

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка
до дипломної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
« магістр »
бакалавр, магістр

на тему: «Дослідження фізико-хімічних властивостей метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої»

Виконав: здобувач вищої освіти за освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП
спеціальності 208 Агроінженерія
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр» групи
Ухань М.В.
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Харак Р.М.
Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: _____
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (33 найм.) і 5 додатків. Загальний обсяг роботи складає 95 сторінок. Основна частина викладена на 89 сторінках тексту і містить 19 рисунків і 19 таблиць.

Метою експериментальних досліджень є визначення ефективності використання метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- 1) визначення густини дизельного палива і метилового ефіру жирних кислот з олії ріпаку і сої;
- 2) визначення фракційного складу дизельного палива і метилового ефіру жирних кислот з олії ріпаку і сої;
- 3) визначення цетанового числа дизельного палива і метилового ефіру жирних кислот з олії ріпаку і сої;
- 4) визначення теплоти згоряння дизельного палива і метилового ефіру жирних кислот з олії ріпаку і сої;
- 5) визначення собівартості виробництва дизельного палива і метилового ефіру жирних кислот з олії ріпаку і сої.

Об'єкт досліджень: дизельне паливо і метилові ефіри ріпакової і соєвої олії.

Предмет досліджень: ефективності використання дизельного палива і метилових ефірів ріпакової і соєвої олії.

Методи досліджень. Робота базується на експериментальних методах дослідження з використанням традиційних і спеціальних приладів і устаткування.

Наукова новизна роботи: виконане порівняльне дослідження метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої.

Практична цінність роботи: визначені техніко-економічні показники біодизельного палива.

Ключові слова: ДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, МЕТИЛОВИЙ ЕФІР, СУМІШ, ГУСТИНА, РІПАК, СОЯ, ОБЛАДНАННЯ, САМОЗАГОРЯННЯ, ЦЕТАНОВЕ ЧИСЛО, ФРАКЦІЙНИЙ СКЛАД.

ВСТУП

Найближчим часом до 10% світового попиту на дизельне паливо буде задоволено рослинним рідким паливом. Метиллові ефіри використовуються як чисте паливо в Німеччині, Австрії і на 30, 20 і 5% - без домішок до дизельного палива у Франції, Швеції, США, Чехії та інших країнах. У той же час в США буде вироблятися близько 20 мільйонів тонн рідкого палива на рік. Виробництво рідкого біопалива відбувається в єдиному технологічному процесі з насіння енергоємних рослин або в дві стадії переробки: насіння – в олію та олію – в біопаливо. Технологія виробництва дизельного палива з ріпакової олії заснована на фізико-хімічній переробці відфільтрованого масла в метиловий ефір. Під впливом каталізатора олію переетерифікують метанолом у метиловий ефір, вивільняючи гліцерин. Вихідні компоненти практично не змішуються, тому після реакції відбувається гравітаційний розподіл суміші в два шари. Технологія безпосередньої переробки олійного насіння на біопаливо реалізована (як приклад) на розробці біодизельного заводу FARMET (Чехія) річною потужністю 1000-1500 тонн палива за 250 днів, який розділений на два окремих виробничі потужності: пресування олійного насіння та фільтрація олії та переетерифікація ріпакової олії метанолом. Встановлене споживання електроенергії установкою переетерифікації – 95 кВт, загальне річне споживання електроенергії – 150 (225) МВт·год.

Вплив на навколишнє середовище. Основними перевагами біодизеля перед дизельним паливом на основі нафти є [22]:

- швидке біологічне розщеплення - через 21 добу на 98% (дизель - на 72,0%);
- позитивне ставлення до розвитку «парникового ефекту», який є результатом відновлюваності сировини – ріпаку;
- Сприятливий склад вихлопних газів (зазвичай половина вмісту диму, на 20% нижчий вміст твердих речовин, 7,2% CO, 1,9% CH).

Енергетичні властивості рідкого біопалива відрізняються від звичайного наступним чином:

- температура горіння приблизно на 12% нижча;
- вміст кисню дає змогу зменшити подачу повітря на 13 % або, при тому ж подачі повітря, коефіцієнт надлишку повітря збільшується в 1,16 рази;
- зниження енергетичних параметрів під час робочого навантаження двигуна становить 4-5%;
- витрати вищі на 5-8%;
- Більшість тракторів можна експлуатувати на біодизелі без обробки.

Експлуатаційні характеристики рідкого біопалива також мають свої особливості. Повністю змішується з дизельним паливом. Ускладнений запуск двигуна відбувається при температурі нижче +5 °С. Рентабельність біопалива в нашій країні вимагає всебічного врахування всіх прямих і побічних продуктів при їх виробництві. Річний обсяг виробництва ріпаку в Україні становить близько 300 тис. тонн. Таку кількість насіння можна розглядати як потенційну сировину для початку виробництва близько 100 тис. тонн біопалива.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Ріпак як сировини для виробництва біодизельного палива

Ріпак – традиційна культура України. Це одне з найстаріших і провідних олійних культур. Однак дослідники поки не прийшли до єдиної думки щодо батьківщини ріпаку: одні вважають її північно-західним узбережжям Європи, інші – Середземномор'ям.

Про це відомо з достовірних джерел ще в 17 столітті. Ріпак мав велике господарське значення в Європі в середині 19 століття. Була дуже поширеною олійною рослиною. Тільки в Німеччині на той час площа нижче цього становила 300 тис. га. Відносно велике розповсюдження ріпаку в Європі було зумовлено технічне використання ріпакової олії через швидко зростаючий попит на технічні олії. Молода нафтова промисловість ще не в змозі задовольнити цей попит за допомогою достатньої кількості викопних масел.

З Німеччини ріпак, очевидно, потрапив у Західну Україну через Польщу, де також займав досить велику площу. З часом ця культура поширилася по всій Україні. До 1910 р. лише частина України, що належала до Російської імперії, засіяла 30 ... 40 тис. га ріпаку. Цей завод був одним із основних постачальників олії, оскільки соняшник тоді займав менші території України.

Основні площі товарного виробництва ріпаку наприкінці 30-х років минулого століття сформувалися в регіонах Західної України, Полісся та Лісостепу, де вони сягали 120... 130 тис. га. У посівах переважав озимий ріпак. Згодом виробництво ріпаку почало знижуватися і було майже обмежено наприкінці 1950-х років. У деяких господарствах цю культуру отримували в критичні періоди ранньої весни та пізньої осені як джерело для поповнення кормового балансу зеленою речовиною.

В основному це пов'язано з відомими успіхами у селекції та виробництві соняшнику, коли з'явилися стійкі до хвороб високопродуктивні сорти з олійністю 48...52%. Соняшник фактично витіснив канолу з продуктового ринку, а зростання виробництва олії витіснив її з технічної сфери. Використан-

ня ріпаку як корму та корму з високим вмістом білка також обмежується наявністю ерукової кислоти та глюкозинолатів в олії та насінні маку. Внаслідок цього посівні площі ріпаку в Україні неухильно зменшувалися і на початку 1970-х років (1970... 1973 рр.) становили лише 2,5...3,0 тис. га.

В інших країнах інтерес до ріпаку дещо знизився, але там, де ріпак залишався основною олійною культурою, почалася наполеглива робота над підвищенням урожайності та технології шляхом створення безрукавних сортів із низьким вмістом глюкозинолатів. Застосування новітніх наукових досліджень, особливо в генній інженерії та регуляції біохімічних процесів у рослинах, допомогло створити сучасні високоврожайні сорти ріпаку з чудовими біохімічними показниками, дало новий поштовх до впровадження цієї культури в сільськогосподарське виробництво.

Ріпак є надзвичайно цінною олійною і водночас кормовою культурою. При переробці із 100 кг насіння отримують до 41 кг олії і 57 кг макухи. Один гектар цього врожаю (при врожайності 30 ц/га) дає 1,0... 1,3 т олії та 1,6... 1,8 т борошна, що містить близько 40% збалансованого амінокислотного білка.

За вмістом незамінних амінокислот шрот з ріпаку перевершує шрот соняшникового: лізин – на 33%, цистин – у 2,1 раза. Одна тонна ріпакового шроту або шроту дозволяє збалансувати білок 8-10 тонн корму, підвищуючи при цьому рівень перетравного білка в 1 одиницю. від 80 до 110 гр

Дотепер використання ріпакової олії в харчуванні людини та ріпакового шроту (борошна) у годівлі сільськогосподарських тварин ускладнювалося наявністю в насінні ріпаку забруднюючих речовин – ерукової кислоти та глюкозинолатів, характерних для більшості дикорослих форм хрестоцвітних. Старі сорти олії з насіння мали високий вміст ерукової кислоти (іноді до 50%). Ця олія негативно впливає на живий організм. З 1979 року харчову олію виготовляють лише з ріпакових сортів, які містять не більше 5% ерукової кислоти від загальної кількості жирних кислот. У більшості європейських країн це значення знижено до 2% [1].

Ріпак містить органічні сполуки сірки — тіоглюкозиди або глюкозино-

лати. Під час їх ферментативного гідролізу в організмі тварин утворюються шкідливі (отруйні) речовини — ізотіоціанати, оксазолідондіон, нітрити — які викликають функціонально-морфологічні зміни в організмі, що призводить до зниження продуктивності тварин. З цієї причини було обмежено використання багатого білком ріпакового шроту або шроту в корм ВРХ.

Дослідження показали, що верхня межа вмісту глюкозинолатів в ріпаку, які придатні для безпечної годівлі великої рогатої худоби, свиней і птиці, становить не більше 30 мкмоль/г або 0,4...1,0%. У зв'язку з цим постійно проводиться селекційна робота з метою одержання сортів ріпаку з низьким вмістом цукру та глюкозиноляту, так званого ріпаку з двома нульовими (00).

В Україні цим вимогам відповідають сорти ярого та озимого ріпаку, що виробляються в Івано-Франківському інституті АПВ УААН: Тисменицький, Іванна, Света, Аріон, Микитинецький. Вони внесені до державного реєстру сортів рослин, придатних для продажу в Україні.

При переробці ріпаку за безвідходною технологією крім олії та макухи (шроту) отримують ряд цінних продуктів. Зокрема, при очищенні олії залишаються фосфати, які використовуються для виробництва харчових і кормових фосфатидних концентратів; Мильна маса для використання в миловарні та у виробництві жирних кислот; Відходи дезодорації та відпрацьований адсорбент - використовуються для виготовлення миючих засобів. Рапсова олія використовується у виробництві лаків, фарб, металургійної та інших галузей промисловості, вона є незамінною основою для виробництва пестицидів, пластмас, які легко розкладаються в навколишньому середовищі.

Дуже важливою передумовою зростання виробництва ріпаку є зростання попиту на продукти харчування, особливо на олії, які з медико-біологічних міркувань набагато корисніші та безпечніші для організму людини, ніж тваринні жири. За останні 25 років споживання рослинних жирів на душу населення в промислово розвинених країнах подвоїлося до 22 кг на рік.

Більше того, в країнах ЄС олії споживається 41 кг на людину, а середній у світі – 15,7 кг.

На жаль, споживання олії на душу населення в Україні не виправдано скоротилося і становило 8,6 кг на душу населення в 1996 році проти 11,6 кг у 1990 році. У 2005-2006 роках воно було в межах 16 кг.

Збільшення попиту на олію сприяло збільшенню посівних площ. За даними ФАО, світове виробництво олійних культур у 1995 році досягло 227,5 млн. тонн і зросло в 1,5 рази порівняно з 1980 роком. Проте потреби ринку ще далеко не повністю задоволені. З огляду на зростання попиту на олію для виробництва біодизельного палива в останні роки, посівні площі та валовий збір ріпаку мають тенденцію до збільшення у всьому світі. За період з 2003 по 2006 рік площі збору ріпаку в усьому світі зросли на 2,8 млн. га (11,2%), урожайність – на 1,6 ц/га, валовий збір – на 855 млн. тонн (на 23%). За часткою у світовому виробництві олійних насіння ріпак посів третє місце після сої та пальмової олії, випередивши соняшник. Частка соняшнику ледве досягає 9,5% проти 12,5% для ріпаку.

Більше двох третин світового виробництва ріпаку (77%) зосереджено в Індії, Китаї та Канаді. Зараз його врожаї тут сягають 3,3...3,5 млн. га, середня врожайність насіння — 2,65 т/га. З цією культурою вищезазначені країни займають від 8 до 10% ріллі. Німеччина також має найсучаснішу інфраструктуру ріпаку. Відома компанія Lembke має світові пріоритети у селекції ріпаку. Її сорти займають близько 50% площі в ЄС. Ріпак вирощують на великих площах у Великобританії, Польщі, Франції (490...670.000 га), а також у Данії, Швеції, Фінляндії (від 190 до 70 тис. га), тобто 2,5...6,5% наявної орної землі.

Новий етап у розвитку ріпаку як промислової олійної культури в Україні почався майже знову 15...17 років тому. Виведення нових високоякісних сортів та розвиток інтенсивних технологій вирощування розкрили їхній широкий потенціал.

Впровадженню інтенсивних технологій у виробництво сприяло створення наукової бази безнасінних та малоглюкозинолатних сортів, налагодження елітного насінництва, систем захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб.

Найпереконливішими аргументами для розширення посівних площ цієї культури є неухильно зростаючий попит на неї як на сировину для харчових і технічних олій (у раннє повернення (липень-серпень). На відміну від соняшнику, ріпак є хорошим попередником для зернові.

У зв'язку зі змінами в аграрному секторі нашої країни скоротилося поголів'я великої рогатої худоби, значно зменшилися площі посівів кормових культур, які були найкращими попередниками озимої пшениці. Олійний ріпак – одна із культур, яка стала сівозміною замість кормових культур, що вирішує питання про попередника під озимі культури.

Програмою розвитку вирощування ріпаку в Україні на 2005-2010 роки, затвердженою Мінсільгоспом, передбачено розширення посівних площ ріпаку в 2010 році до 3 млн. га. На перший погляд, це не так вже й багато – всього 10% від загальної посівної площі, і було б непогано, щоб під ріпак були такі обсяги.

Проте через низку природно-кліматичних та інших обмежувальних факторів можливості вирощування ріпаку в Україні обмежені. Особливо це стосується кліматичних факторів.

Нині програмою розвитку виробництва ріпаку в Україні передбачено значне збільшення посівних площ під озимий та літній ріпак на 2005-2010 роки (табл. 1.1).

До реалізації програми залучені провідні наукові установи, науково-виробничі об'єднання.

За останні роки значно зросли посівні площі під озимий ріпак у Вінницькій, Київській, Кіровоградській, Миколаївській, Одеській, Рівненській, Тернопільській, Хмельницькій та Черкаській областях, а також у Вінницькій, Сумській, Харківській, Хмельницькій, Черкаській та Черкаській областях. Чернівецькій області.

