопалива та конструктивно-технологічну схему обладнання для двоступеневого підігріву дизельного біопалива, виконав польові випробування роботи МТА на технологічних операціях у рослинництві, а також обчислив економічну ефективність застосування дизельного біопалива.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати досліджень дисертаційної роботи заслухані і одержали позитивну оцінку на: XIX, XXII Міжнародній науково-технічній конференції ННЦ «ІМЕСГ» «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» (сmt. Глеваха, 2011, 2014 pp.); XIV Міжнародній науково-технічній конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки» (сmt. Глеваха, 2013 p.); Міжнародній науково-практичній конференції «Моделювання технологічних процесів в АПК» (м. Мелітополь, 2010 p.); Міжнародній науково-практичній конференції «Новітні досягнення біотехнології» (м. Київ, 2010 p.); III Міжнародній науково-практичній конференції «Аграрний форум-2010» (м. Суми, 2010 p.); Міжнародній науковій конференції «Інноваційний розвиток аграрної сфери» (м. Київ, 2013 p.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Виробництво екологічно безпечної сільськогосподарської продукції: проблеми та перспективи» (м. Ніжин, 2013 p.); XIII та XIV Національній спеціалізованій виставці «Україна Аграрна-2013» та «Україна Аграрна-2014» (м. Київ, 2013, 2014 pp.); XXI, XXIV, XXV, XXVI Міжнародних виставках-ярмарках «Агро-2009, 2012, 2013, 2014» (м. Київ, 2009, 2012, 2013, 2014 pp.); XVII сільськогосподарській виставці «Фермер України-2014» (м. Київ, 2014 p.); науково-практичній конференції «Високі технології в аграрному виробництві» (м. Київ, 2013, 2014 pp.); Міжнародній науковій конференції «Earth bioresources and environmental biosafety: challenges and opportunities» («Біоресурси планети та біобезпека навколишнього середовища») (м. Київ, 2013 p.); Міжнародній конференції «NATURAL AND ANTROPIC RISKS-ICNAR 2014» («Природні та антропні ризики») (м. Бакеу, Румунія 2014 p.).

Публікації. Результати наукових досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковані в 28 друкованих працях, у тому числі 3 одноосібні. В наукових фахових виданнях опубліковано 16 статей, у міжнародних – 3, у інших наукових виданнях – 3, а також 5 тез доповідей на науково-практичних конференціях. За темою дисертаційної роботи отримано 1 патент на корисну модель.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, 5 розділів, загальних висновків, додатків та списку використаних джерел. Робота викладена на – 147 сторінках комп'ютерного тексту, містить 14 таблиць, 58 рисунків, 5 додатків, список використаних джерел містить 140 найменувань, з них 33 латиницею.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «Аналіз стану та перспективи використання дизельного біопалива на основі рослинних олій» здійснено огляд стану та особливостей використання дизельного біопалива у дизельних двигунах внутрішнього згорання, проаналізовано фізико-хімічні властивості дизельного біопалива на основі рослинних олій, проблеми, пов'язані з використанням цього типу палива, розглянуто конструкційні особливості розроблених систем для підвищення ефективності використання дизельного біопалива.

Розглянуто результати теоретичних та експериментальних робіт, пов'язаних з використанням дизельного біопалива таких учених: С. Н. Дев'яніна, В. О. Дубровіна, В. І. Кравчука, В. А. Маркова, В. Г. Семенова, В. А. Звонова, В. А. Войтова, В. М. Третьяка, А. С. Теренченка, , І. В. Парсаданова, Р. В. Фокіна, А. Т. Лебедєва, В. С. Мітенкової, С. М. Черненко, В. Ф. Анісімова, В. Т. Надикта, В. А. Дідура, Н. В. Краснощекова.

Проаналізовано наукові дослідження, пов'язані з динамікою руху МТА та роботи таких відомих учених: В. П. Горячкіна, Ю. К. Киртбая, Б. С. Свірщевського, В. Н. Болтинського, Л. Г. Гром-Мазнічевського, Д. А. Чудакова, Л. В. Погорілого, І. Й. Натанзона, Е. А. Фінна, І. І. Мельника.

Аналіз існуючих наукових досліджень свідчить про необхідність уточнення рівняння динаміки руху МТА при виконанні технологічних операцій сільськогосподарського виробництва, проведення пошуку шляхів підвищення експлуатаційних показників роботи МТА при застосуванні дизельного біопалива. Встановлено, що перспективним напрямом підвищення ефективності використання дизельного біопалива є застосування його підігріву.

У другому розділі «Теоретичне обґрунтування експлуатаційних параметрів МТА при виконанні польових робіт з використанням дизельного біопалива» виконано уточнення математичної моделі динаміки руху МТА з використанням дизельного біопалива та математичної моделі нагріву палива у паливному баку.

Одним із шляхів зменшення прямих витрат при виконанні механізованих робіт є визначання оптимальних режимів роботи двигуна енергозасобу (мінімальної витрати палива) при забезпеченні агротехнологічних вимог до технологічної операції. Для розв'язання поставленої задачі виконано силовий аналіз роботи МТА (рис. 1.) із урахуванням параметрів агротехнологічного середовища.

Рушійною силою МТА є енергія палива, яку двигун внутрішнього згорання енергетичного засобу перетворює на обертальний момент, який за допомогою трансмісії передається на ведучі колеса та створює тягову силу. Крутний момент двигуна також витрачається на привід робочої машини через вал відбору потужності. З урахуванням цього сила тяги МТА, при роботі на дизельному біопаливі може бути визначена за таким виразом:

$$F_T = \frac{1}{r_{BK}} \left(\frac{S_{ПЛ} l_{ПЛ} \rho_{П} k_{ПЛ} i Q_{НДБП} \eta_{ЕДП} k_{ЗМДБП}}{2\pi} - \frac{M_{ВВП}}{\eta_{ТРВВП} i_{ТРВВП}} \right) (1 - \delta_B) \eta_{ТРВК} i_{ТРВК}, \quad (1)$$

де F_T – сила тяги трактора, Н;

r_{BK} – діаметр ведучого колеса, м;

$S_{ПЛ}$ – площа плунжерної пари, м²;

$l_{пл}$ – активний хід плунжера, м;
 $\rho_{п}$ – густина палива, кг/м³;
 $k_{пл}$ – коефіцієнт подачі палива плунжером паливного насоса, відн. од.;
 i – кількість впорскувань палива за один оберт двигуна, об⁻¹;
 $Q_{ндбп}$ – нижча теплотворна здатність дизельного біопалива, Дж/кг;
 $\eta_{едп}$ – ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна на дизельному паливі, відн. од.;
 $k_{змдбп}$ – коефіцієнт зменшення ефективності використання дизельного біопалива порівняно з дизельним паливом; відн. од.;
 $M_{ввп}$ – крутний момент робочої машини на валу відбору потужності, Н м;
 $\eta_{трввп}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії вала відбору потужності, відн. од.
 $i_{трввп}$ – передаточне число трансмісії від двигуна до вала відбору потужності, од.;
 δ_B – коефіцієнт буксування ведучих коліс, відн. од.;
 $\eta_{трвк}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії енергозасобу, відн. од.;
 $i_{трвк}$ – передаточне число трансмісії від двигуна до ведучих коліс, од.

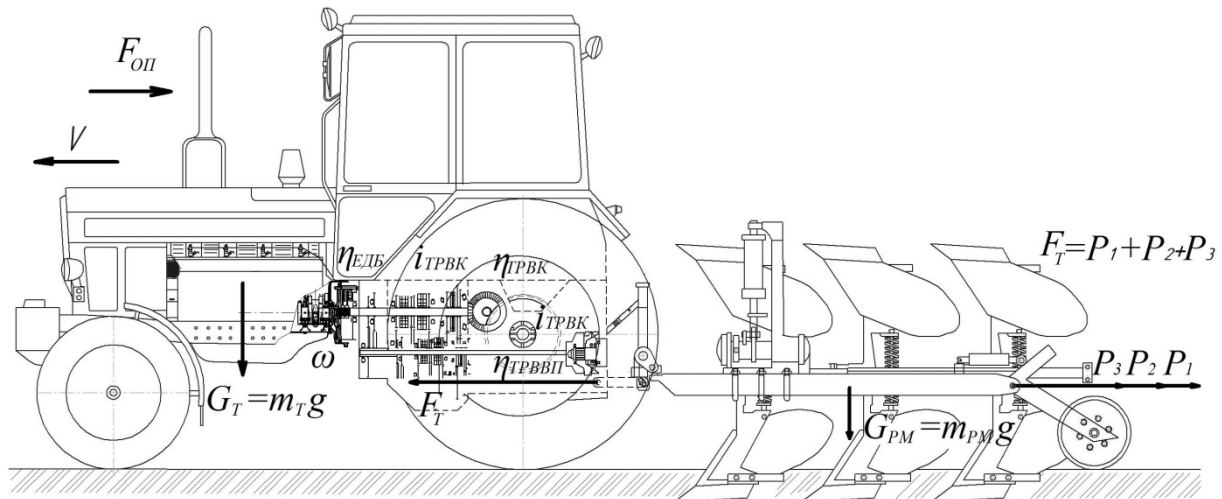


Рис. 1. Розрахункова схема МТА

При використанні дизельного біопалива відбувається зменшення ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна. Співвідношення витрат дизельного палива та дизельного біопалива перебуває у обернено пропорційній залежності від їх нижчих теплотворних здатностей та ефективних коефіцієнтів корисної дії двигуна на відповідному виді палива. При повному згоранні палива у циліндрі двигуна максимальне значення ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна буде визначатися фактичним співвідношенням нижчих теплотворних здатностей дизельного біопалива та дизельного палива. З урахуванням цього коефіцієнт зменшення ефективності використання дизельного біопалива порівняно з дизельним паливом можна визначити за таким виразом:

$$k_{змдбп} = \frac{\eta_{едбп}}{\eta_{едп}} = \frac{Q_{ндп} G_{дп}}{Q_{ндбп} G_{дпб}}, \quad (2)$$

де $\eta_{едбп}$ – ефективний коефіцієнт корисної дії двигуна на дизельному біопаливі, відн. од.;

$Q_{НДП}$ – нижча теплотворна здатність дизельного палива, Дж/кг;

$G_{дп}$ – годинна витрата дизельного палива, кг/год;

$G_{дпб}$ – годинна витрата дизельного біопалива, кг/год.

