

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра механіки та інженерії агроєкосистем

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ЗРУЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР ОЛЕКСІЙОВИЧ

УДК 620.92

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**Розроблення технологічного регламенту використання
дизельного біопалива в автотракторних двигунах**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ О.О. Заруцький

Керівник роботи
Кухарець С. М.
Доктор технічних наук, професор

Житомир – 2020

АНОТАЦІЯ

Заруцький Олександр Олексійович. Розроблення технологічного регламенту використання дизельного біопалива в автотракторних двигунах. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

Для підвищення ефективності роботи автотракторних двигунів на дизельному паливі необхідно розробити технологічний регламент його використання.

Важливим елементом використання біодизеля є контроль його виготовлення відповідно до розробленого технологічного регламенту.

Проведена виробнича перевірка використання біодизеля в процесі виконанні технологічних сільськогосподарських ґрунтообробних операцій, таких як культивація, прикочування, оранка, дискування.

Аналіз виробничої перевірки дозволяє стверджувати, що дотримання технічного регламенту щодо виробництва, зберігання та організації використання дизельного біопалива – біодизеля сприятиме підвищенню ефективності його використання в автотракторних двигунах.

Ключові слова: дизельний двигун, дизельне біопаливо, зберігання, використання, технологія

ANNOTATION

Zarutsky Olexander. Development of technological regulations for the use of diesel biofuels in tractor engines. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

To increase the efficiency of diesel-powered tractor engines, it is necessary to develop technological regulations for its use.

An important element of the use of biodiesel is the control of its production in accordance with the developed technological regulations.

A production inspection of the use of biodiesel in the process of technological agricultural tillage operations, such as cultivation, rolling, plowing, disking.

The analysis of production inspection allows to state that observance of technical regulations concerning production, storage and the organization of use of diesel biofuel - biodiesel will promote increase of efficiency of its use in autotractor engines.

Key words: diesel engine, diesel biofuel, storage, use, technology

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЯ.....	7
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ	10
РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗБЕРІГАННЯ БІОДИЗЕЛЯ ..	11
2.1. Виробництво біодизеля	11
2.2. Регламент зберігання біодизеля.....	15
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ	15
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА	16
3.1. Виробнича перевірка.....	16
3.2. Технологічний регламент використання біодизеля.....	21
ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ	23
ВИСНОВКИ.....	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	25

ВСТУП

Використання дизельного біопалива чи, як його ще називають біодизеля в сільськогосподарському або аграрному виробництві дозволить знизити викиди вуглекислого газу в атмосферу, а використання біодизеля власного виробництва дозволить забезпечити енергетичну безпеку агровиробництва

Отримане в умовах аграрного виробництва дизельне біопаливо за своїми властивостями має вищу кінематичну в'язкість, температуру помутніння і застигання, меншу теплотворну здатність. Тому застосування біодизеля власного виробництва може погішити експлуатаційні показники роботи двигуна та призводить до зниження ефективності роботи машинно-тракторних агрегатів.

На нашу думку щоб позбутися відчутного впливу погіршення експлуатаційних властивостей автотракторних двигунів необхідно розробити технологічний регламент використання біодизеля.

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження – підвищити рівень ефективності використання дизельного біопалива внаслідок розроблення технологічного регламенту його використання.

Згідно до мети магістерської роботи сформовано наступні задачі:

проаналізувати системи використання біодизеля в тракторних двигунах;

проаналізувати технології виробництва та розробити технологічний регламент виробництва біодизеля;

проаналізувати процес роботи машинно-тракторних агрегатів на біодизелі та розробити технологічний регламент його використання.

Об'єкт дослідження: машинно-тракторний агрегат із трактором на біодизелі

Предмет дослідження: показники роботи машинно-тракторного агрегата на біодизелі.

Методи дослідження: Експериментальні дослідження проведено із застосуванням методів теорії імовірності, математичної статистики.

Практичне значення одержаних результатів. Дослідження направлені на вдосконалення використання біодизеля в тракторних двигунах. На основі проведених досліджень розроблено технологічні регламенти виробництва та використання біодизеля.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота містить вступ, три розділи, висновки, список літератури з 30 джерел. Загальний обсяг роботи становить 28 сторінок комп'ютерного тексту, містить 4 таблиці і 8 рисунків.

РОЗДІЛ 1

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ БІОДИЗЕЛЯ

Використання дизельного біопалива (біодизеля) в аграрному виробництві дозволить знизити викиди вуглекислого газу в атмосферу, а використання біодизельного палива власного виробництва дозволить забезпечити енергетичну безпеку агровиробництва [1, 2].

Отримане в умовах аграрного виробництва дизельне біопаливо близьке за своїми властивостями до класичного дизельного палива, але має вищу кінематичну в'язкість, температуру помутніння і застигання, меншу теплотворну здатність [4, 5]. Тому застосування біодизеля власного виробництва може погішити експлуатаційні показники роботи двигуна [7] та призводить до зниження ефективності роботи машинно-тракторних агрегатів.