Таблиця 1.1 – Посівна площа озимого та ярого ріпаку в Україні [2]

Рік	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Площа, тис. га	157	109	70	58	107	197	420	1200	1800	2600	3000

Валовий збір, тис. т	130	135	61	57	149	284	672	2174	3600	6600	7500
-------------------------	-----	-----	----	----	-----	-----	-----	------	------	------	------

Аналіз динаміки врожайності ріпаку показує, що її рівень значно коливається і протягом багатьох років і в регіонах України і все ще знаходиться на низькому рівні, так як менше, ніж третину генетичного потенціалу сортів ріпаку було досягнуто.

У 2006 році врожайність озимого і ярого ріпаку в господарствах всіх категорій збільшилася незначно і, зокрема, взимку в Поліссі досягла 1,98 т / га, а навесні в лісостеповій зоні - 1,12 т / га.

Виробництво ріпаку в Україні стимулює заходи по підвищенню рівня інтенсифікації цієї галузі, перехід до інноваційних технологій виробництва і на цій основі приймати відповідне місце на ринку олійних культур в Європі.

1.2 Соя як сировини для виробництва біодизельного палива

Соя є провідною, найбільш поширеною і прибутковою білково-олійною культурою у світовому сільському господарстві. Він відіграє важливу роль у структурі посівів, зернових, кормових та продовольчих балансів, а за темпами зростання посівів та обсягами виробництва не має собі рівних. У цій культурі, здається, зосереджені найцінніші риси рослинного світу.

На планеті Земля сою вирощують у великій сільськогосподарській зоні, де достатньо тепла, вологи та світла, для чого виділяються найродючіші ґрунти. У вищезазначених умовах в арсеналі світових рослинних ресурсів соя перевершує інші культури за здатністю синтезувати протягом вегетаційного періоду значно більшу кількість найцінніших органічних речовин - білка і жиру.

Швидкий розвиток сої пояснюється величезним попитом на сою та соєві продукти. Найбільш широко використовується соєвий білок – як висококонцентрований, функціонально активний, збалансований за амінокислотним складом, здатний революціонізувати білкові харчові та кормові ресурси. Соева олія – це рослинний, чистий, дуже корисний, високозасвоюваний концент-

рований енергетичний продукт, що на 99,7% складається з якісного жиру, найпоширенішого серед жирів, які використовуються населенням світу.

Соеві боби використовувалися як важливий харчовий інгредієнт у Китаї протягом 5000 років. Воно спричинило справді революційну революцію в агропромисловому комплексі США, де його почали промислово вирощувати лише на початку XX століття, а сьогодні вирощується половина світової сої, яка широко використовується в біопаливній промисловості. Його виробництво зростає в Бразилії, Канаді, Італії та інших країнах, а Японія, Німеччина, Франція, Нідерланди та багато інших імпортують його у великих кількостях.

Соя користується заслуженою популярністю серед фермерів і фахівців сільського господарства багатьох країн як найбільш прибуткова культура, відіграє важливу роль у зміцненні економіки та підвищенні рівня життя людей. У неї велике майбутнє і в Україні. Це може суттєво покращити не лише продовольче забезпечення населення України, а й відігравати важливу роль у розвитку ринку біопалива, оскільки в багатьох регіонах України існують сприятливі умови для збільшення його виробництва.

Насіння сої містить 38...42% білка, 18...23% жиру, 25...30% вуглеводів, ферментів, вітамінів, мінералів. З соєвих бобів виготовляють понад 400 дуже цінних, різноманітних, оригінальних продуктів, а також використовуються у виробництві понад 1000 різноманітних харчових, медичних, кормових та промислових товарів.

Особливістю сої є те, що в них переважає білок над жиром, на відміну від інших олійних культур, таких як соняшник та ріпак, які мають більше жиру, ніж білка.

Рослини сої поглинають азот з атмосфери протягом вегетаційного періоду, біологічно закріплюючи його бульбочковими бактеріями, залишаючи його на рівні 50...90 кг/га, є хорошими попередниками, що є її великим агротехнічним значенням у сільському господарстві. Тому серед основних польових культур світового сільського господарства найшвидше зростають посіви та виробництво сої. Так, з 1934 по 1938 рік (середньорічні) по 1991 рік посіви

сої зросли в 5 разів, урожайність - в 1.у 7 разів, виробництво сої – у 8,5 раза. За цей же період виробництво зерна таких важливих культур світового сільського господарства, як пшениця, зросла у 4,3 раза, рису – у 3,4 раза, кукурудзи – у 4,3 раза, ячменю – у 4,1 раза [3].

Ця тенденція зберігається і в останні роки.

Таким чином, згідно з нашими дослідженнями, для розвитку ринку енергетичних культур як сировини для виробництва біопалива (глибокі економіко-біологічні характеристики та економічна оцінка виробництва енергетичних рослин в Україні наведені в цьому розділі) в Україні існують сприятливі природні та економічні умови, потужний виробничий, трудовий і науковий потенціал, зростання попиту на внутрішньому та світовому ринках, що сприяє розвитку ринку енергетичних культур, прискореному формуванню та розвитку ринку біопалива.

1.3 Результати досліджень біопалива на двигунах внутрішнього згоряння

У країнах ЄС застосування біодизельного палива регламентоване виробниками автотракторної техніки, а техніка країн СНД таких сертифікатів не має. У зв'язку з цим в Литві виникла виробнича необхідність перевірки енергетичної і екологічної ефективності використання РМЕ і його сумішей з мінеральним дизельним паливом в несертифікованих тракторах потужністю 18 кВт (Т-25А) і 58 кВт (МТЗ-82) [3].

Програмою робіт передбачається визначення питомої витрати палива при виконанні сільськогосподарських робіт тракторними агрегатами з тракторами потужністю 18 кВт (Т-25А) і 58 кВт (МТЗ-82), а також емісії окислу азоту 1ЧОх , окисли вуглецю 3 і твердих частинок в атмосферу при використуванні біодизельного палива і його сумішей. Як паливо використані: чистий РМЕ, суміш РМЕ з мінеральним дизельним паливом в пропорції 30:70 і 50:50, а також звичне мінеральне дизельне паливо. При проведенні дослі-

джені двигуни тракторів працювали з навантаженням 50-100%.

Питому і годинну витрату палива визначали при передпосівному культивуванні зраного ґрунту агрегатом з трактором потужністю 58 кВт (МТЗ-82) і культивуванні стерні трактором потужністю 18 кВт (Т-25А). Силу тяги вимірювали за допомогою тензометричної системи – силової ланки з межею вимірювання 1,5-3,0 т і вимірювального блоку ЕМА-ПМ. Витрату палива визначали ваговим методом, підключивши систему живлення двигуна до спеціальної знімної вимірювальної місткості. Для вимірювання емісій і ступеня димності двигуна використаний газоаналізатор TECNOTEST-481 і димомір TECNOTEST -490.

Досліди проводили по оранці і стерні. Довжина гону 100...200 м. Повторність вимірювань – триразова. Тракторні агрегати випробовували на чотирьох швидкісних режимах. Твердість ґрунту визначали пентометром RIMIL-CP.20, використовуючи стандартний конус діаметром 12,5 мм і циліндровий наконечник з площею поверхні 3,0 см². Окрім твердості, по стандартній методиці визначали вологість ґрунту і її гранулометричний склад.

Мінімальні значення питомої витрати палива отримані при максимальній силі тяги $P_{\max} = 31,5...32,4$ кН і робочій швидкості $V = 2,3-3,4$ м/с. Вони відповідно рівні: М – 451 ± 7 г/кВт·год; 30 - 469 ± 8 г/кВт·год; 50 - 478 ± 10 г/кВт·год. і 100 - 505 ± 9 г/кВт·год. Рівень достовірності – 0,95.

Таким чином, питома витрата чистого РМЕ на 8,9% вище, ніж мінерального дизельного палива. При роботі з паливними сумішами (зміст РМЕ 50% і 30%) витрата палива була вищим відповідно на 6,0% і 4,0%.

Результати дослідження тракторного агрегату потужністю 18 кВт при культивуванні стерні наступні: вологість ґрунту - 17,0%, твердість - 810 кПа. Дослідження проведені при русі агрегату на чотирьох передачах із швидкістю 1,2-2,7 м/с. Якнайменші значення питомої витрати палива всіх видів набути при силі тяги $P_{\max} = 11,1 - 12,2$ кН і робочій швидкості агрегату $V=1,8-2,1$ м/с. Вони відповідно рівні: – 210 ± 3 г/кВт·год; 30 – 213 ± 2 г/кВт·год; 50 –

229 ± 4 г/кВт·год і $100 - 248 + 3$ г/кВт·год.

При використуванні РМЕ питома витрата палива збільшилася на 12% в порівнянні з мінеральним дизельним паливом. При використуванні сумішей одержані наступні результати: 50 – 5,8% і 30 – 3,9%. При роботі тракторних агрегатів потужністю 58 кВт і 18 кВт з мінімальним навантаженням (30% і менш) відмінність в питомій витраті палива не була такою істотною і склала всього 1-3%, тобто знаходилося в межах погрішності вимірювань.

Вміст NO_x у вихлопних газах збільшується пропорційно збільшенню частки РМЕ в паливній суміші. При роботі трактора на чистому РМЕ вміст NO_x у вихлопних газах збільшується на 6-9% в порівнянні з його роботою на мінеральному дизельному паливі. Проте у всіх випадках вміст NO_x не перевищувало гранично допустимої норми – 600 мг/м³.

При заміні мінерального дизельного палива на РМЕ вміст СО у вихлопних газах у разі однакових навантажень тракторного агрегату знижується на 5,8-8,5%.

Використування біодизельного палива позитивно впливає на димність вихлопу при всіх режимних параметрах роботи двигуна. Встановлено, що при роботі на РМЕ ступінь димності двигуна знижується на 40-70% в порівнянні з його роботою на мінеральному дизельному паливі. У свою чергу, димність вихлопу залежить від навантаження тракторного агрегату: її порівняльна величина мінімальна при навантаженні 73-80% від номінальної.

Узагальнюючи одержані результати, можна зробити висновок, що застосування біопалива в цілому позитивно впливає на навколишнє середовище. Отже:

1. У однакових умовах експлуатації трактори потужністю 18 і 58 кВт при роботі на РМЕ і його сумішах з мінеральним дизельним паливом на максимальній потужності розвивають однакову силу тяги.

2. Залежно від навантаження питома витрата палива при роботі на РМЕ бі-

льше на 8,9-12,0%, при роботі на суміші (50% РМЕ і 50% мінерального дизельного палива) – на 5,8-6,0% і при роботі на суміші із змістом РМЕ 30% – на 3,9-4,1% більше, ніж при роботі на звичному дизельному паливі. Трактори меншої потужності (18 кВт), працюючи на РМЕ, витрачають відносно більше палива, ніж трактори потужністю 58 кВт.

3. При мінімальному навантаженні (на розворотах, холостому ходу) різниця у витраті РМЕ і мінерального дизельного палива незначна.

4. Застосування біодизельного палива і його сумішей знижує забруднення навколишнього середовища окислів вуглецю, підвищується чистота вихлопу, хоча і на 6-9% збільшується вміст в ньому окислів азоту в порівнянні з роботою тракторного агрегату на мінеральному дизельному паливі.

В ході робіт по дослідженню альтернативних палив, що проводяться на кафедрі «Двигуни внутрішнього згорання» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», були проведені моторні випробування по застосуванню як моторне паливо ріпакового масла (РМ) і його сумішей з дизельним паливом (ДП) (25%РМ + 75%ДП і 50%РМ + 50%ДП) [4, 5].

Об'єктом випробувань став автотракторний дизель СМД-17Н (4ЧН12/14) виробництва харківського заводу «Серп і молот». Дизель мав нерозділену камеру згорання напівзакритого типу (ЦНИДИ).

Заздалегідь були проведені дослідження фізико-хімічних показників випробовуваних палив [6], які дозволили відзначити відмінності фізико-хімічних процесів при згоранні традиційних і альтернативних палив.

Програма досліджень передбачала визначення ефективних показників (g_e , η_e) дизеля при його роботі по навантажувальним характеристиках від холостого ходу до номінального навантаження з частотами обертання колінчастого валу $n = 1600 \text{ хв}^{-1}$ і $n = 1800 \text{ хв}^{-1}$ і на режимі максимального крутного моменту ($n = 1400 \text{ хв}^{-1}$).

Важливим практичним результатом досліджень з'явилося те, що було зафіксовано закоксовування розпилювачів форсунок всього через 4...5 годин роботи двигуна на чистому ріпаковому маслі. На інших деталях камери згорання підвищеного нагароутворювання не спостерігалось.

Цей результат дозволяє зробити висновки, по-перше, про неможливість тривалої роботи дизеля на чистому ріпаковому маслі, по-друге, з урахуванням даних про роботу на сумішах РМ і ДП, про необхідність введення конструктивних змін даного дизеля. Деякі інші результати дослідження представлені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2. – Дослідні дані навантажувальних характеристик дизеля СМД-17Н

Режим роботи двигуна	Паливо	g_e , г/(кВт·год)	η_e	P_T , МПа	t_T , °С	α
1	2	3	4	5	6	7
1600 хв ⁻¹ 25,3 кВт	100% ДП	262,3	0,313	0,1281	267	3,62
	25% РМ	306,0	0,282	0,1290	277	3,21
	50% РМ	315,5	0,279	0,1289	279	3,22
	100% РМ	1330,5	0,277	0,1278	269	3,25
1800 хв ⁻¹ 37,1 кВт	100% ДП	269,8	0,314	0,1450	328	2,96
	25% РМ	285,6	0,302	0,1451	328	2,89
	50% РМ	292,4	0,301	0,1453	333	2,89
	100% РМ	305,5	0,299	0,1454	332	3,01
1800 хв ⁻¹ 70,0 кВт	100% ДП	239,7	0,353	0,1685	484	2,06
	25% РМ	245,3	0,350	0,1706	479	2,12
	50% РМ	257,6	0,341	0,1705	486	2,10
	100% РМ	271,3	0,337	0,1701	478	2,12

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

1400 хв ⁻¹ , 64,4 кВт	100% ДП	236,6	0,358	0,1371	581	1,58
	25% РМ	243,3	0,355	0,1372	567	1,64
	50% РМ	254,3	0,346	0,1363	566	1,63
	100% РМ	299,3	0,306	0,1368	575	1,49

Одержані при випробуваннях дані (табл. 1.1) говорять про збільшення питомої ефективної витрати палива, при застосуванні досліджуваних палив, на всіх режимах роботи двигуна (рис. 1.1, 1.2). При цьому потужнісні показники дизеля на відповідних режимах його роботи в ході експерименту підтримувалися без змін.