Рівняння динаміки руху МТА в залежності від навантаження та експлуатаційних параметрів агрегату, типу палива та геометричних параметрів паливоподачі, зміни ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна та його режиму роботи, передаточного числа трансмісії та параметрів, що характеризують агротехнологічне середовище та причіпну машину, матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} & \frac{(m_T + m_{PM})r_{BK}^2(1 - \delta_B)}{i_{TPBK}} \frac{d\omega}{dt} = \\ & = \left(\frac{S_{ПЛ} l_{ПЛ} \rho_{П} k_{ПЛ} i Q_{НДП} (\alpha \omega^2 + \beta \omega + \gamma) k_{ЗМДБП}}{2\pi} - \frac{M_{ВВП}}{i_{TPBВП} \eta_{TPBВП}} \right) (1 - \delta_B) \eta_{TPBK} i_{TPBK} - \\ & - r_{BK} f m_T g - \frac{k_{ОБТ} S_{ЛОБ} \omega^2 r_{BK}^3 (1 - \delta_B)^2}{i_{TPBK}^2} - r_{BK} f' m_{PM} g - r_{BK} k a b - r_{BK} \theta a b \left(\frac{\omega}{i_{TPBK}} r_{BK} (1 - \delta_B) \right)^2, \end{aligned} \quad (3)$$

де m_T – маса трактора, кг;

m_{PM} – маса робочої машини, кг;

ω – кутова швидкість колінчастого вала двигуна, рад/с;

f – коефіцієнт опору кочення коліс, відн. од.;

g – прискорення сили земного тяжіння, м/с²;

$k_{ОП}$ – коефіцієнт опору повітря, Н с²/м⁴;

$S_{ЛОБ}$ – площа лобового опору МТА, м²;

α, β, γ – коефіцієнти апроксимації експериментальної залежності зміни ефективного коефіцієнта корисної дії двигуна від кутової швидкості обертання колінчастого вала;

f' – сумарний коефіцієнт тертя, який складається з тертя знаряддя об ґрунт та тертя кочення опорного колеса плуга, відн. од.;

k – питомий опір деформації ґрунту, Н/м²;

a – ширина оброблюваного пласта, м;

b – глибина оброблювального пласта, м;

θ – коефіцієнт, який враховує співвідношення швидкості відкидання пласта та швидкості плуга, Н с²/м⁴.

Рішення цього диференційного рівняння приведене до кутової частоти обертання двигуна має такий вигляд:

$$\omega = \frac{1}{2P} \left(\left(\sqrt{L^2 - 4PK} \right) \left(\frac{2P\omega_{П} + L + \left(\sqrt{L^2 - 4PK} \right) \frac{(1 - e^{tJ})}{(1 + e^{tJ})}}{(2P\omega_{П} + L) \frac{(1 - e^{tJ})}{(1 + e^{tJ})} + \sqrt{L^2 - 4PK}} \right) - L \right), \quad (4)$$

де $\omega_{П}$ – початкова кутова швидкість колінчастого вала двигуна, рад/с;

$P = \frac{G\alpha - C}{A}$, $L = \frac{G\beta}{A}$, $K = \frac{G\gamma - H - I}{A}$, $J = \sqrt{L^2 - 4PK}$ – згруповані значення

параметрів математичної моделі, до складу яких входять величини, що

характеризують: $A = \frac{(m_T + m_{PM})r_{BK}^2(1-\delta)}{i_{TPBK}}$ – момент інерції МТА, кг м²;

$G = \frac{S_{ПЛ} l_{ПЛ} \rho_{П} k_{ПЛ} iQ_{НДБП} k_{ЗМДБП}}{2\pi} (1-\delta_B) \eta_{TPBK} i_{TPBK}$ – енергію палива, виходячи із параметрів

паливоподачі, Дж; $C = \frac{(k_{OBT} S_{ЛОБ} + \theta ab) r_{BK}^3 (1-\delta_B)^2}{i_{TPBK}^2}$ – вплив лобового опору повітря та

кінетичної енергії при переміщенні пласта ґрунту, Н с² м;

$H = \frac{M_{BВП}}{i_{TPBВП} \eta_{TPBВП}} (1-\delta_B) \eta_{TPBK} i_{TPBK}$ – момент опору на валу відбору потужності, Н м;

$I = r_{BK} (f m_T g + f' m_{PM} g + kab)$ – суму моментів опору перекочування трактора, опору тертя при переміщенні агрегату та опору деформації пласта ґрунту, Н м.

Отримане рівняння описує динаміку зміни кутової швидкості колінчастого вала двигуна при зміні зовнішніх параметрів, які характеризують роботу МТА при виконанні технологічних операцій та характеристик палива, що застосовується.

На базі отриманої математичної моделі динаміки руху МТА виконано моделювання зміни експлуатаційних параметрів МТА на базі трактора Кий-14102 з двигуном Д-245 при виконанні технологічної операції оранки, отримано залежності зміни кутової швидкості колінчастого вала двигуна та швидкості руху МТА (рис. 2), а також залежності зміни витрати палива залежно від типу палива, зміни навантаження та параметрів паливоподачі (рис. 3).

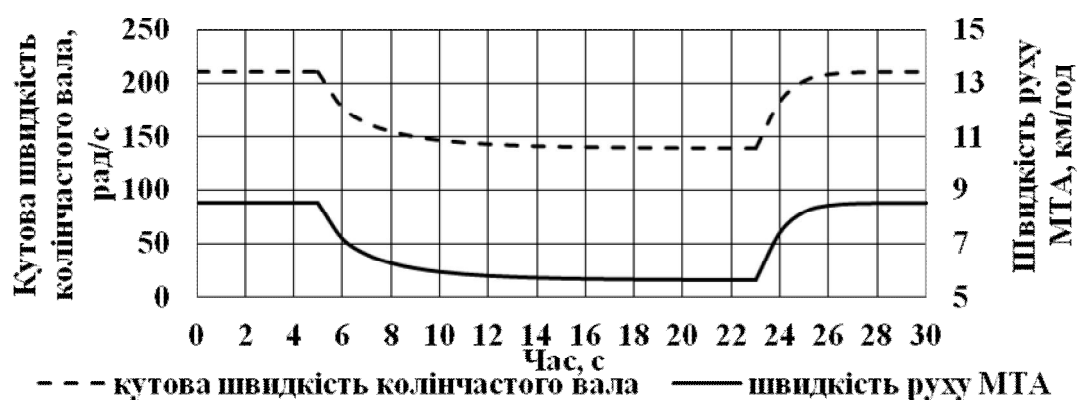


Рис. 2. Динаміка швидкісних характеристик двигуна та МТА при зміні навантаження та подачі палива

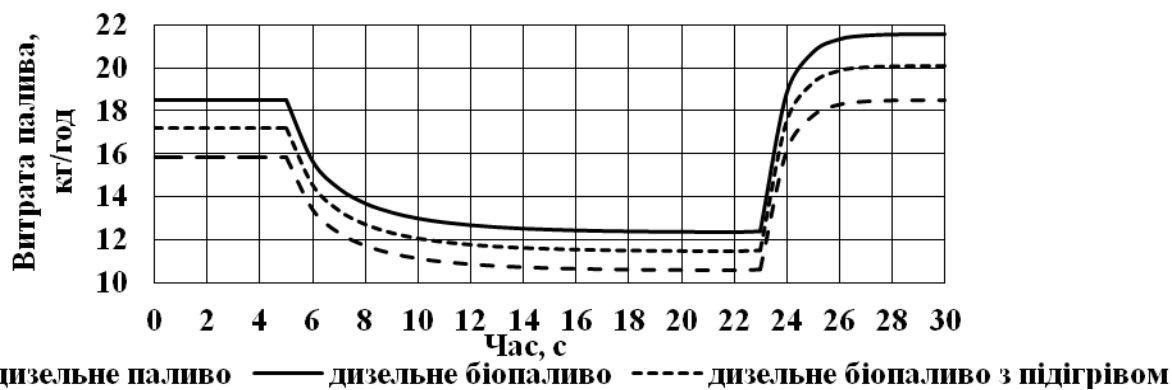


Рис. 3. Динаміка витрати палива при зміні навантаження на різних типах палива

При незмінній швидкості руху МТА і відповідно постійній кутовій швидкості колінчастого вала, із рівняння (4) можна отримати вираз для розрахунку витрат палива:

$$G_{\text{год}} = \frac{3600\omega(C\omega^2 + H + I)}{Q_{\text{НДБП}} k_{\text{ЗМДБП}} (\alpha\omega^2 + \beta\omega + \gamma)(1 - \delta_{\text{б}}) \eta_{\text{ТРВК}} i_{\text{ТРВК}}}; \quad (5)$$

$$g = \frac{3600}{Q_{\text{НДБП}} k_{\text{ЗМДБП}} (\alpha\omega^2 + \beta\omega + \gamma)} 10^6, \quad (6)$$

де $G_{\text{год}}$ – годинна витрата палива, кг/год;

g – питома витрата палива, г/(кВт год).