Останнім часом багато науковців виконують дослідження впливу дизельного біопалива на показники роботи автотракторних двигунів. Зокрема, в роботі [8] оцінено вплив навантаження двигуна на вміст вихлопу. Також проводяться дослідження впливу біодизеля на потужність, питому витрату палива та димність двигуна [9]. Проведений аналіз наукових досліджень свідчить на те що дизельного біопалива витрачається до 15% більше, за традиційний дизель.

Для ефективної роботи машинно–тракторного агрегату на дизельному біопаливі запропоновано в роботі [10] перспективну систему подвійного підігрівання дизельного біопалива для тракторних двигунів (рис. 1.1).

Система двоступеневого підігріву дизельного біопалива складається із: 1 – баку для дизельного палива; 2 – баку для дизельного біопалива; 3 – теплообмінника; 4 – фільтра грубого очищення; 5 – фільтра тонкого очищення; 6 – паливного насоса високого тиску; 7 – паливопроводів високого тиску; 8 –

нагрівальної камери; 9 – форсунок двигуна; 10 – двигуна; 11 – блоку контролю температури

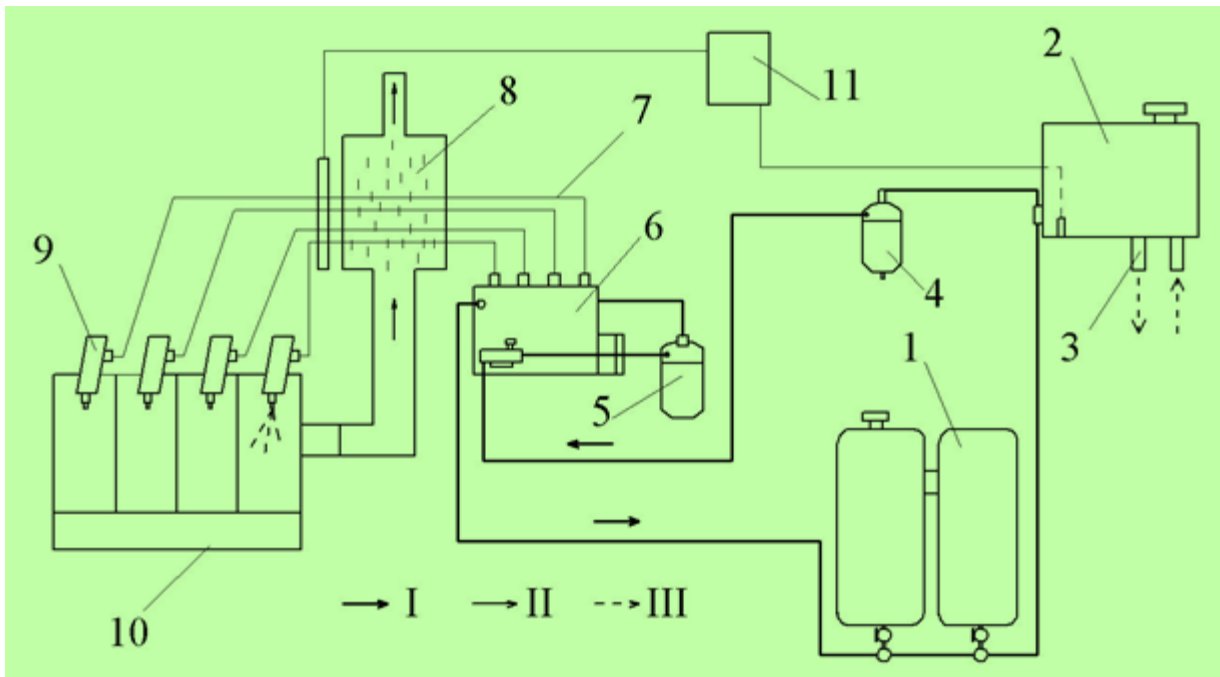


Рис. 1.1. Експериментальна система живлення автотракторного двигуна біодизелем із I – біодизель; II – вихлопні гази; III – охолоджуюча рідина (позначення у тексті) [10]