Погіршення ефективної витрати палива пояснюється з одного боку нижчою теплотою згорання РМ (табл. 1.3), а з другого боку погіршенням процесу сумішоутворювання палива (це пов'язано із зміною фізико-хімічних показників даних палив), що впливає на ефективність процесу згорання двигуна.

Таблиця 1.3. – Теплота згорання

Топливо	ДП	25%РМ+75%ДП	50%РМ+50%ДП	РМ
Q_h , МДж/кг	42,5	41,7	40,9	39,4

Важливим результатом дослідження є також те, що в діапазоні концентрацій РМ в паливі від 25% до 50% величина ефективного КПД практично не змінилася. Цей результат узгоджується з рекомендаціями з [1], де відмічено, що частка рослинних масел в дизельному паливі повинна бути більше 30% і менше 60%.

На рис.1.3 представлені результати порівняльних випробувань для номінального режиму роботи двигуна ($n = 1800$ хв⁻¹, $N_e = 70$ кВт) у відносних величинах, де:

$$\bar{g}_e = \frac{g_{eCM}}{g_{eDT}}; \bar{\eta}_e = \frac{\eta_{eCM}}{\eta_{eDT}}; \bar{Q}_e = \frac{Q_{eCM}}{Q_{eDT}}.$$

Дані рис.1.3 дозволяють

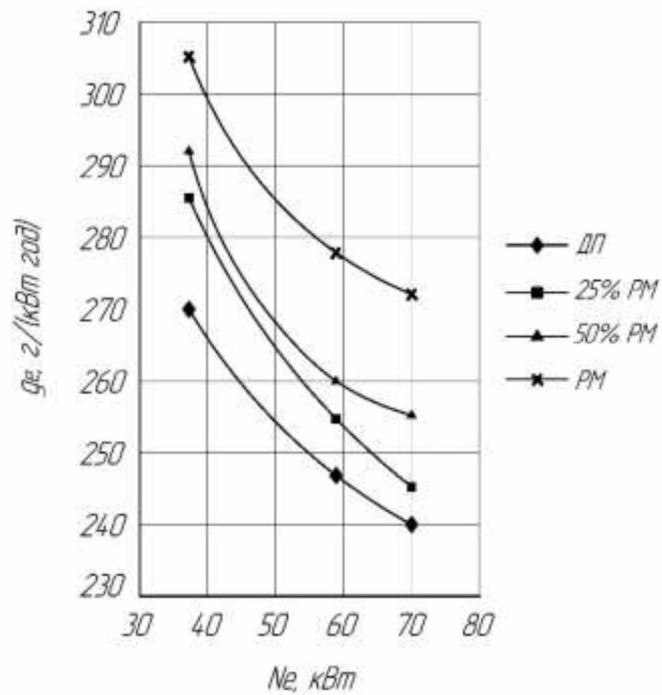


Рисунок 1.1 – Питома витрата палива

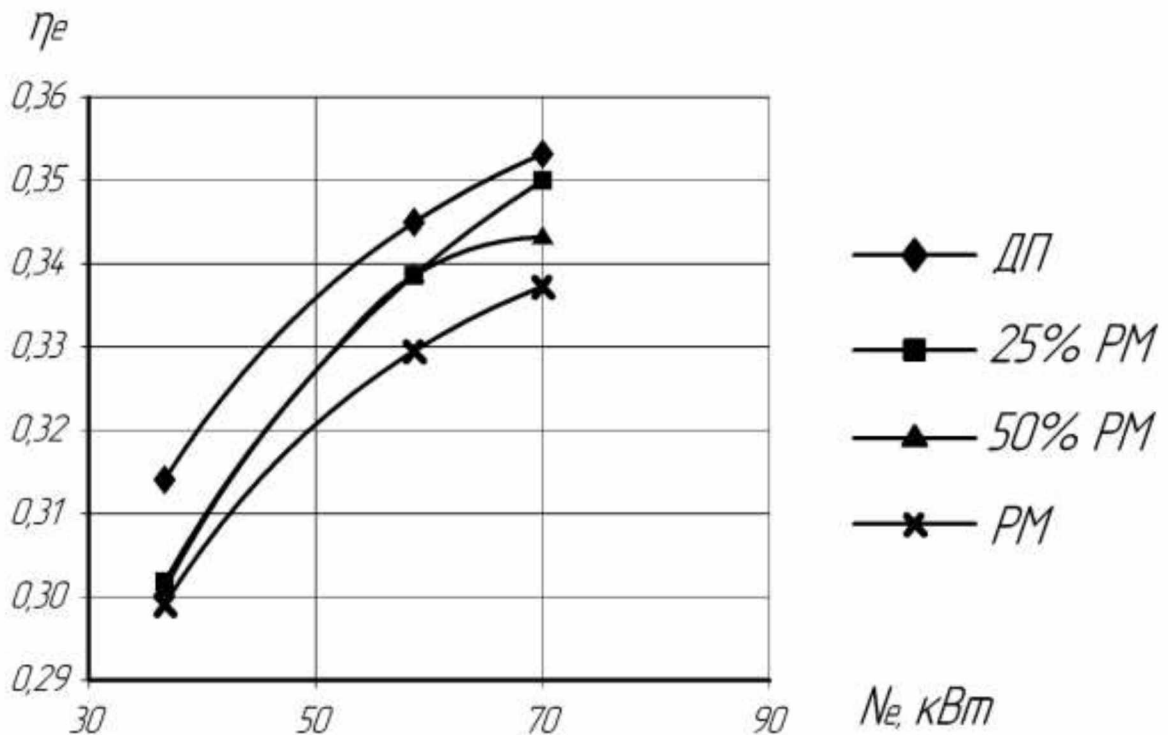


Рисунок 1.2 – Ефективний КПД двигуна

оцінити внески двох основних факторів в збільшенні питомої ефективної витрати палива. За рахунок нижчих значень Q_n величина g_e підвищилася приблизно на 8%. При цьому погіршення процесів сумішоутворювання і згорання сумішей ДП і РМ приводить до зростання g_e приблизно на 5%.

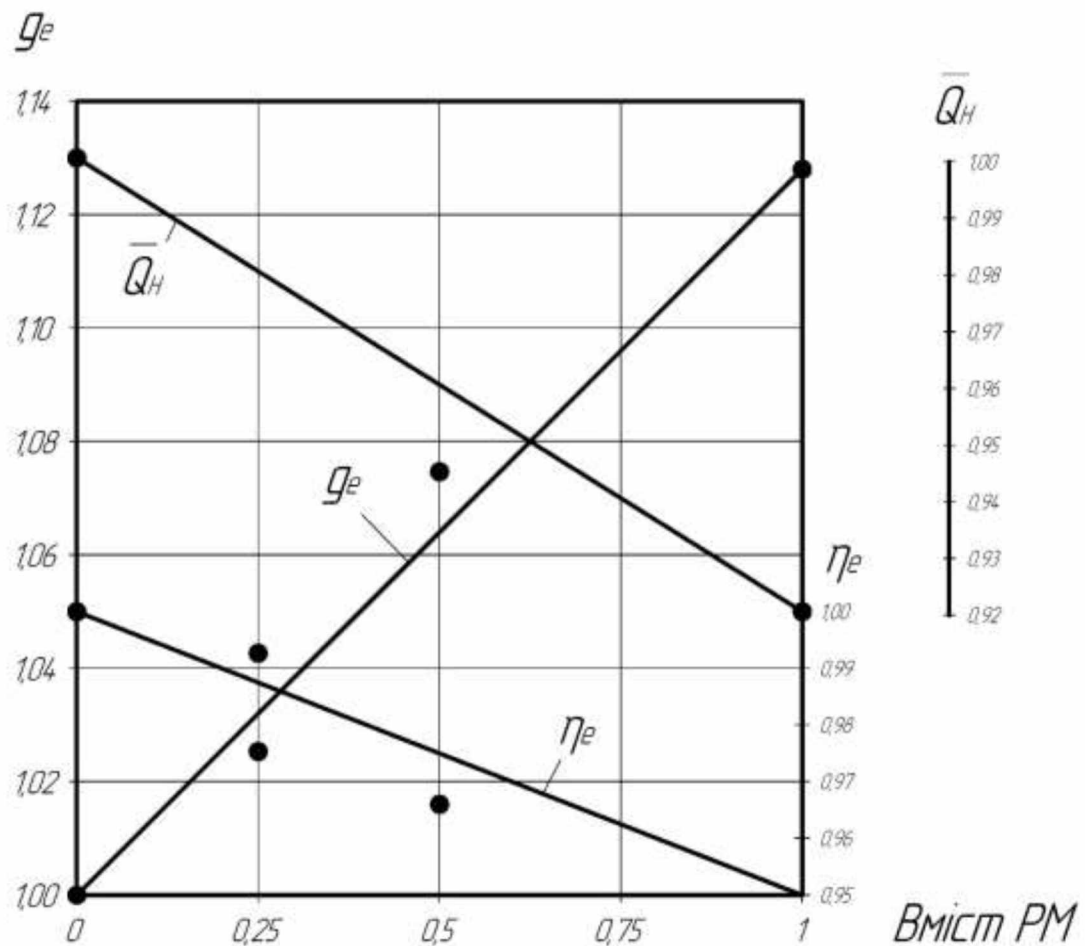


Рисунок 1.3 – Результати порівняльних випробувань для номінального режиму.

Таким чином, можна говорити про необхідність проведення спеціальних заходів, направлених на підвищення ефективного КПД двигуна при його роботі на РМ і сумішах РМ з ДП. В першу чергу слід звернути увагу на підвищення тиску впорскування палива, посилення турбулізації повітряного заряду в циліндрі, підігрів палива.

Volkswagen і BMW, які першими почали застосовувати біодизель, змінюють своє ставлення до нього (дизелі заправляють дизельним паливом). В електронній пресі розміщена інформація, яка ставить під сумнів екологічну перевагу РМЕ: дослідження проведені в США і Швеції показують, що в продуктах згоряння РМЕ знаходиться значно більше канцерогенних речовин ніж в дизельному паливі з покращеними екологічними властивостями, де вміст сірки до 0,05 % за масою. Крім того продукти згоряння

РМЕ схильні до утворення озону і сприяють утворенню органічного смогу [7, 8].

Тому з метою зменшення негативної дії РМЕ його при використанні змішують з дизельним паливом. Суміш дизельного палива і РМЕ - *біодизелін*. Співвідношення складових в суміші у різних країнах різні (табл. 1.4).

Таблиця 1.4 – Співвідношення складових двокомпонентного палива у різних країнах

Країна	Базовий продукт для біодизелю	Біодизель, %
Франція	Ріпакова олія	до 5
Швеція	Ріпакова олія	5-100
Чехія	Ріпакова олія	30
Росія		
(«ЛУКОЙЛ»	Ріпакова олія	35
ЗАТ «Рапсойл»)	Ріпакова олія	до 50
США	Соева олія	20

До наведеного в таблиці додамо, що в Німеччині, Австрії, Італії, Малазії передбачено використання однокомпонентного біодизелю.

В країнах Західної Європи вважають, що додавання 1-3 % РМЕ покращує змащувальні властивості дизельного палива з покращеними екологічними властивостями, а додавання 5-10 % - практично не впливає на експлуатаційні властивості дизельного палива й тому продаючи таке паливо на АЗС навіть не вказують про присутність РМЕ. Проведені нами дослідження зі зразками РМЕ показують, що за найбільш важливими показниками: в'язкість, фракційний склад, густина – найбільш оптимальне співвідношення 50/50. В цьому випадку основні показники суміші наближаються до показників стандартного палива. Що стосується впливу суміші на надійність та довговічність роботи системи живлення та двигунів в цілому, це питання потребує ще дослідження.

2 ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Технологічні схеми виробництва біодизельного палива

У Європі біодизель використовують переважно за двома основними схемами: «французькою» та «німецькою». Французька схема передбачає централізоване виробництво біопалива на потужних заводах. Основними споживачами біопалива є автотранспорт, зокрема автобуси, які в деяких великих містах і в деяких провінціях на традиційному дизельному паливі заборонені. При цьому штрафи за недотримання токсичних викидів перевищують різницю між вартістю біодизеля та дизельного палива. За цією схемою біодизель у Франції виробляється переважно централізовано на потужних заводах – 5..10 тис. т/рік. Використання біодизеля здійснюється на основі звичайного дизельного палива з додаванням присадок до 5% концентрації. За «німецьким» варіантом біодизель виробляється децентралізовано на невеликих установках переетерифікації, кожна з яких може переробляти ріпак, зібраний з 5... 10 тис. га (рис. 2.1).

Фермери або фермерські кооперативи вирощують ріпак, посівні площі якого в основному сягають 10... 12% ріллі, а малопотужні заводи виробляють з нього 300...3000 т/рік біопалива. З 2001 року уряд Німеччини надає субсидію кожному фермеру: близько 360 євро на гектар, на якому вирощується ріпак для технічних потреб. У країні перевага надається транспортним засобам, пристосованим до роботи на біопаливі. Застосовується в основному в зонах інтенсивного екологічного стану: громадському транспорті, суднах, що працюють на водоймах з обмеженим водообміном. Країна виробляє декілька марок дизельних двигунів для чистої ріпакової олії та ПМЕ. Основним постачальником таких двигунів є Deutsche Far. Сьогодні Німеччина забезпечує близько 5% своїх потреб у паливі за рахунок виробництва ріпакової олії. Близько 1500 АЗС продають понад 1,2 млн тонн біодизеля з ріпаку на рік.