Наведені рівняння описують взаємозв'язок між властивостями агротехнологічного середовища, конструкційними параметрами робочого агрегату, типом палива та експлуатаційними показниками МТА при рівномірному русі.

Враховуючи необхідність нагріву дизельного біопалива у холодну пору року, виконано уточнення диференційного рівняння нагріву палива у паливному баку, в якому враховано конструктивні параметри паливного бака, температурні умови навколишнього середовища та параметри теплообмінного процесу:

$$(m_{\text{ПБ}} c_{\text{П}} + m_{\text{БК}} c_{\text{БК}}) \frac{dT}{d\tau} = (k_{\text{Т}} F_{\text{Т}} - k_{\text{ТН}} F_{\text{ТН}}) \left(\frac{T_{\text{ОП}} + T_{\text{ОК}}}{2} \right) - (k_{\text{Т}} F_{\text{Т}} + k_{\text{ПН}} F_{\text{ПН}}) T_{\text{ПБ}} + (k_{\text{ТН}} F_{\text{ТН}} + k_{\text{ПН}} F_{\text{ПН}}) T_{\text{НС}}, \quad (7)$$

де $m_{\text{ПБ}}$ – маса палива в баку; кг;

$c_{\text{П}}$ – питома теплоємність палива, Дж/кг °С;

$m_{\text{БК}}$ – маса бака, кг;

$c_{\text{БК}}$ – питома теплоємність матеріалу бака, Дж/кг °С;

$k_{\text{Т}}$ – коефіцієнт теплопередачі через плоску стінку між гріючим середовищем і паливом, Вт/м² °С;

$F_{\text{Т}}$ – площа теплообміну між гріючим середовищем та паливом в баку, м²;

$T_{\text{ОП}}$ – температура охолоджуючої рідини на вході в теплообмінник, °С;

$T_{\text{ОК}}$ – температура охолоджуючої рідини на виході з теплообмінника, °С;

$T_{\text{ПБ}}$ – температура палива в баку, °С;

$k_{\text{ПН}}$ – коефіцієнт теплопередачі через зовнішні стінки бака до навколишнього середовища, Вт/м² °С;

$F_{\text{ПН}}$ – площа зовнішньої поверхні бака, що контактує з навколишнім середовищем, м²;

$T_{\text{НС}}$ – температура навколишнього середовища, °С;

$k_{\text{ТН}}$ – коефіцієнт теплопередачі через зовнішні стінки теплообмінника до навколишнього середовища, Вт/м² °С;

$F_{\text{ТН}}$ – площа зовнішньої поверхні теплообмінника, що контактує з навколишнім середовищем, м².

Розв'язання диференційного рівняння (7) дало змогу отримати рівняння зміни кінцевої температури палива у баку від значень параметрів, які входять у рівняння теплообміну:

$$T_{\text{КПБ}} = \frac{(k_T F_T - k_{\text{ТН}} F_{\text{ТН}}) \left(\frac{T_{\text{оп}} + T_{\text{ок}}}{2} \right) + (k_{\text{ТН}} F_{\text{ТН}} + k_{\text{ПН}} F_{\text{ПН}}) T_{\text{НС}}}{(k_T F_T + k_{\text{ПН}} F_{\text{ПН}})} \times$$

$$\times \left[1 - \exp \left(- \frac{k_T F_T + k_{\text{ПН}} F_{\text{ПН}}}{m_{\text{ПБ}} c_{\text{П}} + m_{\text{БК}} c_{\text{БК}}} \tau \right) \right] + T_{\text{ПБ}} \exp \left(- \frac{k_T F_T + k_{\text{ПН}} F_{\text{ПН}}}{m_{\text{ПБ}} c_{\text{П}} + m_{\text{БК}} c_{\text{БК}}} \tau \right), \quad (8)$$

що дає змогу встановити взаємозв'язок між параметрами теплообмінного процесу, та визначити необхідні затрати часу, на розігрів дизельного біопалива, перед початком роботи МТА.

У третьому розділі «Програма та методика експериментальних досліджень роботи МТА при виконанні польових робіт з використанням дизельного біопалива» викладено програму експериментальних досліджень, описано експериментальну систему двоступеневого підігріву палива для тракторних двигунів (рис. 4), яка була реалізована на тракторі Кий-14102 (рис. 5 та 6).

Визначення кінематичної в'язкості дизельного біопалива, виконувалося згідно з ГОСТ 33-2003, густини – згідно з ГОСТ 3900-85.

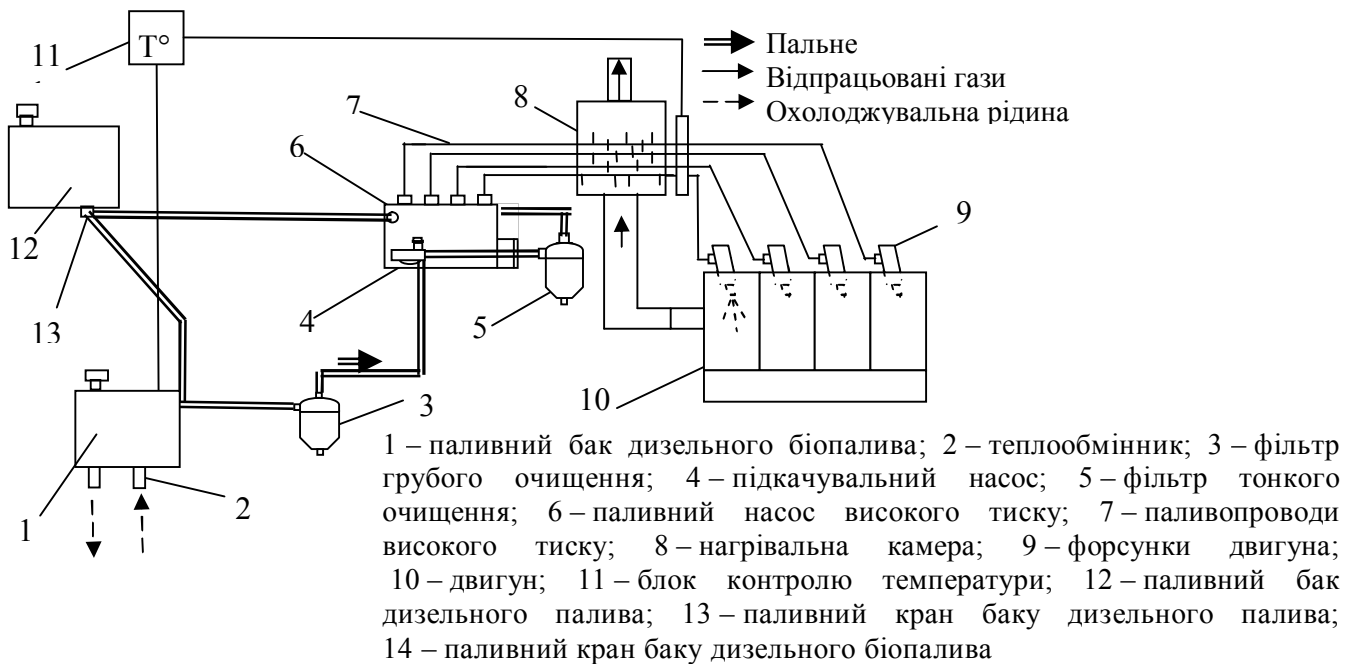


Рис. 4. Схема двоступеневого підігріву дизельного біопалива

Лабораторні дослідження роботи двигуна, при використанні дизельного біопалива, виконували відповідно до ГОСТ 23734-98 та ГОСТ 18509-88, шляхом гальмування двигуна через вал відбору потужності на гальмівному стенді КИ-5543. Одночасно з експлуатаційними характеристиками, за допомогою газоаналізатора 325ФА02 визначали зміну концентрації CO , C_nH_m , NO_x у вихлопних газах. Як критерій оцінювання впливу температури на експлуатаційні показники роботи двигуна вибрано зміну питомої витрати палива.

При проведенні польових випробувань, для визначення впливу тягового опору, вмісту дизельного біопалива у паливній суміші, рівня відкриття перепускного каналу системи підігріву палива на лінії високого тиску на параметри

роботи МТА, реалізовано трифакторний експеримент згідно з планом Бокса-Бенкіна. При проведенні експериментів приймали трикратну повторність дослідів.



Рис. 5. Теплообмінник лінії високого тиску двоступеневої системи підігріву дизельного біопалива



Рис. 6. Загальний вигляд трактора Кий-14102 обладнаного двоступеневою системою підігріву палива

У четвертому розділі «Експериментальні дослідження експлуатаційних параметрів МТА при виконанні польових робіт з використанням дизельного біопалива» проаналізовано дані експериментальних досліджень.

Внаслідок проведених експериментальних досліджень отримано залежності зміни кута розпилення факела дизельного палива та дизельного біопалива у повітря форсункою ФШ 62005 від температури палива (рис. 7).