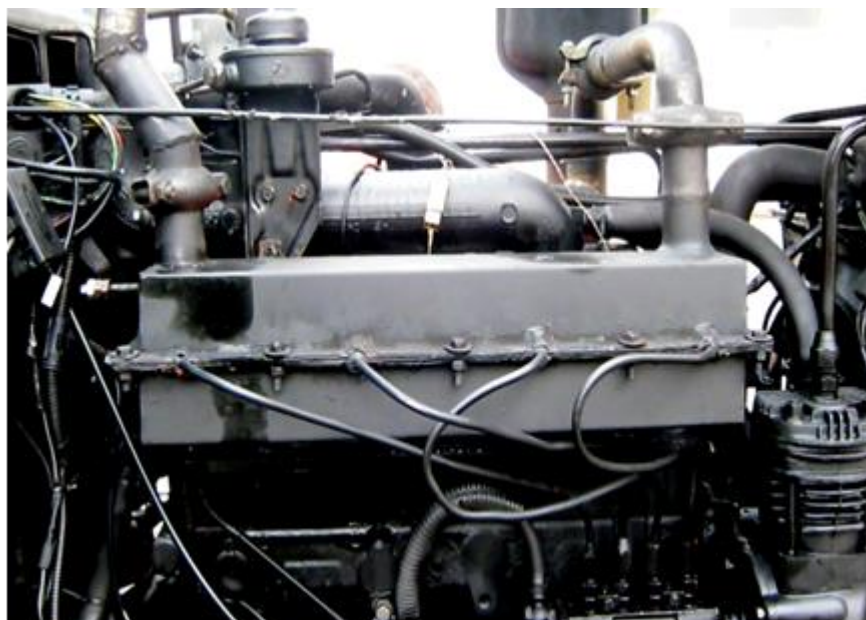


Рис. 1.2. Зовнішній вигляд теплообмінника [10]

Як паливо палива під час дослідної перевірки трактора із такою системою використовувався біодизель вироблений в умовах аграрного виробництва, що описано в роботах [11, 12].

Виробничий дослід використання біодизеля вказує на необхідність дотримання вимог використання та зберігання такого палива, необхідність організації на високому рівні технічного обслуговування техніки, яка використовує біодизель.

При організації процесу використання біодизеля необхідно враховувати здатність палива натягувати вологу та розчиняти бруд і фарбованні покриття. Для цього необхідний відбір проби палива для перевірки його на відповідність стандарту ДСТУ 6081:2009.

Крім того, не рекомендується тривало зберігати біодизель в умовах високих або низьких температур. Гарантійний термін зберігання біодизеля складає не більш шести місяців, при умові зберігання в чистих і сухих резервуарах. В процесі зберігання необхідно здійснювати регулярний контроль на вміст води у паливі. Такий контроль також потрібний для зменшення ризику утворення та розвитку мікроорганізмів, утворення кислот та уникнення корозійного впливу вологи, у тому числі й на елементи паливної апаратури.

Обов'язково необхідно контролювати резервуари на вміст води перед заповненням їх біодизелем. Для уникнення ризику конденсації вологи при зберіганні біодизеля потрібно, що паливні резервуари були максимально заповненні. Паливні резервуари необхідно ретельно сушити і мити заповнення і після повного відкачування біодизеля.

В процесі використанні паливних сумішей дизельного палива та біодизеля необхідно дотримуватися тривалості відстоювати упродовж 24 годин після змішування.

На початку, перед запуском двигуна на біодизелі необхідно звернути увагу на необхідність промити, а при необхідності замінити фільтри грубої і тонкої очистки палива, видалити різноманітні тверді відкладання в паливному обладнанні; переконатися, що гумові елементи на стійкі до дії біодизеля, при необхідності замінити, необхідно встановити необхідний кут випередження подачі палива двигуна.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

На нашу думку для підвищення ефективності роботи експериментальної системи живлення автотракторних двигунів необхідно розробити технологічний регламент використання біодизеля.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ТА ЗБЕРІГАННЯ БІОДИЗЕЛЯ

2.1. Виробництво біодизеля

Біодизель або як його іще називають в науковій літературі - метилові ефіри жирних кислот отримують під час процесу переетерифікації. [13, 14, 15].

Найбільшого розповсюдження набув процес отримання біодизеля із використанням метилового спирту та лужного каталізатора [16, 17, 18, 19], при варіюванні температури емульсії в межах 25...55⁰С. В процесі використовують каталізатори NaOH та KOH від 0,2% до 1,3% за об'ємом всієї емульсії.

Встановлено такі раціональні параметри процесу отримання біодизеля: температура емульсії до 35...40⁰С; співвідношення метилового спирту та олії як 6 до 1; об'ємний вміст каталізатору KOH 1%; потужність або інтенсивність перемішування емульсії 2 Вт/л; час проходження процесу 40 хвилин [20, 21].

В аграрному виробництві отримання біодизеля має такі основні складові (рис. 2.1): відтискання олії, перетворення олії в біодизель, зберігання біодизеля [9, 11]. Причому в процесі зберігання біодизеля відбувається безпечно видалення залишків метилового спирту.

З метою отримання біодизеля (табл .2.1) в умовах аграрного підприємства [21, 22, 23, 24] в реакторі відповідного об'єму необхідно олію перемішати із метиловим спиртом із додаванням каталізатора – калію (можна використати готовий реактив – метилат калію).

Після цього відбувається процес переетерифікації – емульсія розділяється на біодизель та гліцерин. Отриману суміш необхідно відстоювати деякий час із метою осадження гліцерину, потім гліцерин видалається а отриманий біодизель переміщається в спеціальну ємність – на зберігання.