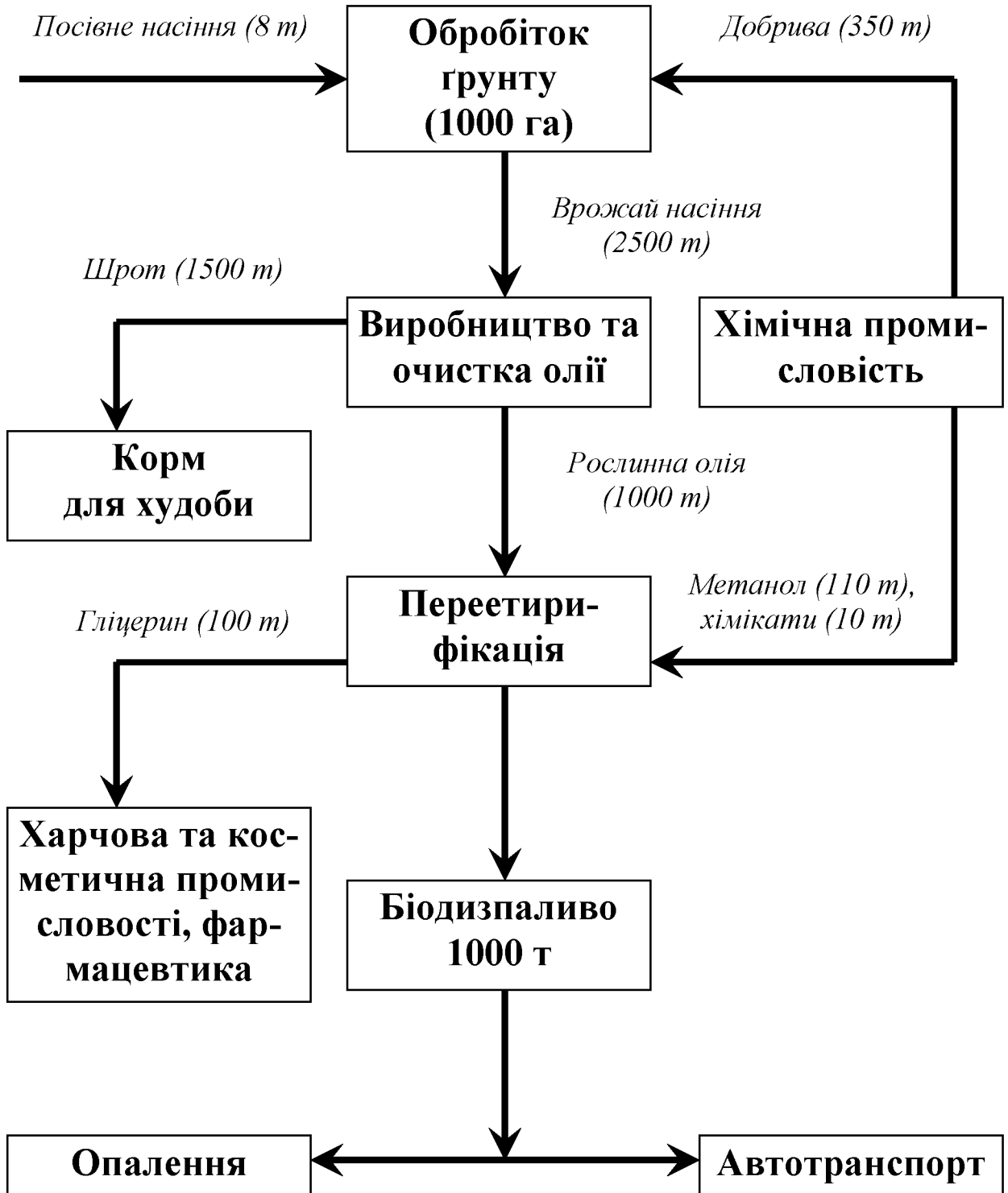


Рис. 2.1. Принципова схема отримання біодизельного палива з насіння ріпаку [9]

Біодизель може вироблятися, як відзначалось вище, з будь-якої олії чи жиру шляхом етерифікації. Для цього олія змішується з метанолом і каталіза-

тором. Ця суміш підігрівається в реакторі. В результаті отримують біодизель та гліцерин. З 1 т олії та 0,1 т метанолу виробляють приблизно 1 т біодизелю та 0,1 т гліцерину.

Друга технологія потребує доступу до джерела більш дешевої теплової енергії, а також більшої кількості метанолу, який потім можна знову повернути до технологічного процесу виробництва біодизелю. Основною сировиною для реалізації обох технологій є ріпакова олія.

Реакція етерифікації полягає в додаванні одновалентного спирту до тригліцеридів у присутності кислотних або основних каталізаторів, розчинених у спирті. У реакціях з кислотним каталізатором необхідно використовувати високі тиски і температури. Етерифікація з використанням основного каталізатора (NaOH) вимагає нагрівання олії до температури > 60 °C, а при використанні гідроксиду калію KOH процес етерифікації може відбуватися при кімнатній температурі (> 15 °C), але значно повільніше. Тобто під впливом каталізатора масло етерифікується метанолом в метилові ефіри з виділенням гліцерину. Гліцерин, що виділяється, практично не змішується з метиловими ефірами. Таким чином, після реакції відбувається гравітаційне поділ суміші на два шари. Схема технології виробництва складних ефірів з рослинних олій з обробкою гліцерину наведена на рис. 2.2.

У країнах ЄС, у тому числі і у Франції, комплекс "виробництво олії → виробництво біодизелю" зосереджується у єдиному виробничому циклі і має структуру, представлену на рис. 2.3 та 2.4.

На рис. 2.4 детальніше представлено стадії проведення реакції етерифікації та випуску товарного гліцерину.

Біодизельна технологія DESMET BALLESTRA

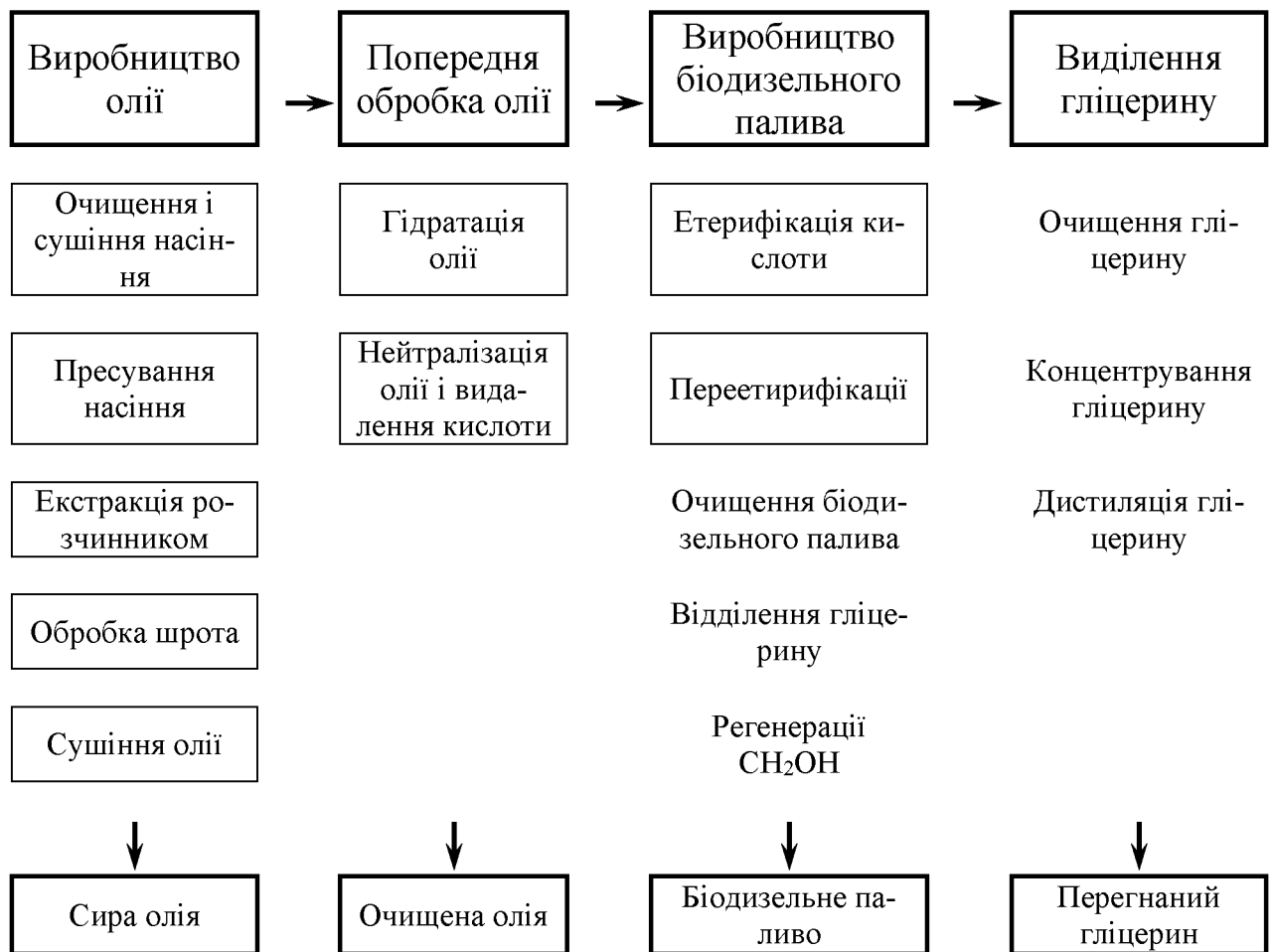


Рис. 2.3. Основні технологічні стадії багатотоннажного комерційного комплексу виробництва біодизелю [11]

2.2 Технологічні лінії виробництва біодизельного палива

Ефіри, окрім їх використання як палива для двигунів, можуть бути сировиною для виробництва дуже широкого асортименту інших продуктів, зокрема, таких як мастильні засоби, косметика, розчинники для фарб та лаків тощо. Як вже згадувалось, нині у більшості країн Європи основне значення для виробництва ефірів як сировини мають ріпакова олія і частково олії, що залишаються у вигляді відходів харчового виробництва.

У спрощеному варіанті процес етерифікації олії відбувається так, як показано на рис. 2.5.

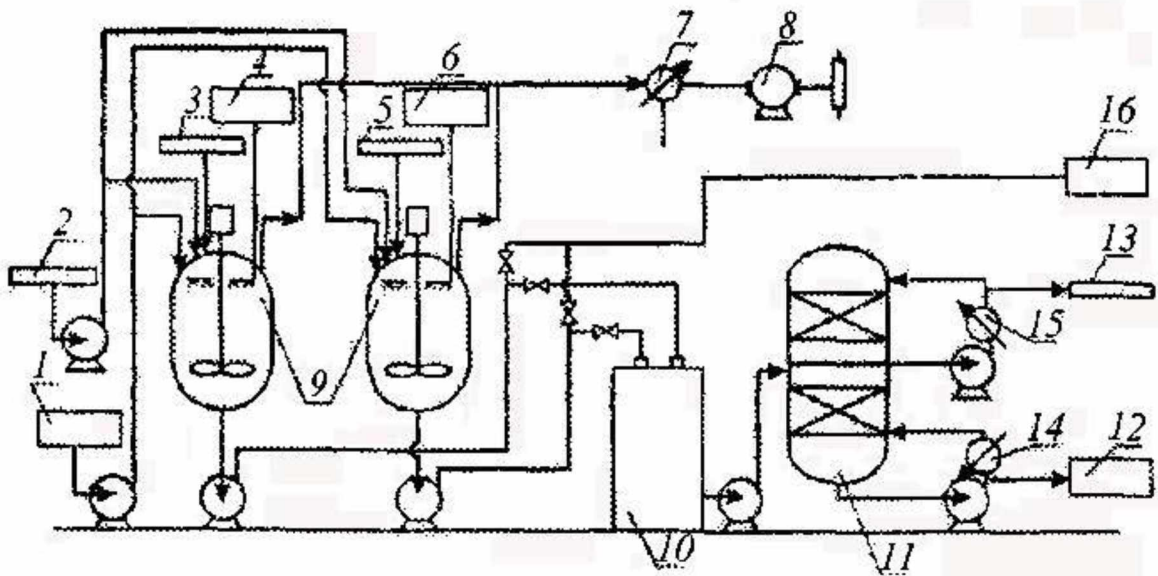


Рис. 2.5. Схема технологічної лінії етерифікації ріпакової олії [13]:

1 – ріпакова олія; 2 – метиловий спирт; 3 та 5 – каталізатор; 4 і 6 – вода; 7 і 15 – система охолодження; 8 – вакуум-насос; 9 – реактори; 10 – проміжний резервуар (гліцеролу і метанолу); 11 – випарювач метанолу; 12 – гліцерин; 13 – метанол; 14 – пара; 16 – ефіри олії

Ріпакова олія 1 і метиловий спирт 2 подаються насосами у два реактори 9, в які вводять каталізатор 3 і 5, а також воду 4, 6. Водяну пару відбирають з допомогою клапану 7 та вакуум-насосу 8. Гліцеролові фракції разом з метанолом, що не прореагував, з резервуара-відстійника 10 перекачують у пристрій 11, в якому відбувається відділення метанолу 13 від непереробленої гліцеролової фракції 12.

У дійсності технічне обладнання для виробництва ефірів з ріпакової олії складніше. На рис. 2.6 представлено описаний вище процес етерифікації за високих температур і тиску із застосуванням гідроксиду натрію NaOH як каталізатора. На рис. 2.7 показано процес етерифікації за низького тиску та

кімнатної температури із застосуванням гідроксиду калію КОН як каталізатора.

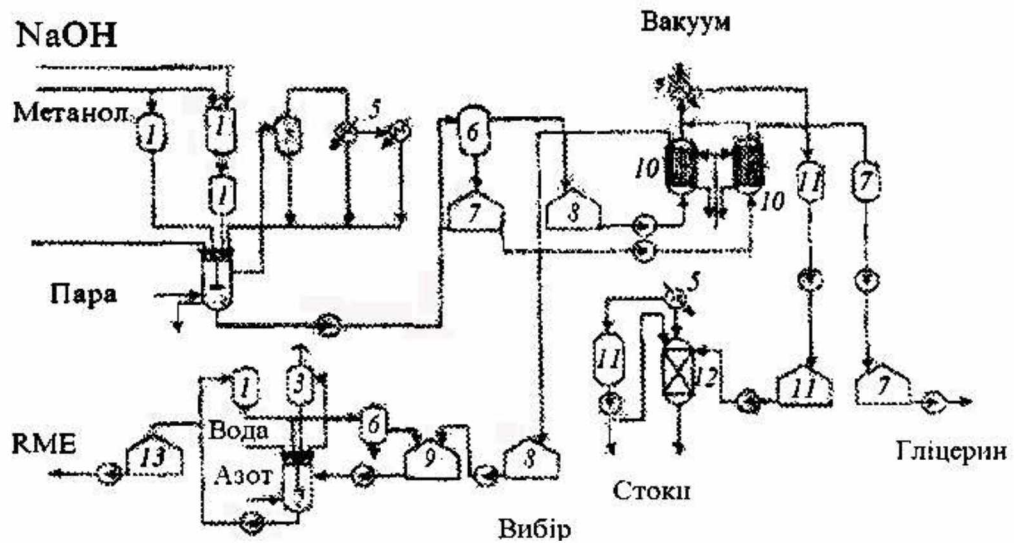


Рис. 2.6. Схема технологічної лінії виробництва ефірів з каталізатором NaOH [13]:

1 – вимірювач; 2 – змішувач; 3 – сепаратор; 4 – реактор; 5 – конденсатор; 6 – розподільник; 7 – резервуар з гліцерином; 8 – проміжний резервуар; 9 – гомогенізатор; 10 – випаровувач; 11 – резервуар для метанолу; 12 – перегінна колона; 13 – резервуар з ефіром.