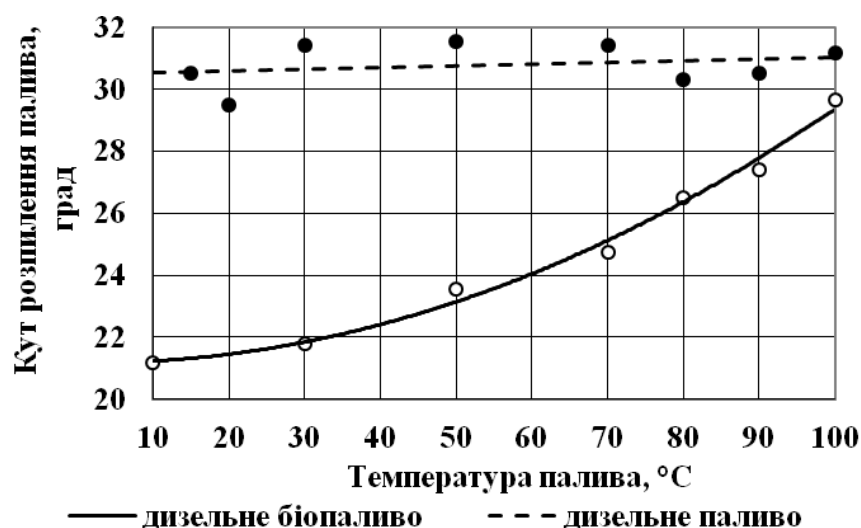


Рис. 7. Зміна кута розпилення факела від температури палива

Проведені експериментальні дослідження свідчать, що кут розпилення форсунки при підвищенні температури палива від 10 до 100 °C збільшився з 21,2° до 29,7°, тобто на 40 %, проте, не досяг кута розпилення дизельного палива, значення якого практично не залежить від температури палива.

Встановлено, що з підвищенням температури від 20 до 95 °C відбувається зменшення кінематичної в'язкості дизельного біопалива, проте досягнення значень

показників кінематичної в'язкості дизельного палива можливе лише за температури дизельного біопалива на 30–40 °С вищій ніж для дизельного палива (рис. 8).

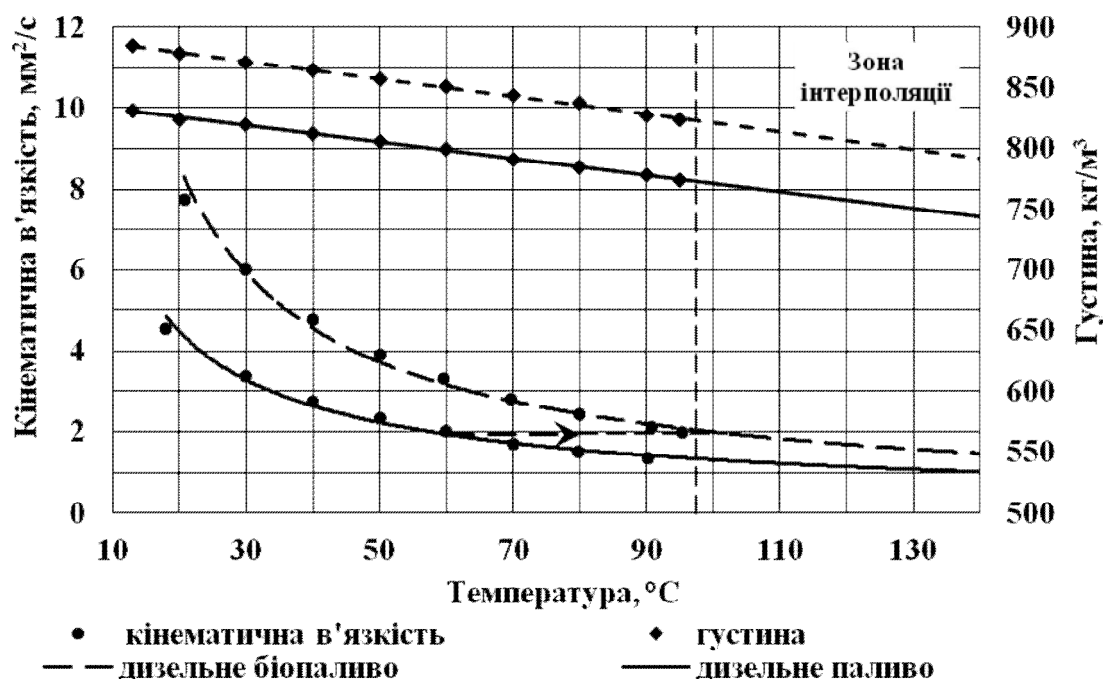


Рис. 8. Вплив температури на кінематичну в'язкість та густину палива

За результатами проведених експериментів отримано залежності питомої витрати палива від його температури перед впорскуванням і величини завантаження двигуна:

$$g_{\Pi} = 973,8 - 5,217T_{\Pi} - 20,268N_{\text{дв}} + 0,021T_{\Pi}^2 + 0,281N_{\text{дв}}^2 + 0,0067T_{\Pi}N_{\text{дв}}, \quad (9)$$

де g_{Π} – питома витрата палива, г/кВт год;

T_{Π} – температура палива перед впорскуванням у циліндр двигуна, °С;

$N_{\text{дв}}$ – потужність завантаження двигуна, кВт.

Зменшення густини палива у наведеному температурному діапазоні відбувається пропорційно росту температури і становить близько 7 %.

Зі збільшенням температури палива та при зміні навантаження двигуна (рис. 9) питома витрата палива змінюється за параболічною функцією, яка має оптимум – мінімальне значення функції відгуку для досліджуваного діапазону температури і потужності перебуває при температурі 117,4°С і навантаженні 33,2 кВт.

Аналіз поверхні відгуку свідчить, що зі збільшенням температури нагріву, питома витрата дизельного біопалива поступово знижується і досягає свого мінімального значення відповідно: 318 г/(кВт год) при завантаженні двигуна 37 кВт; 329 г/(кВт год) при завантаженні двигуна 28 кВт та 386 г/(кВт год) при завантаженні двигуна 19 кВт у температурному діапазоні від 115 до 120 °С. При подальшому збільшенні температури дизельного біопалива відбувається надмірне зменшення діаметра краплин та далекобійності факела розпилення, що спричиняє зменшення турбулентних завихрювань паливно-повітряної суміш, а також утворювання зони з надмірною концентрацією палива та недостатньою кількістю повітря. Як наслідок відбувається зменшення швидкості та повноти згорання дизельного біопалива, що призводить до збільшення його витрати.

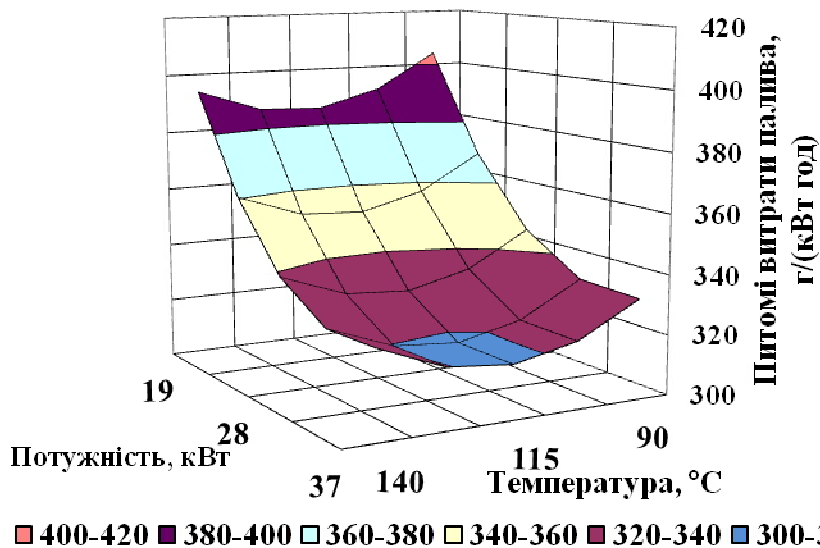


Рис. 9. Залежність питомої витрати дизельного біопалива від температури палива перед впорскуванням та завантаження двигуна

Проведено дослідження екологічних параметрів роботи дизельного двигуна при роботі на різних типах палива та із застосуванням нагріву дизельного біопалива (рис. 10).