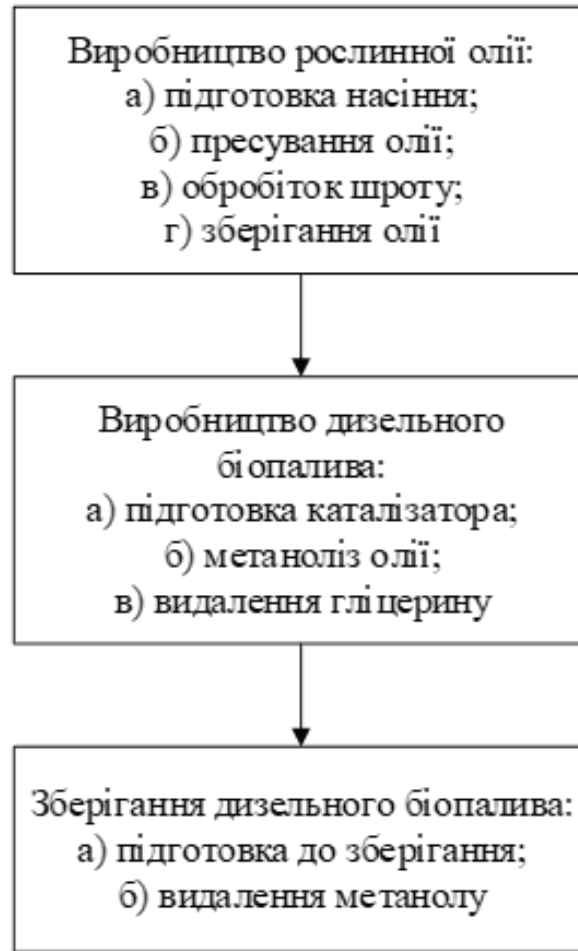


Рис. 2.1. Етапи отримання біодизеля в аграрному виробництві

Обладнання для отримання біодизеля в аграрних умовах функціонує наступним чином [25, 26, 27] (рис. 2.2): в реактор 4 закачується олія та із резервуара 5 подається каталізатор і метиловий спирт або вже готовий метилат калію 5.

За допомогою насоса 7 здійснюється перемішування емульсії в реакторі за рахунок відбору емульсії із нижньої частини реактора 4 та послідовної подачі її до форсунок для створення кругового потоку в реакторі, внаслідок якого і відбувається перемішування із необхідною інтенсивністю [28, 29, 30]. В процесі перемішування емульсії протікає реакція переетерифікації та відбувається розділення емульсії на компоненти – біодизель, гліцерин.

Таблиця 2.1. Показники технології для отримання біодизеля в аграрному виробництві

Показник	Об'єм реактора для переестерифікації м ³					
	0,5	1	2	10	50	65
Обсяг олії, м ³	0,34	0,81	1,65	8,18	40,9	51,6
Норматив для метилового спирту, кг/м ³	144	144	144	144	144	144
Маса метилового спирту, кг	57,3	142	287	1429	7151	9008
Відсток отримання біодизеля, %	99	99	99	99	99	9
Вихід біодизеля, м ³	0,33	0,82	1,63	8,11	40,5	52
Вихід гліцерину, м ³	0,07	0,18	0,37	1,9	9,5	11,9
Температурний режим, °С	19...24	19...24	19...24	19...24	19...24	19...24

Для контролю рівня гліцерину в реакторі є або оглядове віконце або приєднано спеціальну прозору мірну трубку. Після проходження реакції та відстоювання гліцерину за допомогою використання насосу 8 через спеціальний поплавковий дисковий пристрій біодизель відкачується із верхньої частини реактора. Та поступає в спеціальну ємкість 9 для зберігання. До ємкості 9 приєднано уловлювач метилового спирту, для утримання залишкових парів спирту що виділяється в процесі зберігання біодизеля.