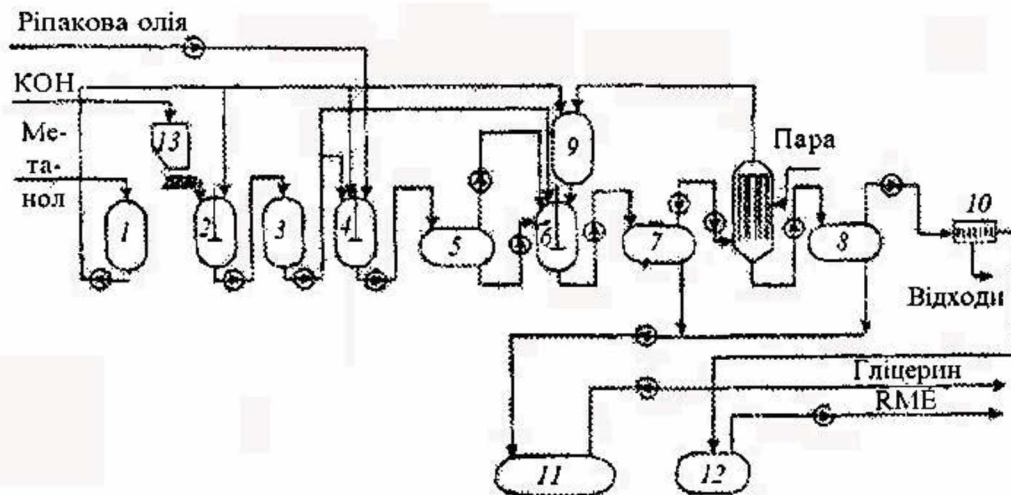


Рис. 2.7. Схема технологічної лінії для виробництва ефірів з каталізатором КОН [13]:

1 – резервуар для метанолу; 2 – змішувач розчину з КОН; 3 – резервуар (метанол + КОН); 4, 6 – реактор; 5, 7, 8 – розподільники; 9 – проміжний резе-

рвуар для метанолу; 10 – фільтр; 11 – резервуар для гліцеролу; 12 – резервуар RME; 13 – дозуючий пристрій КОН

Підкреслимо, що «гаряча технологія» застосовується на великих підприємствах та на промислових лініях заводів. Для господарських та малих установок з виробництва біодизельного палива перевагу має «холодна технологія».

2.3 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є порівняння фізико-хімічних властивостей метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої та дизельного палива.

Дослідження проводилися в лабораторних умовах.

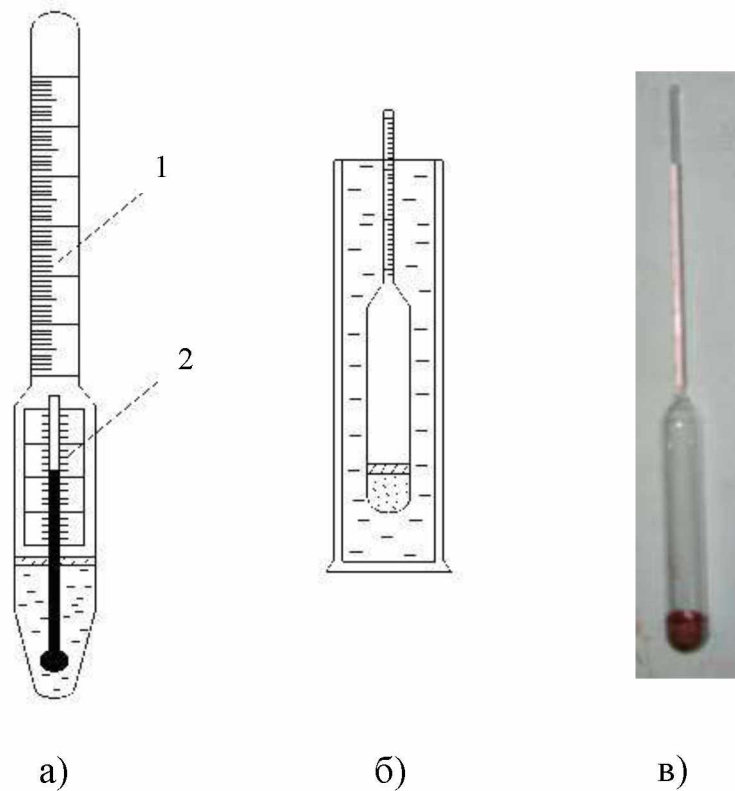
Програмою досліджень передбачалося:

- а) визначення густини метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої та дизельного палива;
- б) визначення фракційного складу метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої та дизельного палива;
- в) визначення кінематичної в'язкості метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої та дизельного палива;
- г) визначення температури спалаху, помутніння та замерзання метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку і сої та дизельного палива.

2.4. Визначення густини нафтопродуктів

Густину нафтопродуктів визначають нафтоденсиметрами. Сухий і чистий нафтоденсиметр обережно опускають в циліндр з нафтопродуктом (рис. 2.8). Після припинення коливань відраховують значення густини по верхньому краю меніску, встановлюючи око на одному рівні з шкалою підрахунку і по термометру приладу записують температуру [14, 15].

Густина нафтопродукту залежить від температури, тому якщо визначення густини проводилось при температурі відмінній від стандартної 20°C, необхідно внести поправку (табл.2.1) за формулою (2.1):



а – нафтоденсиметр; б – замір густини нафтопродукту; в – загальний вигляд нафтоденсиметру; 1 – шкала густини, 2 – шкала температури.

Рис.2.8. Прилад для визначення густини нафтопродукту

$$\rho^{20} = \rho^t + \gamma \cdot (t - 20), \quad (2.1)$$

де ρ^{20} – густина при 20 °С, г/см³;

ρ^t – густина при температурі нафтопродукту, г/см³;

γ – температурна поправка густини.

Середні температурні поправки для нафтопродуктів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. – Середні температурні поправки для нафтопродуктів

Відносна густина	Температурна поправка на 20°C	Відносна густина	Температурна поправка на 20°C
------------------	-------------------------------	------------------	-------------------------------

1	2	3	4
0,6900...0,6999	0,000910	0,8500...0,8599	0,000699
0,7000...0,7099	0,000897	0,8600...0,8699	0,000686

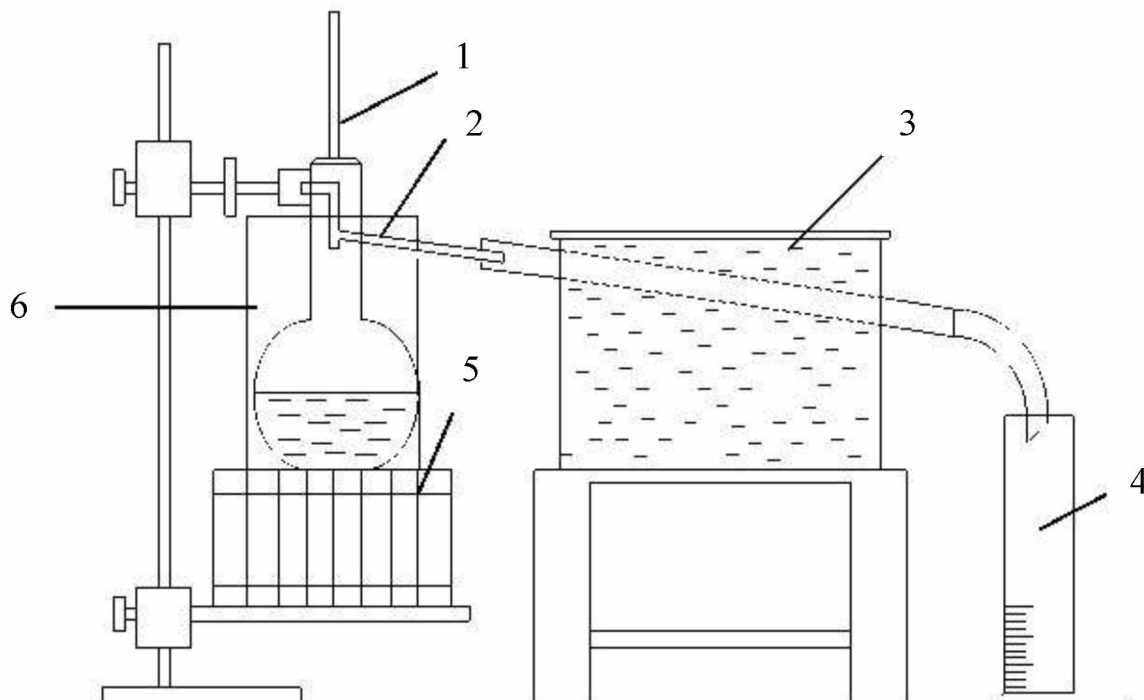
Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
0,7100...0,7199	0,000884	0,8700...0,8799	0,000673
0,7200...0,7299	0,000870	0,5800...0,8899	0,000660
0,7300...0,7399	0,000857	0,8900...0,8999	0,000647
0,7400...0,7499	0,000844	0,9000...0,9099	0,000633
0,7500...0,7599	0,000831	0,9100...0,9199	0,000620
0,7600...0,7699	0,000818	0,9200...0,9299	0,000607
0,7700...0,7799	0,000805	0,9300...0,9399	0,000594
0,7800...0,7899	0,000792	0,9400...0,9499	0,000581
0,7900...0,7999	0,000778	0,9500...0,9599	0,000567
0,8000...0,6099	0,000765	0,9600...0,9699	0,000554
0,8100...0,8199	0,000752	0,9700...0,9799	0,000541
0,8200...0,8299	0,000738	0,9800...0,9899	0,000528
0,8300...0,8399	0,000725	0,9900...0,9999	0,000515
0,8400...0,8499	0,000712		

2.5 Визначення фракційного складу

Фракційний склад дизельного палива визначають на приладі (рис.2.9) [16, 17]. В колбу заливають 100 мл. досліджуваного дизельного палива (наливаючи паливо, колбу треба тримати похило, щоб воно не потрапило у відповідну трубку). В середину колби кидають 2-3 шматки пористої речовини (пемзи, шамоту або фарфору), щоб при нагріві створювалось рівномірне кипіння. Колбу закривають пробкою з встановленим в неї термометром, який встановлюють так, щоб верхній кінець ртутної кульки був на рівні нижнього кінця відповідної трубки. В цьому випадку можливо відмітити температуру пари, що надходить в холодильник. Колбу з'єднують трубкою з холодильником і під її дно підставляють електроплитку.

Температуру, при якій падає перша крапля до прийомника, відмічають як температуру початку кипіння нафтопродукту. На протязі всього дослідку слідкують, щоб швидкість розгонки не перевищувала 4-5 мілілітрів / хв.



1 – термометр; 2 – колба; 3 – баня холодильника; 4 – мірний циліндр; 5 – електрична плитка; 6 – кожух

а) схема установки



б) загальний вигляд

Рис. 2.9. Установка для розгонки нафтопродуктів

Під час перегонки через кожні 10 мл. зібраного в прийомнику продукту записують температуру. Показниками кінця розгонки є те, що у шийці колби з'являється біла пара, температура різко падає.

Після закінчення перегонки припиняють нагрів та дають на протязі п'яти хвилин витекти в прийомник рідині, з конденсованої з пари, цей об'єм добавляють до того, при якому відмічена температура кінця кипіння.

Ту незначну кількість палива, яка залишилась після охолодження, вимірюють маленькою градуйованою мензуркою. Різницю між 100 мл. взятого палива і сумою залишку і відгону, зібраного в прийомнику приймають за витрати при перегонці.

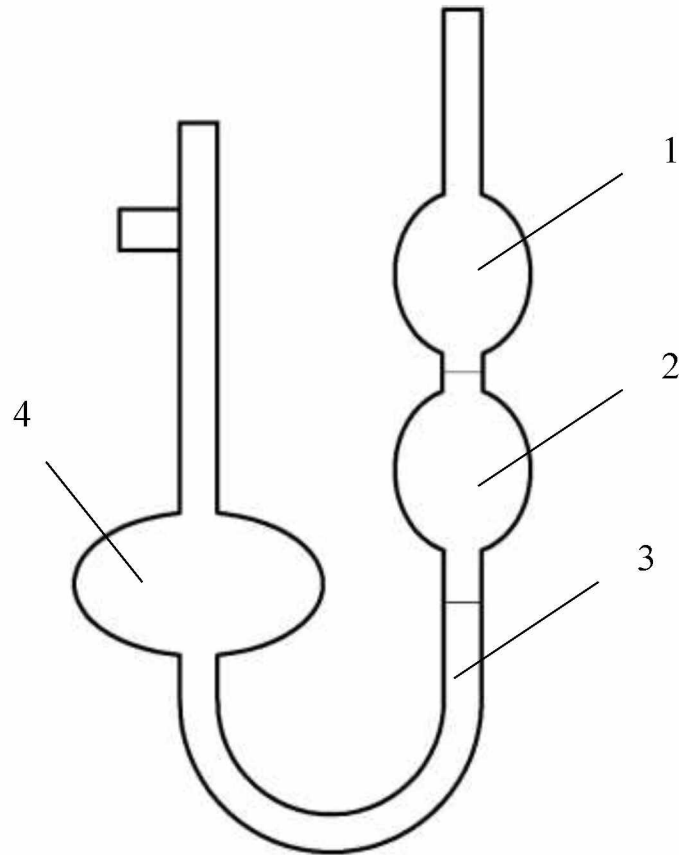
Результати розгонки палива оформляють у вигляді графіка, названого кривою фракційної розгонки. По осі абсцис відкладають температуру, а по осі ординат – об'єм випаруваного палива. Одержані результати порівнюють з ДСТУ.

2.6 Визначення кінематичної в'язкості

У Держстандарті на паливо для швидкохідних дизелів нормується кінематична в'язкість. Кінематичною в'язкістю, або питомим коефіцієнтом внутрішнього тертя, названа сила опору двох шарів рідини площею в 1 см, які знаходяться на відстані 1 см один від одного і пересуваються один відносно одного з швидкістю 1 см./сек. під дією зовнішньої сили в одну дину, віднесена до одиниці густини рідини. Виміряється кінематична в'язкість в $\text{мм}^2/\text{с}$ або старих одиницях виміру – стоксах (сст/сек) і сантистоксах, 1 ст.=100 сст.