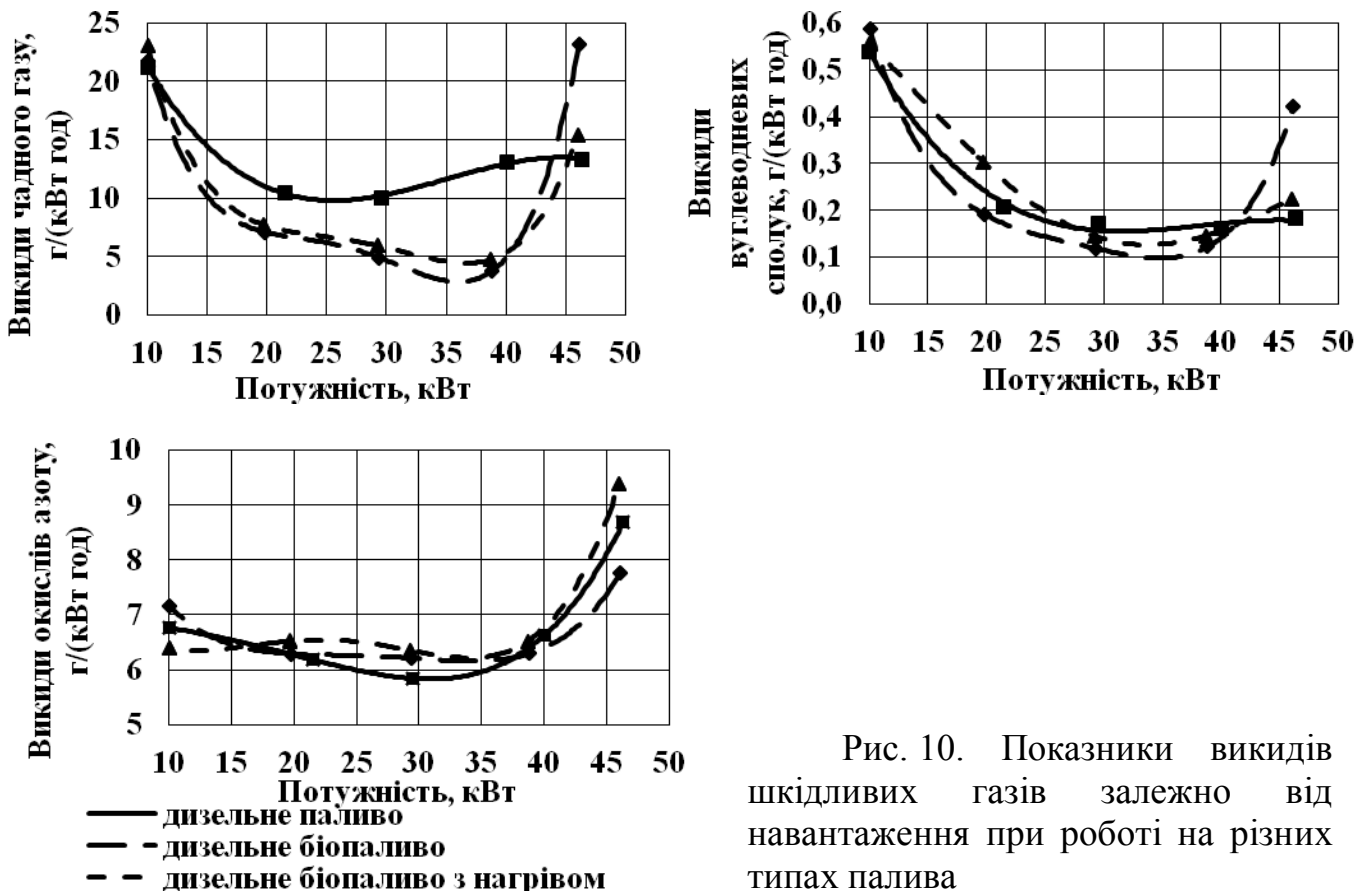


Рис. 10. Показники викидів шкідливих газів залежно від навантаження при роботі на різних типах палива

Як видно з отриманих залежностей, характеристики зміни питомих викидів вуглеводневих сполук та окислів азоту для дизельного палива та дизельного біопалива суттєво не вирізняються між собою, менші показники питомих викидів чадного газу, пояснюються наявністю у молекулі біопалива зв'язаного кисню. Слід зазначити дещо гірші показники питомих викидів двигуна при застосуванні нагріву дизельного біопалива перед впорскуванням до циліндра двигуна, що пояснюється поліпшенням повноти згорання хвостової частина палива, яка складається з

високомолекулярних вуглеводів, що, у свою чергу, призводить до зменшення витрати палива на тлі збільшення кількості шкідливих викидів.

За результатами багатофакторного експерименту із впливу тягового опору, вмісту дизельного біопалива у паливній суміші, рівня відкриття перепускного каналу вихлопних газів системи підігріву палива на лінії високого тиску на температуру палива перед впорскуванням та витрату палива при виконанні технологічної операції оранки, отримано рівняння регресії для визначення годинної витрати палива МТА

$$G = 8,6702 + 0,0745 F_T - 0,0315 K_B \quad (10)$$

та залежність зміни температури палива перед впорскуванням до циліндра двигуна

$$T = 11,0167 + 0,2004 F_T + 4,4458 S - 0,0521 S^2, \quad (11)$$

де F_T – тяговий опір агрегату, %;

K_B – вміст дизельного біопалива у паливній суміші, %;

S – рівень відкриття перепускного каналу системи підігріву палива на лінії високого тиску, %.

Отримана залежність (10) та поверхня відгуку (рис. 11) свідчать про те, що на зміну витрати палива пропорційно впливає тяговий опір робочої машини та вміст дизельного біопалива у паливній суміші.

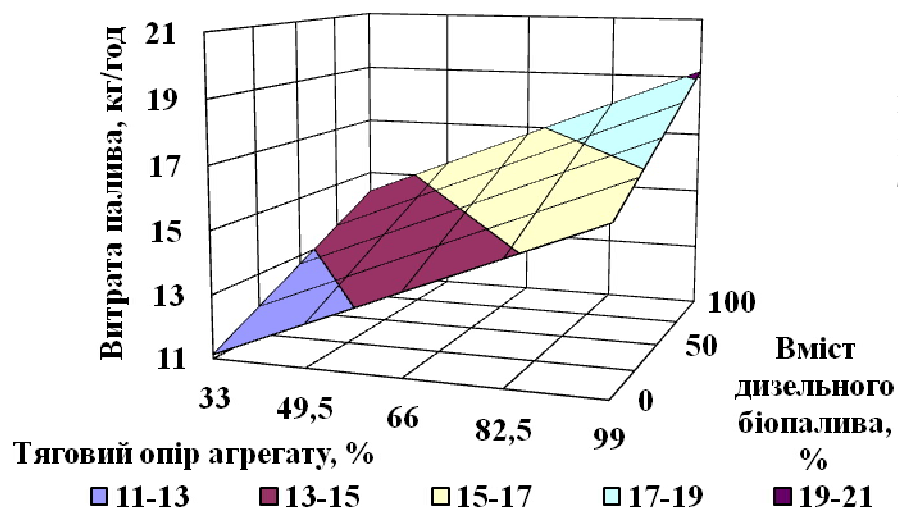


Рис. 11. Залежність годинної витрати палива від тягового опору агрегату та вмісту дизельного біопалива у паливній суміші

Встановлено, що при збільшенні вмісту дизельного біопалива у паливній суміші відбувається збільшення витрати палива, пов'язане із зменшенням загальної теплотворної здатності суміші при збільшенні концентрації дизельного біопалива у ній. При зміні концентрації дизельного біопалива від 0 до 100 % спостерігається збільшення годинної витрати палива на 14,37 %.

Отримана залежність (11) та поверхня відгуку (рис. 12) свідчать про те, що зміна температури палива перед впорскуванням має квадратичну залежність від рівня відкриття перепускного каналу та пропорційну залежність від тягового опору агрегату.

При збільшенні рівня відкриття перепускного каналу вихлопних газів відбувається збільшення об'єму вихлопних газів, що проходять через трубчастий теплообмінник, як результат – відбувається збільшення температури нагріву палива всередині паливних трубок, причому інтенсивність нагріву палива зменшується в

міру збільшення відкриття каналу. Так, збільшення відкриття перепускного каналу з 12,5 до 25 % сприяє збільшенню температури нагріву палива на 52 %. Подальше відкривання перепускного каналу на збільшення величини температури нагріву впливає меншою мірою. Збільшення тягового опору агрегату, за умови незмінності швидкості руху МТА, потребує збільшення циклової подачі палива до циліндрів двигуна, що сприяє збільшенню температури вихлопних газів та температури нагріву дизельного біопалива.

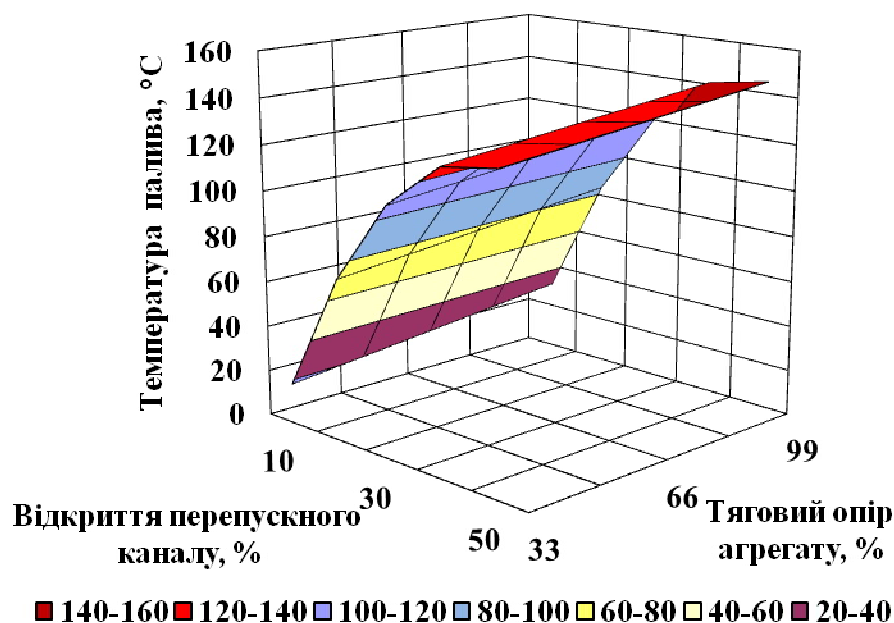


Рис. 12. Залежність температури палива перед впорскуванням до циліндра двигуна від рівня відкриття перепускного каналу та тягового опору агрегату

На рис. 13 наведено результати експериментальних досліджень та дані теоретичного розрахунку впливу тягового опору МТА при виконанні технологічної операції оранки на годинну витрату палива при роботі на дизельному паливі та дизельному біопаливі.