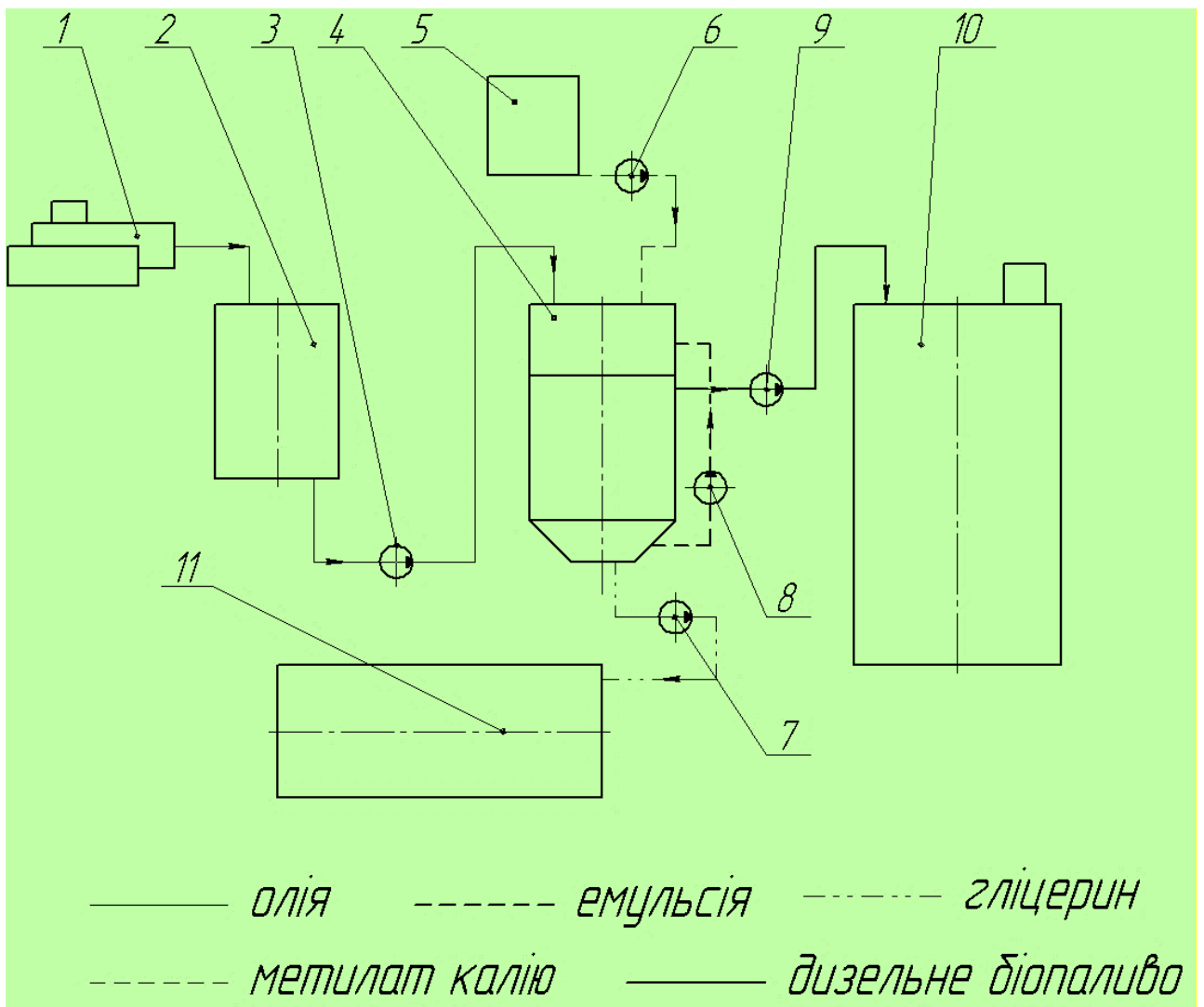


Рис. 2.2. Обладнання для отримання біодизеля в аграрних умовах:

1 – прес для отримання олії; 2 – місткість для олії; 3, 6, 7, 8, 9 – шестеренчасті насоси; 4 – рекатор для отримання біодизеля; 5 – місткість для метилату калію; 10 – місткість для зберігання біодизеля із уловлювачем парів метилового спирту; 11 – місткість для зберігання гліцерину

Представлене обладнання для виробництва біодизеля забезпечує якісне протікання процесу виробництва біопалива в аграрних умовах.

2.2. Регламент зберігання біодизеля

Під час зберігання біодизеля необхідно дотримуватися наступних вимог.

1. Регулярно перевіряти зразки біодизеля на відповідність його до стандарту ДСТУ 6081:2009.
2. Забезпечувати раціональні температурні умови зберігання в межах 12...25°C.
3. Забезпечувати раціональні умови зберігання з огляду вологості – в межах 40-65% відносної вологості та уникаючи зберігання під сонячними променями.
4. Виконувати періодичний контроль вмісту води в біодизелі, з метою уникнення корозійног впливу та утворення небажаних хімічних сполук;
5. Контролювати стан та сухість місткостей перед закачуванням в них біопалива на зберігання;
6. Місткості для біодизеля тримати в максимально можливому заповненому стані, після спорожнення мити та повністю висушувати;
7. Відстоювати мінімум 24 години після переміщення місткостей їх паливом.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

Одним із важливих моментів , щодо використання біодизеля є контроль його виготовлення відповідно до розробленого технологічного регламенту.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РЕГЛАМЕНТУ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА

3.1. Виробнича перевірка

Для виробничої перевірки використовувалося паливо отримане, в результаті вищерозглянутого в розділі 2 технологічного процесу отримання біодизеля. В процесі експериментальної перевірки використовувався біодизель виготовлений із ріпакової олії (табл. 3.1). Перевірка виконувалася на баз СТОВ «Юрківщина», що знаходиться в Новоград-Волинському районі в Житомирській області.