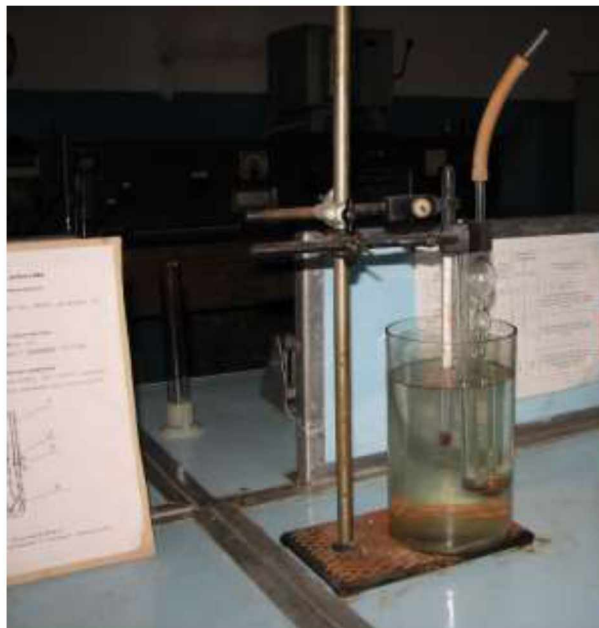
Для визначення кінематичної в'язкості використовують віскозиметр Освальда-Пінкевича, показаний на рис. 2.10. Віскозиметр являє собою U- подібну трубку, в коліні якої є дві калібровані кульки, що переходять в капілярну трубку 3, а в другому коліні утворена місткість для нагріву нафтопродук-

ту. Віскозиметри калібруються на заводі виготовлячі, тому до кожного приладу додається паспорт, в якому діаметр і стала віскозиметра виражена в сст./сек. [18, 19]



1, 2 та 4 – розширення; 3 – капіляр.

а) схема



б) загальний вигляд

Рис. 2.10. Капілярний віскозиметр Пінкевича

Сухий та чистий віскозиметр заповнюють випробуваним паливом, для чого на відвідну трубку надівають гумовий шланг, широку трубку закривають пальцем, перевертають віскозиметр і вузький кінець опускають в склянку з паливом. Спринцівкою засмоктують паливо в об'ємі двох кульок, швидко перевертають віскозиметр і дають стекти нафтопродукту в розширену ємність. Гумовий шланг з відвідної трубки надівають на вузьку частину віскозиметра.

Заповнений віскозиметр опускають в ванну (літрова склянка, заповнена водою). Всередині ванни розміщений термометр.

Віскозиметр у ванні закріплюють зажимом в вертикальному положенні так, щоб верхня кулька була занурена в рідину. Під дно ванни встановлюється електроплитка. Обережним нагріванням доводять температуру ванни до $20^{\circ}\text{C} + 2^{\circ}\text{C}$ і підтримують її на протязі 10 хвилин.

Через гумову трубку, надіту на вузьку частину віскозиметра, обережно ротом засмоктують паливо нагору так, щоб його рівень був трохи вище шийки між двома кульковидними ємностями. При заповненні треба слідкувати, щоб не було бульбашок повітря і розривів рідини.

Спостерігають за опусканням палива в коліні малого діаметра віскозиметра і коли його рівень досягне риски поміж кульковидними об'ємами, включають секундомір. Секундомір зупиняють в ту мить, коли рівень рідини досягне риски у основи нижнього кулькового об'єму. Дослід повторюють 5 разів. З п'яти виконаних замірів беруть середнє арифметичне, переводять його в секунди і підраховують кінематичну в'язкість за формулою:

$$\nu = c \cdot \tau, \quad (2.2)$$

де ν – кінематична в'язкість при 20°C ;

c – стала віскозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$;

τ – середній час витікання палива при 20°C , с.

2.7 Визначення температури спалаху

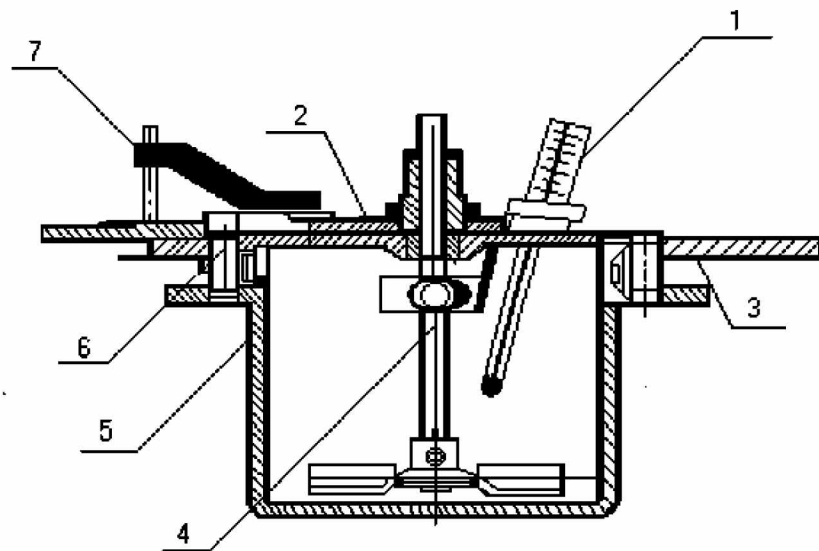
Температурою спалаху називають ту температуру, при якій пара палива з повітрям утворює горючу суміш, що спалахує від стороннього полум'я.

Температура спалаху палив для швидкохідних дизелів повинна бути не нижче $+55^{\circ}\text{C}$. Зниження температури спалаху свідчить про наявність в паливі легких фракцій (керосинових, бензинових), що створює велику пожежонебезпечність, збільшує збитки при зберіганні і транспортуванні, а також збільшує жорсткість роботи дизеля [20, 21].

Прилад для визначення температури спалаху (рис. 2.11) складається з латунного стакану, встановленого в порожнині спеціальної електроплитки. Стакан закривається кришкою з рухомою заслінкою. В кришці є три отвори, два з яких служать для подачі повітря в склянку і один для підводу полум'я до випробуваного палива. Полум'я підводиться від запальної лампочки з фітільом, просоченим маслом. В кришці закріплені перемішувач і термометр.

Паливо, що досліджується, наливають у стакан до риски у верхній частині. Стакан вміщують на плитку і закривають кришкою. Вмикають електроплитку і нагрівають паливо зі швидкістю не більше 2° на хвилину. Швидкість нагріву регулюють реостатом. Під час нагріву паливо періодично перемішують перемішувачем. Приблизно за 10° до очікуваної температури спалаху $35-40^{\circ}\text{C}$ починають перевіряти, чи немає спалаху. Для цього запалюють фітіль і ручкою повертають заслінку. При цьому відкривається доступ повітря в склянку і через центральний отвір підводиться полум'я фітілька.

Заслінку тримають відкрито 1-2 сек., а потім зачиняють. Якщо спалаху не було, то температуру збільшують на 2° і повторюють пробу, поки не буде знайдений спалах. Температуру спалаху легко визначити з'явленням на поверхні палива невеликого синього полум'я, це спалахує суміш парів палива і повітря, полум'я тримається короткий час - долі секунди і гасне. Замічають температуру, при якій з'являється перший спалах.



1 – термометр; 2 – заслінка; 3 – кришка-перехідна муфта термометра; 4 – мішалка; 5 – тигель; штифт кришки; пружний механізм
а) схема приладу



б) загальний вигляд

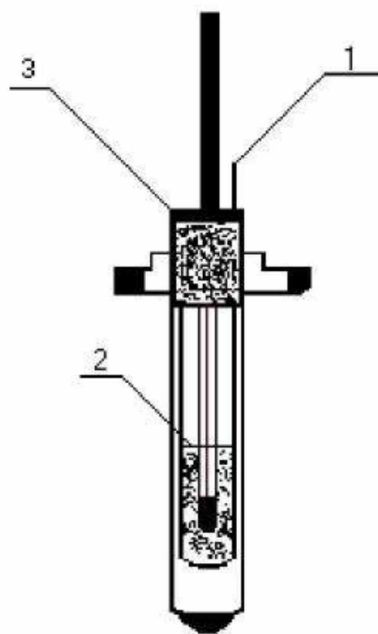
Рис. 2.11. Прилад для визначення температури спалаху

2.8 Визначення температури застигання

Експлуатаційні властивості нафтопродуктів при низьких температурах у більшій ступені залежать від температур помутніння, кристалізації застигання.

Температурою помутніння називають температуру, при якій починається виділення дрібних кристалів льоду чи твердих вуглеводів. Прозорий нафтопродукт становиться мутним. На практиці температуру кристалізації приймають ту, при якій видно оком кристали виділених твердих вуглеводів. Температура, при якій нафтопродукт втрачає повністю рухомість, називають температурою застигання [22, 23].

Пробірку розташовують у термосі з охолоджуючою сумішшю. Встановив температуру ванни термоса приблизно 0°C , опускають в неї підготовлений прилад (рис. 2.12).



1 - мішалка; 2 - мітка; 3 - термометр

а) схема

б) загальний вигляд

Рис. 2.12. Прилад для визначення температури застигання нафтопродуктів

Перемішують охолоджену суміш перемішувачем і слідкують за допомогою термометра 3 за зниженням температури досліджуваного палива. По-

чинаючи від $+10^{\circ}\text{C}$, перевіряють чи немає помутніння палива. Для цього швидко виймають пробірку з охолоджуючої суміші і порівнюють прозорість палива порівнюючи із зразком при температурі навколишнього середовища. Дослід повторюють при зниженні температури на 3° . При порушенні фазової однорідності паливо становиться мутним. Відмічають температуру, при якій помічено помутніння, і продовжують спостереження до тих пір, поки паливо застигне. При температурі застигання рівень палива в пробірці, яка знаходиться в охолоджуючій суміші і нахилена під кутом 45° , повинен залишатись постійним на протязі однієї хвилини. Цю температуру фіксують.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Визначення густини дизельного палива, метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Густина нафтопродукту – важливий його показник. Її необхідно знати для обліку витрати і нормування нафтопродуктів у господарствах, оскільки отримують їх з нафтобази в одиницях маси (кг, т), а при заправці видають в об'ємних одиницях (л). Крім того за густиною можна судити про вид нафтопродуктів та їх змішування між собою.

В таблиці 3.1 представлені результати досліджень.

Таблиця 3.1 – Густина дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії (РМЕ) і сої (СМЕ)

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			РМЕ у % до СМЕ
		ДП	РМЕ	СМЕ	
Густина, кг/м ³ , при 20 °С	не більше 860	827	916,5	890	103

Густина дизельного палива впливає на сумішоутворення. З підвищенням густини збільшується довжина факела, знижується економічність і зростає димність відпрацьованих газів. Аналізуючи отримані результати, зазначимо, що тільки дизельне паливо відповідає вимогам стандарту. Різниця між нафтовим паливом і РМЕ складає 89,5 кг/м³, СМЕ – 63 кг/м³. Різниця між РМЕ і СМЕ складає 26,5 кг/м³ або 3%. При їх змішування між собою і тривалому зберіганні відбудеться розшарування.

3.2 Визначення в'язкісних і низькотемпературних властивостей дизельного палива, метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Надійність подачі дизельного палива залежить від прокачувальної здатності (здатності проходити через елементи системи живлення, головним чином через фільтри грубої і тонкої очистки). Фільтри грубої очистки затримують механічні домішки розміром більше 50...60 мкм, тонкої – більше 2...5 мкм. При порушенні їх роботи зменшується, а іноді зовсім припиняється циклова подача палива, падає тиск впорскування палива. На характер надходження палива через систему живлення двигуна впливають його в'язкість і низькотемпературні властивості, а також забрудненість механічними домішками і водою.

Результати визначення в'язкісних і низькотемпературних властивостей дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії та їх сумішей представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – В'язкість, низькотемпературні властивості дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії (PME) і сої (CME)

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			PME у % до CME
		ДП	PME	CME	
Кінематична в'язкість, мм ² /с, при температурі 20 °С	3,0...6,0	3,19	16,76	13,83	121,2
Температура помутніння, °С	- 5	- 6	- 6	- 4	150
Температура застигання, °С	- 10	- 11	- 15	- 6	250

Якщо паливо має високу в'язкість, його фільтрація утруднена, що може призвести до порушення подачі палива насосом. При низькій в'язкості дозування палива порушується через його протікання між плунжером і втулкою насоса високого тиску. Крім того, дизельне паливо є мастилом для прецизій-

них деталей системи живлення, тому регулюється його мінімальна і максимальна в'язкість.

В'язкість і низькотемпературні властивості палива взаємопов'язані і негативно впливають на його прокачування, особливо при низьких температурах.

Подача палива при низьких температурах може бути порушена через засмічення фільтрів кристалами парафіну. Цей стан палива визначається точкою помутніння. Це температура, при охолодженні якої паливо втрачає прозорість через виділення мікрочастин парафіну, церезину та льоду. Для надійної подачі палива в двигун взимку ця температура повинна бути на $3 \dots 5^\circ \text{C}$ нижче тієї, при якій вона використовується. Також розкрито спосіб знаходження температури кристалізації; яка береться за температуру, при якій у паливі з'являються перші кристали, що можна побачити неозброєним оком.

Низькотемпературні властивості палива також характеризуються температурою застигання, при якій паливо втрачає плинність. Температурою застигання називається температура, при якій паливо, наливо в пробірку, при охолодженні за певних умов досягає стану, що не змінює положення меніска протягом однієї хвилини при нахилі пробірки на 45° .

Застигання палива відбувається при зниженні температури на $5 \dots 15^\circ \text{C}$ після його помутніння. Температура застигання є важливим показником дизельного палива, визначає можливість його використання при заданій температурі і входить до умовного позначення зимового дизельного палива. Для надійної роботи системи електропостачання найнижча температура навколишнього середовища повинна бути на $10 \dots 15^\circ \text{C}$ вище температури застигання.

Але температури помутніння і застигання дизельного палива не завжди відтворюють реальну картину поведінки дизельного палива в зимових умовах його використання, вони служать лише орієнтиром для визначення можливості використання палива при низьких температурах.

Підвищення в'язкості палива призводить до збільшення кількості крапель у факелі, що значно погіршує розпилення та випаровування палива. Паливо з високою в'язкістю вигорає в кінці циклу розширення, знижуючи ефективність і збільшуючи димність вихлопних газів.

3.3 Визначення температури спалаху дизельного палива, метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Температурою спалаху називають ту температуру, при якій пара палива з повітрям утворює горючу суміш, що спалахує від стороннього полум'я.

Температура спалаху палив для швидкохідних дизелів повинна бути не нижче $+55^{\circ}\text{C}$. Зниження температури спалаху свідчить про наявність в паливі легких фракцій (керосинових, бензинових), що створює велику пожежонебезпечність, збільшує збитки при зберіганні і транспортуванні, а також збільшує жорсткість роботи дизеля.