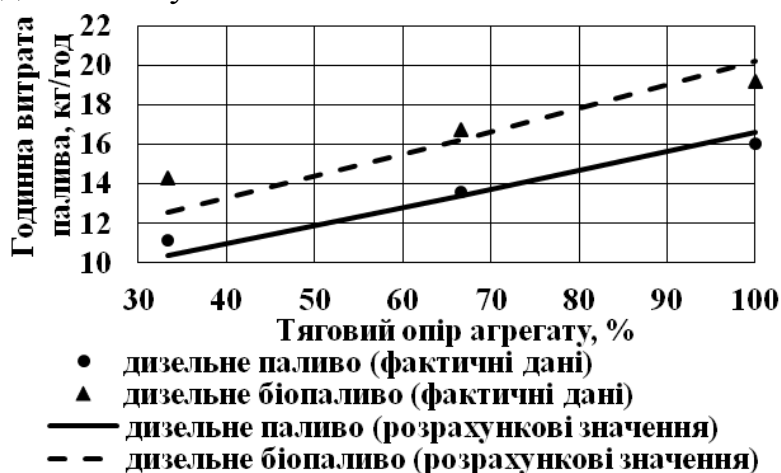


Рис. 13. Залежність годинної витрати палива від тягового опору агрегату при роботі МТА на дизельному паливі та дизельному біопаливі

Індекс детермінації, який характеризує рівень наближення теоретичних та експериментальних даних, при роботі МТА на дизельному паливі становить $\eta^2 = 0,95$, а на дизельному біопаливі — $\eta^2 = 0,92$. Отримані результати дають змогу стверджувати про можливість застосування залежності (5) для виконання теоретичного моделювання параметрів роботи МТА.

На рис. 14 наведено експериментальну та теоретичну залежності нагріву палива у паливному баку. Рівень наближення теоретичних та експериментальних даних оцінений індексом детермінації, який становить $\eta^2 = 0,96$, що свідчить про достатній рівень відповідності отриманих результатів та адекватність удосконаленої математичної моделі теплообмінного процесу нагріву палива у паливному баку. Відхилення теоретичних та експериментальних даних пов'язане з неможливістю повною мірою врахувати процес теплообміну у місцях кріплення бака.

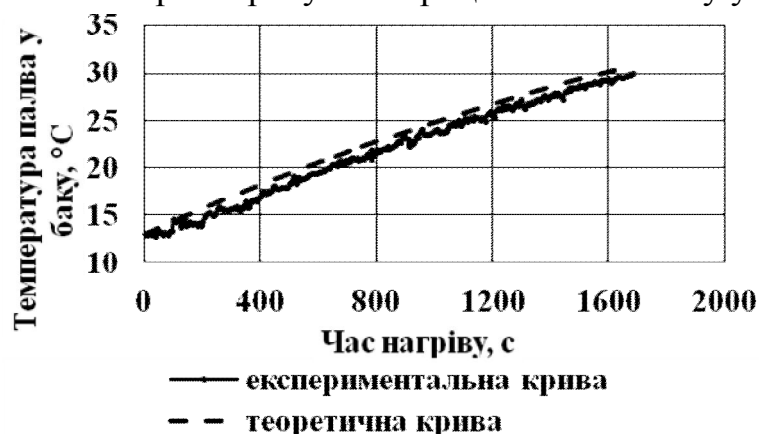


Рис. 14. Динаміка процесу нагріву дизельного біопалива у паливному баку

У п'ятому розділі «Виробнича перевірка, організація використання та економічна ефективність застосування дизельного біопалива» наведено результати виробничих випробувань роботи МТА, обладнаного системою температурної підготовки дизельного біопалива та обчислено економічну ефективність застосування дизельного біопалива з урахуванням зміни експлуатаційних параметрів роботи МТА при використанні дизельного біопалива.

Виробничі випробування роботи МТА, обладнаного системою температурної підготовки дизельного біопалива проводили на базі ВП НУБіП України, «Агрономічна дослідна станція» с. Пшеничне Васильківського району Київської області. Результатами досліджень доведено працездатність обладнання, підтверджено результати теоретичних та експериментальних досліджень. При виконанні технологічних операцій суцільної культивуації та боронування ґрунту МТА на базі трактора ПМЗ-6АКЛ з двигуном Д-65Н, встановлено збільшення витрати дизельного біопалива на 17–18 % без застосування та 9–13 % із застосуванням нагріву дизельного біопалива порівняно із витратою палива при використанні дизельного палива.

Виробничі випробування МТА на базі трактора Кий-14102 з двигуном Д-245 виконували під час осінньо-польових робіт, за температури навколишнього середовища, близької до 0 °C. При застосуванні нагріву палива до оптимального температурного діапазону перед впорскуванням до циліндра двигуна, отримано перевитрату палива при оранці ґрунту на рівні 8,58 %, при дискуваннях на 9,02 % порівняно із дизельним паливом (значення різниці нижчих теплотворних здатностей дизельного палива та дизельного біопалива становило 8,25 %). Загалом під час виробничих випробувань витрачено 1560 літрів дизельного біопалива, економічний ефект від його застосування становив 4146,72 грн/т. Застосування системи двоступеневого підігріву дає змогу збільшити економічну ефективність від застосування дизельного біопалива на 633,6 грн/т. Отримані результати свідчать про

доцільність використання дизельного біопалива та дообладнання МТА двохступеневою системою температурної підготовки палива.

При визначенні економічної ефективності застосування дизельного біопалива враховано збільшення витрати палива, що пов'язано з меншою теплотворною здатністю палива та ефективністю його згорання у циліндрах двигуна, додаткові експлуатаційні витрати дизельного палива пов'язані з необхідністю початкового підігріву палива у паливному баку при низьких температурах навколишнього середовища та зменшення ресурсу моторної оливи. Застосування дизельного біопалива на базі МТА, при нормативному річному завантаженні свідчить, що річна економічна ефективність від переведення одного МТА на дизельне біопаливо становить близько 57 тис. грн/рік; окупність модернізації паливної системи, при капіталовкладеннях до 20 тис. грн не перевищує 1 рік.

ВИСНОВКИ

У дисертації теоретично та експериментально обґрунтовано раціональні експлуатаційні параметри МТА при виконанні польових робіт з використанням дизельного біопалива завдяки застосуванню двоступеневої системи підігріву дизельного біопалива, що дало змогу розширити температурний діапазон використання чистого дизельного біопалива та зменшити його витрату.

1. Встановлено, що температурний діапазон використання чистого дизельного біопалива, при якому можлива робота дизельного двигуна, перебуває за температури, що більша 10 °С. Результати стендових досліджень свідчать, що при використанні дизельного біопалива потужність, яку розвиває двигун майже не змінюється, проте відбувається збільшення годинної витрати палива на величину від 13 до 18 % залежно від завантаження двигуна.

2. Отримано математичну модель, яка характеризує взаємозв'язок між кутовою швидкістю колінчастого вала двигуна, а відповідно і швидкістю руху МТА та його експлуатаційними параметрами, властивостями агротехнологічного середовища та типом палива і дає змогу описати динаміку перехідних процесів роботи МТА. Розроблена модель свідчить, що при збільшенні тягового зусилля на 25 %, при незмінній подачі палива, виникає перехідний режим, який триває 18 с. Упродовж цього часу витрати палива зменшуються на 33 % та відбувається зменшення робочої швидкості руху МТА. Для виходу агрегату на початкову швидкість руху, необхідно збільшувати подачу палива на 75 %, а перехідний режим, упродовж якого МТА розвине початкову швидкість руху триватиме 5 с. Адекватність отриманої моделі оцінено індексом детермінації експериментальних та теоретичних даних зміни витрати палива від тягового опору робочого агрегату при роботі на різних типах палива при рівномірному русі, який при роботі на дизельному паливі становить $\eta^2 = 0,95$, а на дизельному біопаливі – $\eta^2 = 0,92$.

3. Експериментально отримано рівняння регресії, яке пов'язує витрати дизельного біопалива з температурою його нагріву та потужністю МТА. Встановлено, що температурний діапазон нагріву дизельного біопалива перед впорскуванням у циліндр двигуна, який забезпечує зменшення питомої витрати палива на величину до 7 %, перебуває у межах 115–120 °С.

4. Отримане диференційне рівняння нагріву дизельного біопалива у паливному баку, що пов'язує конструктивні параметри паливного бака, температурні умови навколишнього середовища та параметри теплообмінного процесу, рішення якого дало змогу отримати модель, яка пов'язує час нагріву дизельного біопалива та його температуру. Встановлено, що температура, за якої забезпечується фільтрування дизельного біопалива досягається за час роботи двигуна на холостому ході упродовж 25–30 хв. Оцінка адекватності розробленої математичної моделі свідчить, що рівень відхилення отриманих теоретичних та експериментальних даних за індексом детермінації становить $\eta^2 = 0,96$.