Таблиця 3.1. Параметри біодизеля

№ з/п	Вид палива	Назва показника					
		Густина при 15 ⁰ С, кг/м ³		Кінематична в'язкість при 40 ⁰ С, мм ² /с		Температура спалаху, ⁰ С	
		Отримане значення	Норматив	Отримане значення	Норматив	Отримане значення	Норматив
1	Біодизель	877	870-900	4,4	3,6-5,0	144	120
3	Класичне дизельне паливо	860	-	4,0	-	120	-
Метод дослідження		ГОСТ 3900		ДСТУ ГОСТ 33		ГОСТ 6356	

Таким чином біопаливо, що було використано під час виробничої перевірки відповідало стандарту ДСТУ 6081.

Необхідно відмітити, що такий біодизель в чистому вигляді можна використовувати лише провівши незначні конструкційні зміни двигуна трактора відповідно до того, як це описано в розділі 1 даної роботи. Крім того, при додаванні до 30%, за об'ємом біодизеля, в дизельне паливо – двигун не потребує ніяких конструкційних змін та модернізації.

Виробнича перевірка використання біодизеля із використанням трактора МТЗ-1221 з двигуном Д260.2С (рис. 3.1) при виконанні технологічних сільськогосподарських ґрунтообробних операцій культивуації (рис. 3.2), прикочування, оранки та дискування. Випробування трактора МТЗ-1221 виконувалося в період осінніх польових робіт із навколишньою температурі в межах 6...12°C.



Рис. 3.1. Трактор МТЗ 1221 з додатковим баком для біодизеля



Рис. 3.2. Машинно-тракторний агрегат МТЗ-1221+КПС-5

Було проаналізовано роботу машинно-тракторних агрегатів у складі МТЗ-1221 (табл. 3.2 та 3.3). Проведений й аналіз засвідчив, що під час проведення суцільної культивуації ґрунту відбулася перевитрата палива на 17,5 % в порівнянні із дизельним паливом. При використанні системи підігріву біодизеля до 110°C перед впорскуванням в циліндри перевитрата палива відносно стандартного дизельного палива становила 7,3 %. В процесі проведення прикочування посівів перевитрата становила – без підігріву біодизеля 18,0 %, а із підігрівом до 110°C 12,6 %.

Виробнича перевірка на важких роботах оранці (рис. 3.2) та дискуванні (рис. 3.4) виконувалась лише в режимі підігріву біодизеля до 110°C. Проаналізувавши результати виробничої перевірки ми встановили, що перевитрата біодизеля склала в процесі оранки 8,5%, а в процесі дискування 9,1%.

Таблиця 3.2. Показники виробничої перевірки машинно-тракторного агрегату під час культивуації та прикочування

Склад агрегату та технологічний процес	Тип палива			Перевитрата дизельного біопалива, %
	Дизельне паливо	Показник		
	Витрата палива, кг/га	Температура біодизеля перед впорскуванням в циліндри, °С	Витрата біодизеля, кг/га	
МТЗ-1221+КПС-5, суцільна культивуація	5,0	60	6,1	17,5
		110	5,6	7,3
МТЗ-1221+Котки (4 м), прикочування посівів	1,4	60	1,6	18
		110	1,6	12,6



Рис. 3.3. Машинно-тракторний агрегат МТЗ-1221+ПЛН-5-35



Рис. 3.4. Машинно-тракторний агрегат МТЗ-1221+БДВ-3

Таблиця 3.3. Показники виробничої перевірки машинно-тракторного агрегату під час оранки та дискування

Склад агрегату та технологічний процес	Витрачено біодизеля загалом, л	Питома витрата палива, кг/га		Перевитрата біодизеля, %
		дизель	біодизель	
МТЗ-1221+ПЛН-5-35, оранка	200	15,8	17,2	8,5
МТЗ-1221+БДТ-3, дискування	670	5,7	6,2	9,1

Проведена виробнича перевірка роботи машинно-тракторних агрегатів з використання біодизеля, засвідчила, що існує перевитрата біодизеля в процесі проведення сільськогосподарських ґрунтообробних операцій від 8,5 % до 12,6 %,

причому на важких операціях ця перевитрата нижча. Перевитрата пояснюється нижчою теплотворною здатністю біодизеля, відносно звичайного дизельного палива. Крім того, з огляду на властивості біодизеля, для уникнення збільшення перевитрати, необхідне розроблення та чітке дотримання регламенту виробництва та використання біодизеля.

3.2. Технологічний регламент використання біодизеля

Біодизель є агресивним середовищем для конструкційних матеріалів, тому в регламент використання необхідно ввести наступні пункти:

- біодизель повинен відповідати стандарту України ДСТУ 6081:2009 "Моторне паливо. Ефіри МЖК олій і жирів. ТУ";
- термін використання біодизеля – не більше семи місяців від дати виготовлення;
- місткості в яких зберігається біодизель, необхідно регулярно очищати від мікрофлори, води, бруду та інших відкладень;
- пуск тракторного двигуна, прогрівання та початковий період роботи необхідно виконувати на звичайному дизельному паливі;
- прикінцевий період роботи та період перед вимкненням двигуна необхідно також проводити на звичайному дизельному паливі;;
- уникати потрапляння біодизеля на фарбовані та гумові поверхні та деталі, у разі потрапляння – терміново видалити протягом не більше 2...3 хвилин.
- рекомендований ресурс паливних фільтрів та оливи в 1,5 разів менший встановленого для обраного двигуна;
- рекомендований проміжок між видаленням вологи із фільтрів очищення палива 60 мото-годин;
- при використанні біодизеля уникати спорожнення паливного баку

більше ніж на 50%;

- рекомендується через 100 мотогодин роботи виконувати контрольні відбори палива для оцінки стану біодизеля;

- перед консервацією трактора на тривале зберігання необхідно видалити залишки біодизеля із паливопроводів та паливних баків.