Результати досліджень представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Температура спалаху дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії (PME) і сої (CME)

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			PME у % до CME
		ДП	PME	CME	
Температура спалаху, $^{\circ}\text{C}$	не нижче 40	60	110	85	129,4

Підвищена майже в 2 рази, температура спалаху біодизельного палива в закритому тиглі 110°C , забезпечує високу пожежонебезпечність.

3.4 Визначення фракційного складу дизельного палива, метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Фракційний склад встановлює залежність між кількісним вмістом фракцій палива (в процентах за об'ємом) і температурою, при якій воно перегається. Від фракційного складу бензину залежить пуск двигуна, час його прогрівання і прийомистість, спрацювання деталей циліндропоршневої групи; витрата палива, масла; токсичність відпрацьованих газів тощо.

В таблиці 3.4 представлені результати досліджень.

Таблиця 3.4 – Фракційний склад дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії (PME) і сої (CME)

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			PME у % до CME
		ДП	PME	CME	
Фракційний склад, °C: поч. кипіння		166	235	260	90,4
5%		183	294	310	94,8
10%		191	307	315	97,5
20%		206	316	319	99,1
30%		220	320	318	100,6
40%		234	320	315	101,6
50%	не вище 280	248	320,5	306	104,7
60%		263	320	302	106,0
70%		281	316	287	110,1
80%		303	314	241	130,3
90%	не вище 360	329	307	202	152,0
кінець кипіння		332	304	202	150,5

Дизельне паливо повинно мати чітко визначений фракційний склад. Використання палива як важкого, так і легкого фракційного складу призводить до відмови двигуна. У першому випадку через його незадовільне випаровування виникає несвоєчасне самозаймання і неповне згоряння, що призводить до змивання масла зі стінок циліндра, збільшення сажі, розрідження масла в картері. У другому випадку утруднюється запуск двигуна, підвищу-

ється жорсткість його роботи. Вплив фракційного складу палива на суміш різних типів двигунів різний. Двигуни з вихрово-камерним змішуванням через більш сприятливі умови згоряння менш чутливі до фракційного складу палива, ніж двигуни з прямим уприскуванням.

Стандартом є визначення температур перегонки 50 і 90% палива: $t_{50\%}$ впливає на його пускові властивості та поглинання (інтенсивність розгону автомобіля до певної швидкості після різкого руху дозуючого органу палива), $t_{90\%}$ - це кінцева температура перегонки і свідчить про наявність важких фракцій сумішоутворення.

Чим нижче температура перегонки на 50% палива, тим легше і швидше можна запустити двигун, легше випаровуються середні фракції бензину, забезпечуючи стабільну роботу двигуна на холостому ході і хороший забір.

Як видно з таблиці 3.4, зі зменшенням кількісного вмісту дизельного палива в суміші підвищується температура перегонки 50% палива, що означає погіршення пускових властивостей та забору, що негативно вплине на продуктивність транспорту.

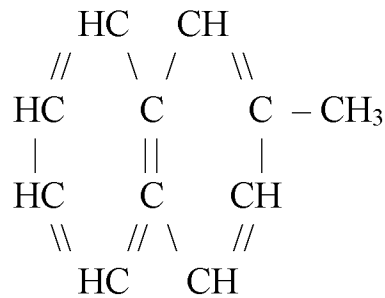
3.5 Визначення цетанового числа дизельного палива, метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Про схильність дизельних палив до запалювання судять по їх цетановому числу.

Чисельне значення цетанового числа залежить від хімічної структури палива і якості сумішоутворення. Легковипаровувані і легкоокисляючі палива мають менший період затримки запалювання, забезпечують м'яку роботу двигуна, на них легше відбувається пуск. Їх цетанові числа вищі, ніж у палив з великим періодом затримки запалювання.

Цетанове число встановлюють по методу паливних еквівалентів: випробований зразок дизельного палива порівнюється з еталонним.

В якості еталонів прийняті: 1) цетан, або н-гексадекан, ($C_{16}H_{34}$), його структурна формула $CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$, вуглеводень нормальної будови алканового ряду, що має дуже малий період затримки запалювання, умовно його цетанове число прийняте за 100 одиниць і 2) α -метилнафталін ($C_{10}H_7CH_3$), його структурна формула



вуглеводень ароматичного ряду, дуже важко займається і має тому великий період затримки запалювання, умовно його цетанове число прийняте за 0.

Чисельно цетанове число дизельного палива рівне процентному вмісту (за об'ємом) цетана в суміші з α -метилнафталіном, яка по характеру згорання (самозайманню) рівноцінна випробовуваному паливу.

Цетанове число здійснює великий вплив не тільки на процес згорання дизельного палива, але також і на його пускові властивості. Пустити холодний двигун на паливі з цетановим числом нижче 40 *од* дуже важко, особливо в холодний зимовий час. ГОСТом допускаються палива з цетановим числом не нижче 40 *од*, але бажані палива з цетановим числом 45-50 *од* [17, 25].

Подальше підвищення цетанових чисел палив для дизелів існуючих конструкцій вже не робить значного впливу на процес згорання.

Цетановий індекс (число) визначають згідно ГОСТ 27768-88 [26]. Цей стандарт поширюється на дизельне паливо і встановлює метод визначення цетанового індексу не вище 60. Метод полягає у визначенні густини дизельного палива при $15^\circ C$ за ГОСТ 3900-85 [27] і середньої температури кипіння 50%-вої (за обсягом) фракції дизельного палива за ГОСТ 2177-82 [28].

На основі отриманих даних розраховують по рівнянню (3.1) або визначають по номограмі (рис. 3.1) цетановий індекс дизельного палива.

Розрахунковий цетановий індекс рекомендується застосовувати для характеристики дистилянтних фракцій дизельних палив і палив, отриманих на установках каталітичного крекінгу, а також для характеристики їх сумішей у тих випадках, коли немає випробувальної апаратури або кількості зразка недостатньо для проведення випробування на двигуні.

Розрахунок цетанового індексу по рівнянню не заміняє визначення цетанового числа на випробувальній апаратурі відповідно до ГОСТ 3122-67 [29] але є додатковим методом визначення цетанового числа.

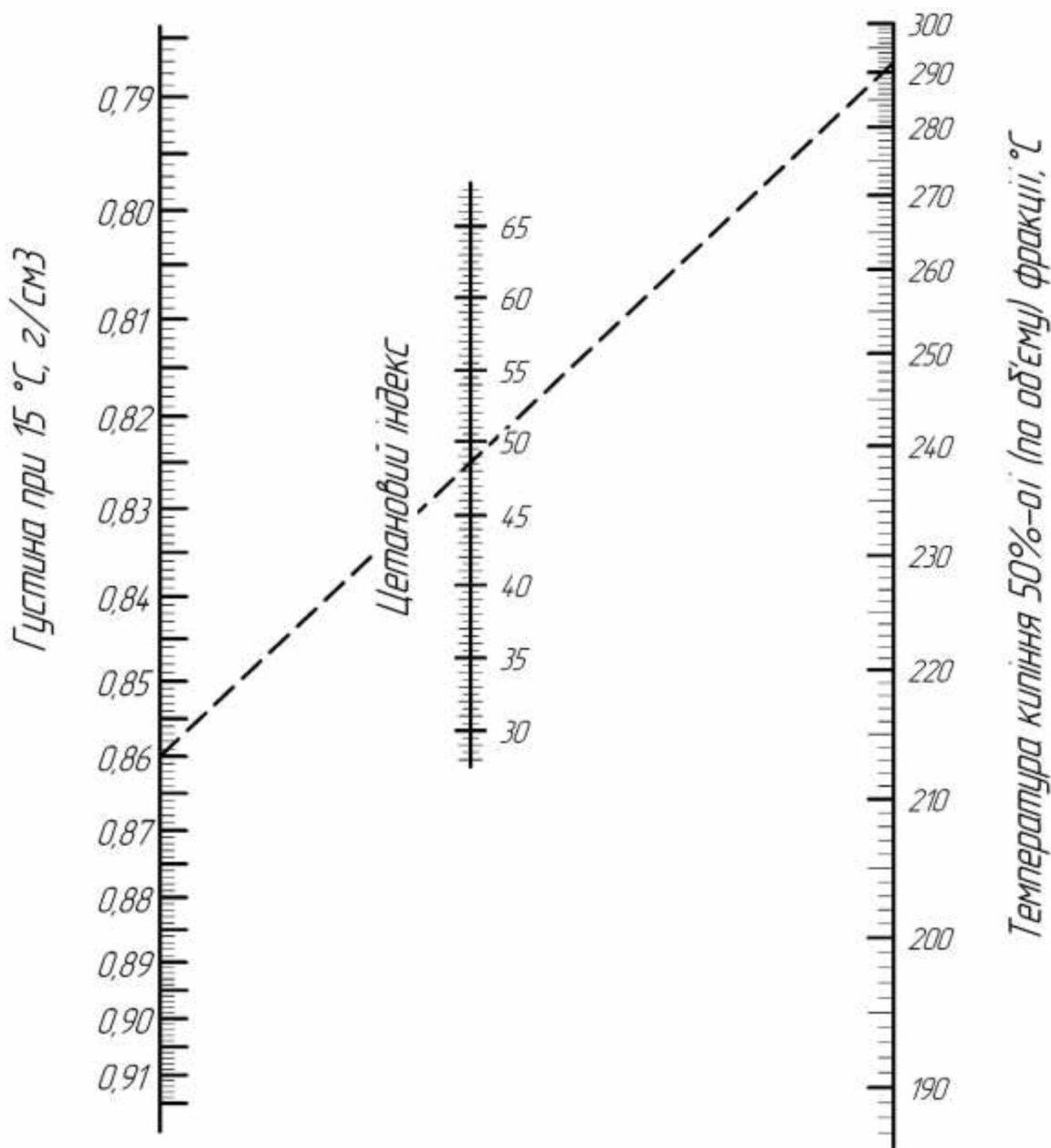


Рис. 3.1. Номограма визначення цетанового числа

Метод дає значні розбіжності при застосуванні його для визначення цетанового індексу нафти, залишкових продуктів і високолетучих продуктів з кінцем кипіння нижче 260°C, які можуть додаватися в дизельне паливо.

Відбір проб проводять за ГОСТ 2517-85 [30].

Проведення випробування. Визначають густину дизельного палива при 15°C за ГОСТ 3900-85 і середню температуру кипіння 50%-ної фракції (за обсягом) за ГОСТ 2177-82.

Цетановий індекс (ЦИ) розраховують по рівнянню:

$$\text{CI} = 454,74 - 1641,416 \cdot \rho + 774,74 \cdot \rho^2 - 0,554 \cdot t + 97,803(\lg t)^2, \quad (3.1)$$

де ρ – густина при 15°C, визначена по ГОСТ 3900-85, г/см³;

t – температура кипіння 50%-ої (за обсягом) фракції з урахуванням поправки на нормальний барометричний тиск 101,3 кПа, визначається за ГОСТ 2177-82;

\lg – логарифм із основою 10.

Цетановий індекс дистилатних дизельних палив може бути визначений по номограмі (рис. 3.1).

Показники точності при визначенні цетанового індексу розрахунковим методом залежать від точності методів визначення густини за ГОСТ 3900-85 і температури кипіння 50%-ої (за обсягом) фракції палива за ГОСТ 2177-82.

В межах цетанових чисел від 30 до 60 для дистилатних дизельних палив розрахунковий цетановий індекс збігається (з 75%-ний довірчою ймовірністю) з цетановим числом, визначеним експериментально на випробувальній апаратурі, з розбіжністю в межах ± 2 цетанових одиниць.

Густину і температуру викіпання 50% палива із таблиці 3.4 і протоколів досліджень зводимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Густина температуру викіпання 50% дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії (РМЕ) і сої (СМЕ)

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			РМЕ у % до СМЕ
		ДП	РМЕ	СМЕ	

Густина, кг/м^3 , при 15°C	не більше 860	837	919	893	102,9
Фракційний склад, $^\circ\text{C}$: 50%	не вище 280	248	320,5	306	104,7

На основі отриманих даних визначаємо по номограмі (рис. 3.1) цетановий індекс (число) дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії (РМЕ) і сої (СМЕ). Для прикладу на рис.4.2 показано визначення метанового індексу дизельного палива.

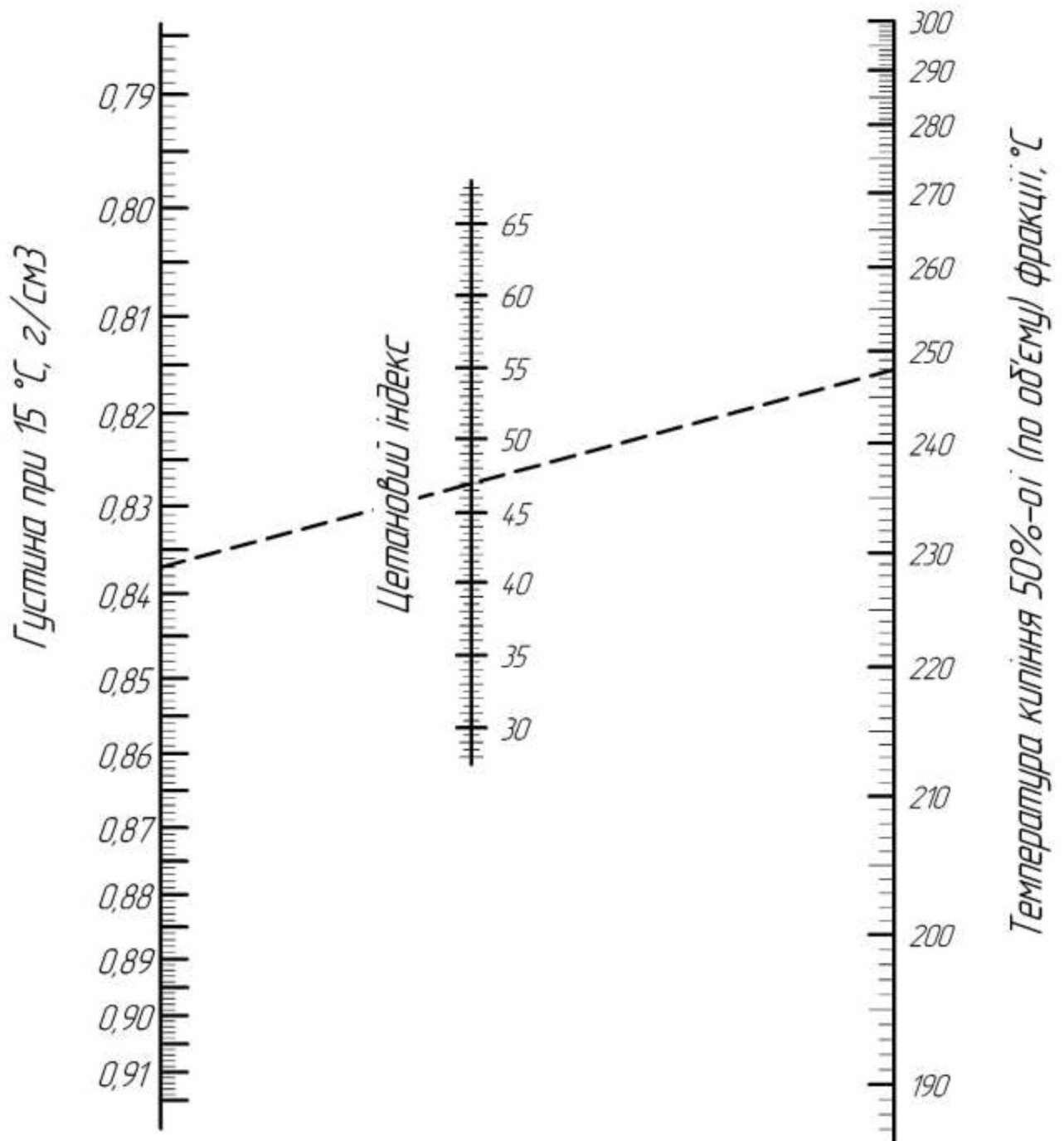


Рис. 3.2. Номограма визначення цетанового числа дизельного палива

Також проводимо розрахунок цетанового індексу по формулі (3.1).