5. На основі експериментальних даних отримано рівняння регресії, яке пов'язує температуру нагріву дизельного біопалива перед впорскуванням у циліндр двигуна з тяговим опором агрегату та рівнем відкриття перепускного каналу вихлопних газів системи підігріву палива на лінії високого тиску. Встановлено, що температура підігріву палива має квадратичну залежність від рівня відкриття перепускного каналу та пропорційну залежність від тягового опору агрегату. Так, температура, за якої витрати дизельного біопалива будуть мінімальні, при тяговому опорі агрегату 33 %, потребує відкриття перепускного каналу на рівні 32 %, при збільшенні навантаження до 66 % – на рівні 28 %, а при повному навантаженні – на рівні 25 %, що потребує корегування рівня відкриття перепускного каналу залежно від виду виконуваних МТА польових робіт.

6. Проведені виробничі випробування МТА з використання системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива свідчать, що перевитрата дизельного біопалива при виконанні технологічних операції становить від 9,0 % до 13 %. Економічний ефект у цінах 2014 року від застосування дизельного біопалива складає близько 4147 грн/т, а використання системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива підвищує економічну ефективність його використання на 634 грн/т.

ПРОПОЗИЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

За проведеними дослідженнями та виробничими випробуваннями встановлено доцільність використання дизельного біопалива як палива для МТА при виконанні технологічних операцій сільськогосподарського виробництва з використанням дизельного біопалива. При цьому застосування системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива забезпечує роботу МТА за температури навколишнього середовища, що нижча за 10 °С. Для ефективного використання дизельного біопалива в агропромислових підприємствах розроблено науково-методичні рекомендації з виробництва та використання дизельного біопалива на основі рослинних олій.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях:

1. Вірьовка М. І. Технічні і економічні аспекти виробництва та використання моторного біопалива на основі рослинних олій / М. І. Вірьовка, В. В. Чуба, В. Р. Масло // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий

тематичний науковий збірник / УААН ННЦ «ІМЕСГ». – 2005. – Вип. 89. – С. 201–206. *(Здобувач проаналізував аспекти використання дизельного біопалива).*

2. Трегуб М. І. Температурні та в'язкісні аспекти використання біодизельного пального / М. І. Трегуб, В. В. Чуба, В. Р. Масло // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник / УААН ННЦ «ІМЕСГ». – 2007. – Вип. 91. – С. 169–174. *(Здобувач проаналізував вплив температури на кінематичну в'язкість дизельного біопалива).*

3. Трегуб М. І. Спосіб використання біодизельного пального, виготовленого на основі рослинної олії / М. І. Трегуб, В. В. Чуба // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник / УААН ННЦ «ІМЕСГ». – 2008. – Вип. 92. – С. 312–318. *(Здобувач обґрунтував застосування температурної підготовки дизельного біопалива).*

4. Отримання дизельного біопального на основі рослинної олії / В. П. Заборський, В. В. Чуба, Д. М. Бурдейний, Н. М. Грешнова // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник / НААНУ. ННЦ «ІМЕСГ». – 2010. – Вип. 94. – С. 327–333. *(Здобувач проаналізував фізико-хімічні властивості дизельного біопалива, одержаного з різних олійних культур).*

5. Голуб Г. А. Визначення тягової сили енергозасобів при роботі на дизельному біопаливі / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник / НААНУ. ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – Вип. 98. – Т. 2. – С. 135–145. *(Здобувач обґрунтував схему для визначення тягової сили).*

6. Голуб Г. А. Оцінка витрати пального при застосуванні дизельного біопалива / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник / НААНУ. ННЦ «ІМЕСГ». – 2014. – Вип. 99. – Т. 2. – С. 76–83. *(Здобувач здійснив теоретичні розрахунки зміни витрат дизельного біопалива).*

7. Моделювання процесів виробництва і використання біопалив / Г. А. Голуб, М. І. Вільовка, В. В. Чуба, Н. Г. Кучик // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2010. – Вип. 10. – Т. 7. – С. 253–261. *(Здобувач проаналізував ефективність використання дизельного біопалива).*

8. Чуба В. В. Особливості біопалива на основі рослинних олій / В. В. Чуба // Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вісник Сумського Національного аграрного університету. – 2010. – Вип. 1 (21). – С. 123–126.

9. Голуб Г. А. Особливості установок для виробництва дизельного біопалива / Г. А. Голуб, В. В. Чуба, М. І. Вільовка // Промислова гідравліка і пневматика : Всеукраїнський науково - технічний журнал. – 2011. – № 2 (32). – С. 91–95. *(Здобувач проаналізував властивості дизельного біопалива).*

10. Чуба В. В. Особливості роботи двигуна на дизельному біопаливі / В. В. Чуба // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – 2011. – Вип. 8. – С. 126–132.

11. Голуб Г. А. Напрямки удосконалення виробництва і використання дизельного біопалива / Г. А. Голуб, В. В. Чуба, М. Ю. Павленко // Збірник наукових

праць Вінницького національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 10.– Т. 1 (58). – С. 20–23. *(Здобувач обґрунтував систему температурної підготовки дизельного біопалива).*

12. Математична модель визначення оптимального складу агрегатів у рослинництві / І. І. Мельник, В. І. Сапсай, Г. І. Барабаш, В. М. Зубко, В. В. Чуба // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Кіровоград, 2011. – Вип. 41, Ч.1. – С. 272–278. *(Здобувач проаналізував теоретичні напрацювання з напряду математичного моделювання оптимального складу МТА).*

13. Голуб Г. А. Експлуатаційні параметри МТА при роботі на дизельному біопаливі / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві // Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва Національної академії аграрних наук України. – 2012.– Вип.2 (10). – С. 23–31. *(Здобувач проаналізував виробничі випробування МТА при застосуванні дизельного біопалива).*

14. Чуба В. В. Паливно-екологічні показники використання дизельного біопалива / В. В. Чуба // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2013. – Вип. 185, Ч. 2. – С. 87–97.

15. Голуб Г. А. Математичне моделювання експлуатаційних показників роботи машино-тракторного агрегату на дизельному біопаливі / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 194, Ч. 1. – С. 181–188. *(Здобувач виконав теоретичне моделювання зміни експлуатаційних показників роботи МТА).*

16. Голуб Г. А. Експлуатаційні параметри роботи двигуна при застосуванні дизельного біопалива / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 196, Ч. 1. – С. 23–31. *(Здобувач виконав моделювання зміни експлуатаційних показників роботи двигуна).*

Статті у зарубіжних виданнях:

17. Chuba V. Екологические показатели работы двигателя Д-65Н на дизельном биотопливе / Vyacheslav Chuba, Gennadii Golub // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – Lublin, 2013. – Vol. 15, № 4. – С. 172–179. *(Здобувач дослідив зміну екологічних показників роботи двигуна Д-65Н).*

18. Методика технологической и технико-экономической оценки машинных агрегатов при проведении предпосевной обработки почвы для посева озимой пшеницы / Vladislav Zubko, Victor Onychko, Tetyana Hvorost, Vyacheslav Chuba // MOTROL. Commission of Motorization and Energetic in Agriculture. – Lublin, 2013. – Vol. 15, № 3. – С. 150–156. *(Здобувач проаналізував існуючі дослідження техніко-економічної оцінки МТА).*

19. Golub G. Моделирование эксплуатационных показателей работы МТА на дизельном биотопливе / Gennadii Golub, Vyacheslav Chuba // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, 2014. – Vol. 16, № 3. – С. 66–73. *(Здобувач отримав теоретичні залежності зміни експлуатаційних показників роботи МТА при зміні навантаження та типу палива).*

Патенти:

20. Патент на корисну модель № 21673, F02M 31/02. Спосіб температурної підготовки пального на двигунах / Трегуб М. І., Чуба В. В.; заявник та патентовласник Трегуб М. І., Чуба В. В. № U 200611918; заявл. 13.11.2006; опубл. 15.03.2007, Бюл. № 3. *(Здобувач здійснив патентний пошук та запропонував конструкцію системи температурної підготовки палива).*

Статті у інших виданнях:

21. Заборський В. П. Підвищення ефективності використання біодизельного пального виготовленого на основі рослинної олії / В. П. Заборський, В. В. Чуба // Проблеми технічної експлуатації машин; Системотехніка і технології лісового комплексу. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2010. – Вип. 94 – С. 259–264. *(Здобувач обґрунтував застосування підігріву дизельного біопалива).*

22. Scientific bases of production and use of biofuel in agroecosystems / G. Golub, V. Dubrovin, S. Kukharets, O. Marus, M. Pavlenko, V. Chuba [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 навів схему модернізації паливної системи дизельного двигуна для використання дизельного біопалива).*

23. Вечеря О. М. Отримання та використання дизельного біопалива виготовленого на основі рослинної олії різних культур / О. М. Вечеря, В. В. Чуба, В. М. Зубко // Механізація та автоматизація виробничих процесів. Вісник Сумського Національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 6 (24). – С. 145–150. *(Здобувач проаналізував особливості використання дизельного біопалива).*

Матеріали наукових конференцій:

24. Чуба В. В. Використання дизельного біопалива для робіт машинно-тракторних агрегатів / В. В. Чуба, Г. А. Голуб, В. В. Іванічик // Розвиток аграрної науки в сучасних умовах: збірник тез наукових робіт Міжнародної науково-практичної конференції. – Львів: Львівська аграрна фундація, 2012. – С. 5–10. *(Здобувач проаналізував вплив властивостей дизельного біопалива на зміну показників роботи дизельного двигуна).*

25. Голуб Г. А. Рівняння динаміки машинно-тракторного агрегату при роботі на дизельному біопаливі / Г. А. Голуб, В. В. Чуба // Сучасні проблеми збалансованого природокористування. Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – Кам'янець-Подільський, 2013. – С. 186–190. *(Здобувач уточнив математичну модель динаміки МТА).*

26. Чуба В. В. Дослідження нагрівання дизельного біопалива в паливному баці / В. В Чуба., Г. А. Голуб // Сучасні проблеми збалансованого природокористування. Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. – Кам'янець-Подільський, 2014. – С. 157–160. *(Здобувач уточнив математичну модель нагріву дизельного біопалива у паливному баку, та навів результати виконаних експериментальних та теоретичних досліджень).*

27. 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, Vyacheslav Chuba, Maxim Pavlenko. Romania –Vol.1– 2014. – P.186. *(Здобувач навів особливості використання дизельного біопалива).*

28. Production and use of biodiesel in agroecosystems / [G. Golub, V. Dubrovin, V. Chuba, M. Pavlenko] The 8th International Research and Development Conference of central and Eastern European Institutes of Agricultural Engineering. – 2013. – С. 49–54. *(Здобувач навів схему температурної підготовки дизельного біопалива)*

АНОТАЦІЯ

Чуба В. В. Обґрунтування експлуатаційних параметрів машинно-тракторних агрегатів при виконанні польових робіт з використанням 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 і природокористування України, Київ, 2015.