Аналіз виробничої перевірки дозволяє стверджувати, що дотримання технічного регламенту щодо виробництва, зберігання та організації використання дизельного біопалива – біодизеля сприятиме підвищенню ефективності його використання в автотракторних двигунах.

Однією із основних проблем, що була виявлена в процесі виробничої перевірки це його висока гігроскопічність та розчинююча здатність. Ці властивості можуть сприяти погіршенню якості біодизеля. Тому в регламент використання біодизеля необхідно внести додаткові позиції:

- необхідно виконувати періодичний через 100 мотогодин контроль вмісту вологи в паливі;

- необхідне відстоювання не менше 1 доби для палива, що є сумішшю дизельного палива та біодизеля.

Крім того досвід виробничої перевірки дозволив сформулювати вимоги регламенту, щодо операцій перед першим запуском двигуна в експлуатацію чи після тривалого зберігання:

- виконати контроль щодо стійкості гумових елементів до впливу біодизеля, за необхідності замінити;

- виконати регулювання кута випередження впорскування палива відповідно до рекомендацій до відповідного дизельного двигуна.

ВИСНОВОК ДО РОЗДІЛУ

Аналіз виробничої перевірки дозволяє стверджувати, що дотримання технічного регламенту щодо виробництва, зберігання та організації використання дизельного біопалива – біодизеля сприятиме підвищенню ефективності його використання в автотракторних двигунах.

Однією із основних проблем, що була виявлена в процесі виробничої перевірки це його висока гігроскопічність та розчинююча здатність. Ці властивості можуть сприяти погіршенню якості біодизеля.

ВИСНОВКИ

На нашу думку для підвищення ефективності роботи експериментальної системи живлення автотракторних двигунів необхідно розробити технологічний регламент використання біодизеля.

Одним із важливих моментів, щодо використання біодизеля є контроль його виготовлення відповідно до розробленого технологічного регламенту.

Виробнича перевірка використання біодизеля із використанням трактора МТЗ-1221 з двигуном Д260.2С при виконанні технологічних сільськогосподарських ґрунтообробних операцій культивації, прикочування, оранки, дискування.

Аналіз виробничої перевірки дозволяє стверджувати, що дотримання технічного регламенту щодо виробництва, зберігання та організації використання дизельного біопалива – біодизеля сприятиме підвищенню ефективності його використання в автотракторних двигунах.

Однією із основних проблем, що була виявлена в процесі виробничої перевірки це його висока гігроскопічність та розчинююча здатність. Ці властивості можуть сприяти погіршенню якості біодизеля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біопалива : Технології, машини, обладнання / [В. О. Дубровін, М. О. Корчемний, І. П. Масло та ін.]. – К. : ЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. – 256 с.
2. Виробництво та використання дизельного біопалива на основі рослинних олій / [Г. А. Голуб, М. Ю. Павленко, В. В. Чуба, С. М. Кухарець]. – К. : НУБіП України, 2015. – 119 с.
3. Голуб Г. Чуба В. Дослідження нагріву дизельного біопалива перед впорскуванням до циліндрів двигуна. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць. 2015. Вип. 19 (33). – 502 с. – С. 271-275.
4. Голуб Г. Чуба В. Експлуатаційні параметри роботи двигуна при застосуванні дизельного біопалива. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК К.: 2014. Вип. 196, ч. 1. 448 с. С. 23-31.
5. Моделирование эксплуатационных показателей работы МТА на дизельном биотопливе / Г. Голуб, В. Чуба // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. Lublin, 2014. Vol. 16, № 3. -С. 66–73.
6. Анализ процесса получения биодизельного горючего и обоснование основных параметров реактора–разделителя / Г. Голуб, С. Кухарец, О. Осыпчук, В. Кухарец // Motrol. Commission of motorization and energetics in agriculture. – 2015. Vol. 17, № 9. P. 149–155.
7. Vegetable Oils as Fuels in Diesel Engine. Engine Performance and Emissions / A. Corsini, A. Marchegiani, F. Rispoli, F. Sciulli, P. Venturini // Energy Procedia. Vol. 81. 2015, P. 942–949.