Дисертація присвячена підвищенню ефективності експлуатації МТА при виконанні технологічних операцій сільськогосподарського виробництва з використанням підігріву дизельного біопалива.

Встановлено залежності зміни експлуатаційних та екологічних характеристик роботи дизельного двигуна МТА при використанні чистого дизельного біопалива.

Отримано теоретичну залежність динаміки МТА, яка характеризує взаємозв'язок між кутовою швидкістю колінчастого вала двигуна, експлуатаційними параметрами МТА й робочої машини, властивостями агротехнологічного середовища та типу палива і дає змогу описати динаміку перехідних процесів роботи МТА.

Обґрунтовано температурні режими нагріву та конструктивно-технологічну схему системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива. Експериментально встановлено вплив температури нагріву дизельного біопалива на його витрату.

Отримано теоретичну залежність нагріву дизельного біопалива у паливному баку, яка пов'язує його конструкційні параметри, температурні умови навколишнього середовища та параметри теплообмінного процесу і дає змогу визначати час нагріву дизельного біопалива залежно від його температури.

Застосування розробленої системи двоступеневого підігріву дизельного біопалива та дотримання обґрунтованого температурного діапазону нагріву

розширює температурний діапазон використання чистого дизельного біопалива та зменшує до 7 % його витрату.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, дизельне біопаливо, витрата палива, тяговий опір, динаміка МТА.

АННОТАЦИЯ

Чуба В. В. Обоснование эксплуатационных параметров машинно-тракторных агрегатов при выполнении полевых работ с использованием 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 повышению эффективности эксплуатации МТА при выполнении технологических операций сельскохозяйственного производства с использованием подогрева дизельного биотоплива.

Недостаток собственных энергоресурсов и постоянный рост цен на них побуждает к поиску альтернативных источников энергии. Одним из главных направлений развития альтернативной энергетики является использование дизельного биотоплива полученного из растительного масла. Особенно это важно для сельского хозяйства, ведь от своевременного обеспечения его ГСМ зависит будущий урожай. За последние 10 лет цены на дизельное топливо выросли более чем в 5 раз. Дизельное биотопливо по своим свойствам подобно дизельному топливу, однако имеет определенные недостатки, а именно: высшую кинематическую вязкость, температуру помутнения и застывания, а также меньшую теплотворную способность. Большинство топливных систем автотракторных двигателей разработаны в расчете на свойства дизельного топлива, а поэтому применение дизельного биотоплива в чистом виде приводит к ухудшению эксплуатационных показателей работы двигателя.

Цель работы заключается в повышении эффективности эксплуатации машинно-тракторных агрегатов при выполнении технологических операций сельскохозяйственного производства с использованием подогрева дизельного биотоплива.

Объект исследования: машинно-тракторный агрегат при выполнении полевых работ с использованием дизельного биотоплива.

Проанализированы физико-механические свойств дизельного биотоплива. Установлено, что температурный диапазон использования чистого дизельного биотоплива, при котором возможна работа дизельного двигателя, находится при температуре превышающей 10 °С. Результаты стендовых исследований показали, что при использовании дизельного биотоплива мощность, которую развивает двигатель почти не меняется, но при этом происходит увеличение часового расхода топлива на величину от 13 до 18 % в зависимости от загрузки двигателя.

Получена математическая модель, отображающая взаимосвязь между угловой скоростью коленчатого вала двигателя, а соответственно и скорости движения МТА,

его эксплуатационными параметрами, свойствами агротехнологической среды та типом топлива и позволяет описать динамику переходных процессов работы МТА. Разработанная модель показала, что при увеличении тягового усилия на 25 %, при неизменной подаче топлива, возникает переходный режим, длящийся 18 с. В течение этого времени расход топлива уменьшается на 33 %, а также происходит уменьшение рабочей скорости движения МТА. Для выхода агрегата на начальную скорость движения, необходимо увеличить подачу топлива на 75 %, переходный режим, в течение которого МТА наберет начальную скорость движения продлится 5 с. Адекватность полученной модели оценена индексом детерминации экспериментальных и теоретических данных изменения расхода топлива от тягового сопротивления рабочей машины. При равномерном движении МТА, индекс детерминации теоретических и экспериментальных данных расхода топлива от изменения тягового сопротивления рабочей машины для дизельного топлива составил $\eta^2 = 0,95$, для дизельного биотоплива $\eta^2 = 0,92$.

Экспериментальным путем получено уравнение регрессии, связывающее расход дизельного биотоплива с температурой его нагрева и мощностью МТА. Определен температурный диапазон нагрева дизельного биотоплива перед впрыском в цилиндр двигателя, обеспечивающий уменьшение удельного расхода топлива на величину до 7 %, данный температурный диапазон находится в пределах 115–120 °С.

Получена теоретическая зависимость нагрева дизельного биотоплива в топливном баке, связывающая конструктивные параметры топливного бака, температурные условия окружающей среды и параметры теплообменного процесса и дает возможность определить время нагрева дизельного биотоплива в зависимости от его температуры. Установлено, что температура, при которой обеспечивается фильтрование дизельного биотоплива достигается в течение 25–30 мин работы двигателя на холостом ходу. Оценка адекватности разработанной математической модели показала, что уровень отклонения полученных теоретических и экспериментальных данных по индексу детерминации составляет $\eta^2 = 0,96$.

На основе экспериментальных данных получено уравнение регрессии, связывающее температуру нагрева дизельного биотоплива перед впрыском в цилиндр двигателя с тяговым сопротивлением агрегата и уровнем открытия перепускного канала выхлопных газов системы подогрева топлива на линии высокого давления. Установлено, что температура подогрева топлива имеет квадратичную зависимость от уровня открытия перепускного канала и пропорциональную зависимость от тягового сопротивления агрегата. Так, температура, при которой расход дизельного биотоплива будет минимальным при тяговом сопротивлении агрегата 33 %, требует открытия перепускного канала на уровне 32 %, при увеличении нагрузки до 66 % – на уровне 28 %, а при полной нагрузке – на уровне 25 %. Это требует корректировки уровня открытия перепускного канала в зависимости от вида выполняемых МТА полевых работ.

Проведенные производственные испытания МТА по использованию системы двухступенчатого подогрева дизельного биотоплива, показали, что перерасход дизельного биотоплива при выполнении технологических операции составляет от 8 до 13 %. Экономический эффект в ценах 2014 года от применения дизельного

биотоплива составляет около 4147 грн/т, использование системы двухступенчатого подогрева повышает экономическую эффективность его использования на 634 грн/т.

Ключевые слова: машинно-тракторный агрегат, дизельное биотопливо, расход топлива, тяговое сопротивление динамика МТА.

ANNOTATION

Chuba V. Justification operating parameters of machine's and tractor's units while performing field work using biodiesel fuel. – Manuscript.

Dissertation on the receipt of scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.05.11 - machines and mechanization of agricultural production. – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, 2015.

Dissertation is dedicated to increasing operational efficiency of MTU exploitation at implementation of manufacturing operations in agricultural production using biodiesel fuel. Dependences of change of operating and ecological descriptions of work of diesel engine of MTU are set at clean biodiesel fuel using.

Theoretical dependence of dynamics of MTU is got. It characterizes the relationship between the angular velocity of the crankshaft the engine operating parameters and operating MTU machines, properties Agro-technological environment and the type of fuel. And gives an opportunity to describe the dynamics of transients of MTU work.

Grounded heating temperatures and constructive-technological scheme of two-stage heating biodiesel. Experimentally effect of heating temperature biodiesel at its expense.

Theoretical dependence of the heating biodiesel in the fuel tank, which connects its structural parameters, temperature and environmental conditions of heat exchange process parameters. It gives an opportunity to determine time of heating of biodiesel depending on its temperature.

Using two-stage developed heating system for biodiesel and compliance with reasonable temperature range extends heating temperature range using pure biodiesel and decreases to 7 % of its consumption.

Keywords: machine-tractor unit, biodiesel fuel, fuel consumption, traction resistance dynamics MTU.

Підписано до друку 24.04.15
Ум. друк. арк. 1,4
Наклад 100 прим.

Формат 60x84\16
Обл.-вид.арк. 1,3
Зам. № 7397

Віддруковано у редакційно-видавничому відділі НУБіП України
вул. Героїв Оборони, 15, Київ, 03041
тел.: 527-81-55