8. Семенов В. Г. Аналіз показників роботи дизелів на нафтових і альтернативних паливах рослинного походження. Вісник Національного технічного університету «ХПІ»: Збірка наук. праць. Харків: НТУ «ХПІ». 2002. № 3. С. 177-197
9. Кухарець С.М. Підвищення енергетичної автономності агроєкосистем. Механіко-технологічні основи: монографія. Житомир: ЖНАЕУ, 2016. 192 с.
10. Rationale for the parameters of equipment for production and use of biodiesel in agricultural production / G. Golub, S. Kukharets, V. Chuba [et all] // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. № 2/1 (86). P. 28-33.
11. Виробництво і використання біопалив в агроєкосистемах. Механіко-технологічні основи : монографія / Голуб Г.А., Кухарець С.М., Чуба В.В., Марус О.А. Київ : НУБіП України, 2018. 254 с.
12. Артамонов П. А. Переэтерификация жиров : обзор. – М., 1962. – 71 с.
13. Гринберг Г. Модифицированные жиры. – М., 1973. – 152 с.
14. Загальна хімія : підручник для студ. вищ. навч. закл. / Карнаухов О. І., Копілевич В. А., Мельничук Д. О. та ін. – К. : Фенікс, 2005. – 840 с.
15. Семенов В. Г. Біодизельне паливо: стан і перспективи розвитку. Автошляховик України. – 2007. – № 2. – С. 13–15.
16. Кудря С. О. Термодинамічна ефективність та ресурси рідкого палива. К.: Інститут відновлюваної енергетики, 2006. – 226 с.
17. Gerpen J. Biodiesel processing and production. Fuel Processing Technology. 2005 Vol. 86. P. 1097–1107.
18. Біодизель та біоеталон. Модуль. / [В.А.Дубровін, Г.А.Голуб, В.М.Поліщук, К.М.Сера, О.А.Марус, С.В.Драгнев, М.Ю.Павленко, В.В.Чуба, С.М.Кухарець]. UNIDO, 2015. 54 с.
19. Дубровін В. О. Розробка технологічної схеми лінії виробництва біодизельного палива з рослинних олій «холодного» віджиму / В. О. Дубровін, С.

В. Драгнєв, М. С. Даценко // Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту. – 2007. – Вип. 107, ч. 1. – С. 270–278.

20. Дубровин В. А. Технологии и технические средства производства биодизельного топлива из растительных масел / В. А. Дубровин, С. В. Драгнєв // Аграрна техніка та обладнання. – 2008. – № 1. – С. 67–73.

21. Golub G., Kukharets S., Yarosh Y., Chuba V., Medvedskyi O. Modeling of the Disk Nozzle Parameters in Biodiesel Production. International Journal of Renewable Energy Research, Vol.8, No.4, 2018, pp. 2096-2105.

22. Голуб Г. А. Павленко М. Ю. Випробування гідрореактивного змішувача при виробництві дизельного біопалива / Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : зб. наук. пр. / ДНУ УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. Дослідницьке, 2014. – Вип. 18, кн. 2. С. 350–355.

23. Голуб Г. А. Павленко М. Ю. Кінетика процесу відстоювання олійної маси / Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК. 2012. Вип 170, ч. 1. С. 16–21.

24. Голуб Г. А. Павленко М. Ю. Вплив параметрів естерифікації ріпакової олії на якість дизельного біопалива. Зб. наук. пр. ПДАТУ 2013. Спец. вип.: Сучасні проблеми збалансовано природокористування. С. 193–198.

25. Пат. 116032 Україна, МПК С10L 1/00, С10L 1/08, С11С 3/04, В01J 14/00. Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г. А., Павленко М. Ю., Кухарець С. М., Осипчук О. Ю. Чуба В. В.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № а201602328; заявл. 11.03.2016; опубл. 25.01.2018; Бюл. №2.

26. Пат. 119306 Україна, МПК (2006) С10L 1/00, С10L 1/08 (2006.01), С11С 3/04 (2006.01), В01J 14/00 Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г. А., Ярош Я.Д., Кухарець С. М., Чуба В. В.; заявник та

патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № а201807834; заявл. 13.07.2018; опубл. 27.05.2019; Бюл. №10.

27. Пат. 133384 Україна, МПК (2006) C10L 1/00, C11C 3/04 (2006.01), B01J 14/00 Обладнання для виробництва дизельного біопалива / Голуб Г. А., Ярош Я.Д., Кухарець С. М., Чуба В. В.; заявник та патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № u201807833; заявл. 13.07.2018; опубл. 10.04.2019; Бюл. №7.

28. Ярош Я. Д. Встановлення раціональних параметрів змішувача із дисковою форсункою для отримання дизельного біопалива. Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. 2017. Вип. 36. С. 194–203.

29. Yarosh Y., Kukharets S., Tsyvenkova N. The determination of parameter of a reactor-mixer with a disk injector. Відновлювана енергетика. 2018. № 2 (53). С. 78–87.

30. Modeling of the Disk Nozzle Parameters in Biodiesel Production / Golub G., Kukharets S., Yarosh Y., Chuba V., Medvedskyi O. International Journal of Renewable Energy Research. 2018. Vol. 8, No. 4. P. 2096–2105.