ДП

$$\begin{aligned} \ddot{O}E = 454,74 - 1641,416 \cdot 0,837 + 774,74 \cdot 0,837^2 - 0,554 \cdot 248 + \\ + 97,803(\lg 248)^2 = 46,83. \end{aligned}$$

РМЕ

$$\begin{aligned} \ddot{O}E = 454,74 - 1641,416 \cdot 0,861 + 774,74 \cdot 0,919^2 - 0,554 \cdot 320,5 + \\ + 97,803(\lg 320,5)^2 = 54,12. \end{aligned}$$

СМЕ

$$\begin{aligned} \ddot{O}E = 454,74 - 1641,416 \cdot 0,893 + 774,74 \cdot 0,893^2 - 0,554 \cdot 306 + \\ + 97,803(\lg 306)^2 = 56,07. \end{aligned}$$

Результати визначень цетанового числа зводимо в таблицю 4.4. і будемо графік 3.6.

Таблиця 3.6 – Результати визначень цетанового числа дизельного палива, метилового ефіру ріпакової олії (РМЕ) і сої (СМЕ)

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			РМЕ у % до СМЕ
		ДП	РМЕ	СМЕ	
Цетанове число по номограмі	–	47	54	55	98,2
Цетанове число по формулі	–	46,83	54,12	56,07	96,5

Метиліві ефіри ріпакової і соєвої олії відмічаються хорошим самозаго-
рванням, оскільки їх цетанове число досягає відповідно 54 і 55, тоді як цей по-
казник традиційного дизельного палива складає 47.

3.6 Визначення теплоти згоряння дизельного палива і метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Рідке нафтове паливо має такий склад у відсотках по масі: С = 86%, Н =

13%, $O = 1\%$. Визначимо нищу теплоту згоряння палива.

Нищу теплоту згоряння палива визначаємо за формулами [18]:

$$Q_H = 339 \cdot C + 1256 \cdot H - 109 \cdot (O - S) - 25 \cdot (9H - W). \quad (3.2)$$

В зв'язку з відсутністю в складі палива вологи та сірки формула спроститься

$$Q_H = 339 \cdot C + 1256 \cdot H - 109 \cdot O. \quad (3.3)$$

Після підстановки значень відсоткового складу вуглецю, водню та кисню, маємо:

$$Q_H = 339 \cdot 86 + 1256 \cdot 13 - 109 \cdot 1 = 45373 \text{ кДж/кг.}$$

Метиловий ефір жирних кислот з олії ріпаку має наступний хімічний склад [31]: $C = 72,5\%$, $H = 11,6\%$, $O = 15,9\%$.

Визначаємо по формулі (3.3) нищу теплоту згоряння.

$$Q_H = 339 \cdot 72,5 + 1256 \cdot 11,6 - 109 \cdot 15,9 = 37414 \text{ кДж/кг.}$$

Метиловий ефір жирних кислот з олії сої має наступний хімічний склад [31]: $C = 77,5\%$, $H = 11,5\%$, $O = 10\%$.

Визначаємо по формулі (3.3) нищу теплоту згоряння.

$$Q_H = 339 \cdot 77,5 + 1256 \cdot 11,5 - 109 \cdot 10 = 39517 \text{ кДж/кг.}$$

Зводимо отримані результати в таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Теплота згоряння дизельного палива і метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			РМЕ у % до СМЕ
		ДП	РМЕ	СМЕ	
Теплота згоряння, кДж/кг	–	45373	37414	39517	94,7

Як видно із табл. 3.7 теплота згоряння РМЕ менша від СМЕ. Це значить що експлуатаційна витрата РМЕ буде більшою на 5,3%.

Зводимо фізико-хімічні властивості дизельного палива і метилового ефіру жирних кислот ріпакової та соєвої олії в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Фізико-хімічні властивості суміші дизельного палива і метилового ефіру ріпакової та соєвої олії

Показник	ДСТУ 3868 [24]	Види палив			РМЕ у % до СМЕ
		ДП	РМЕ	СМЕ	
Густина, кг/м ³ , при 20 °С	не більше 860	827	916,5	890	103
Кінематична в'язкість, мм ² /с, при температурі 20 °С	3,0...6,0	3,19	16,76	13,83	121,2
Температура помутніння, °С	- 5	- 6	- 6	- 4	150
Температура за- стигання, °С	- 10	- 11	- 15	- 6	250
Температура спалаху, °С	не нижче 40	60	110	85	129,4
Фракційний склад, °С:					
50%	не вище 280	248	320,5	306	104,7
90%	не вище 360	329	307	202	152,0
Цетанове число по номограмі	не нижче 45	47	54	55	98,2
Цетанове число по формулі	не нижче 45	46,83	54,12	56,07	96,5
Теплота згорян- ня, кДж/кг	–	45373	37414	39517	94,7

Підводячи підсумки зазначимо, що по ряду показників метилові ефіри не відповідають вимогам стандарту. Тому перед їх використанням необхідні поглиблені й різнопланові дослідження й випробування, як самого палива так і його впливу на надійність та довговічність автотракторної техніки.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

Охорона довкілля, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки, життєдіяльності людини - невід'ємна частина суспільного розвитку України. З цією метою в Україні реалізується екологічна політика, спрямована на збереження безпечного середовища для життя та неживої природи, захист життя і здоров'я населення від небезпечних наслідків забруднення навколишнього середовища, охорону, раціональне використання природних ресурсів.

25 червня 1991 року Верховна Рада України прийняла Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Законом передбачена обов'язкова екологічна експертиза в процесі законодавчо-господарської, управлінської та іншої діяльності, що впливає на стан навколишнього природного середовища, а також документація для створення нової техніки, технології, матеріалів тощо.

Закон України «Про екологічну експертизу» прийнятий Верховною Радою 9 лютого 1995 року.

Атмосфера завжди містить певну кількість домішок, які надійшли в неї з природних і антропогенних джерел.

Найбільш поширеними забруднювачами повітря є: окис вуглецю, чадний газ CO, діоксид сірки SO₂, оксид азоту NO та пил.

Сьогодні підприємство має машинно-тракторний парк, до складу якого входять машинні двори та гаражі. Їх обслуговують майстерні та АЗС. На стоянках тракторів утворюються плями нафтопродуктів, які випаровуються в повітря. Джерелом забруднення повітря є наявність котлів, що працюють на рідкому та газоподібному паливі. Продукти горіння печі зазвичай викида-

ються в атмосферу по трубах без спеціального очищення. Концентрація пилу в повітрі досягає 2-7 мгм/м³.

Основним джерелом забруднення повітря є машинно-тракторний парк господарства. Інженерно-технічна служба агрофірми стежить за дотриманням раціональної експлуатації техніки. Контроль за станом систем живлення та запалювання тракторних двигунів здійснюється за допомогою діагностичних засобів. При цьому контроль за забрудненням повітря здійснюють працівники ДАІ та Держтехнінспекції, які мають газоаналізатори для визначення вмісту чадного газу у вихлопних газах.

До основних заходів захисту атмосфери від забруднення відноситься широке використання пиловловлюючих систем і пристроїв. За своєю сучасною класифікацією, виходячи з принципових особливостей процесу очищення, пилозбірне обладнання поділяють на 4 групи: сухі пиловловлювачі, вологі пиловловлювачі, електрофільтри та фільтри. При високій концентрації домішок у повітрі застосовуються пилозбірники різних типів, у тому числі електрофільтри. Фільтри застосовують для тонкого очищення повітря з концентрацією домішок не менше 100 мг/м². Якщо потрібна тонка очистка повітря при високих початкових концентраціях домішок, очищення проводять у системі послідовного підключення пилозбірників і фільтрів. Для підвищення ефективності пиловловлювачів даної конструкції необхідно збільшити швидкість перенесення очищеного потоку в спіральному корпусі (це призводить до різкого збільшення гідравлічного опору пристрою) або зменшити радіус кривизни спіралі. кожуха (це знижує її продуктивність). Такі машини забезпечують досить високу ефективність очищення повітря при уловленні середніх і великих частинок пилу.

Основними джерелами забруднення водних ресурсів (річок, водосховищ тощо) є забруднення земель стічними водами, нафтопродуктами, пестицидами. Особливо під час експлуатації та обслуговування машинно-тракторного парку є велика ймовірність потрапляння у воду нафтопродуктів, що негативно на неї впливають, а також біологічного очищення стічних вод.

Розроблено систему заходів щодо запобігання забрудненню води. Стічні води очищаються на очисних спорудах. Ці очисні споруди являють собою систему сіток і фільтруючих елементів, які знижують кількість шкідливих речовин в них.

Окремо розташований склад паливно-мастильних матеріалів, побудований за типовим проектом. Відпрацьоване паливно-мастильні матеріали збирають на пунктах технічного обслуговування автомобілів і тракторів, зливають у закриті тари, а потім періодично відправляють на райнафтобазу на регенерацію.

Забороняється мити автомобілі на берегах природних і штучних водойм, річок і каналів. Машинні двори обладнані мийками. Мають масляні фільтри для очищення стічних вод.

4.2 Охорона праці

4.2.1 Значення охорони праці

Охорона праці – система законодавчих, соціально – економічних, технічних і організаційних заходів, направлених на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі роботи.

Політика України в галузі охорони праці відображена в Законі «Про охорону праці», прийнятий 14 жовтня 1992 року, переглянутий 21 листопада 2002 року.

В магістерській роботі досліджується ефективність використання метилових ефірів жирних кислот з олії ріпаку, які є альтернативним паливом для дизелів. Тому всі питання, розглянуті в даному розділі, присвячені дизельному паливу і лабораторії, в якій воно досліджується.

4.2.2 Вимоги безпеки при роботі з дизельним паливом

Клас небезпеки дизельного палива по ГОСТ 12.1.007:

- при інгаляційній дії – 4 (речовини малонебезпечні);
- при попаданні в шлунок – 4 (речовини малонебезпечні);
- при нанесенні на шкіру – 4 (речовини малонебезпечні),

Дизельне паливо надає слабку інгаляційну дію, викликає слабе роздратування оболонки очей і шкіри людини, надає слабовиражену алергічну дію, має слабкі кумулятивні властивості (коефіцієнт кумуляції 4,9). Для дизельного палива притаманний наркотичний характер дії на організм.

Температура самозаймання дизельного палива мазки Л – 300°C, мазки З – 310 °C

Клас небезпеки і пожежонебезпечні властивості визначаються при постановці палива на виробництво.

Гранично допустима концентрація пари палива в повітрі робочої зони 300 мг/м³.

У разі попадання палива

- на шкіру – необхідно витерти продукт ганчіркою, забруднене місце промити водою з милом;
- на слизисту оболонку ока – негайно промити великою кількістю води;
- у шлунок – викликати блювоту, промити шлунок і направити потерпілого в лікувальний заклад.

Контроль повітря робочої зони при роботі з паливом проводять на наявність пари аліфатичних граничних вуглеводнів С1-С10 в перерахунку на вуглець (ПДК = 300 мг/м³ по ГОСТ 12.1.005).

Згідно з ГОСТ 12.1.044 дизельне паливо (зимове для тепловозів і судових дизелів і газових турбін, літнє і зимове для дизелів загального призначення) є

легкозаймисту рідину; дизельне паливо (літнє для тепловозів і судових дизелів і газових турбін) є горючою рідиною.

Температурні межі розповсюдження полум'я для палива: марок: літнього – нижній 69°C, верхній 119 °C; зимового – нижній 82 °C, верхній 105 °C.

Вибухонебезпечна концентрація пари палива в суміші з повітрям складає від 2 % до 3 % (за об'ємом).

При загорянні дизельного палива використовують наступні засоби пожежогасіння: розпилену водну піну, вогнегасники порошкових класів В і АВС (універсальні); при об'ємному гасінні – вуглекислий газ, вогнегасні порошки класу В і АВС і засоби аерозольного гасіння.

При роботі з паливом необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту, передбачені типовими галузевими нормами, затвердженими в установленому порядку: костюми по ГОСТ 12.4.112 або ГОСТ 12.4.111, черевики по ГОСТ 12.4.137, рукавиці по ГОСТ 12.4.010, захисні окуляри типу ЗН по ГОСТ 12.4.013, фартухи по ГОСТ 12.4.029.

Приміщення, де проводяться роботи з паливом, повинні, бути обладнані приточно-витяжною вентиляцією згідно СНиП 2.04.05 і ГОСТ 12.4.021, водопровідною системою і каналізацією по СНиП 2.04.01, штучним освітленням по СНиП Н-4-79, опалюванням по СНиП 2.04.05, питною водою по ГОСТ 2874.

Перед входом в приміщення повинні вивішуватися попереджувальні знаки безпеки згідно ГОСТ 12.4.026.

У приміщеннях для зберігання палива не дозволяється зберігати кислоти, балони з киснем і інші окислювачі.

Все устаткування і комунікації повинні бути захищені від статичної електрики засобами захисту згідно ГОСТ 12.4.124.

У приміщеннях, де проводяться технологічні роботи з паливом, забороняється робити з відкритим вогнем.

При відкритті тари не дозволяється використовувати інструменти, що дають при ударі іскру.

З метою виключення забруднення повітря робочих приміщень необхідно забезпечувати герметичність місткостей, устаткування, комунікацій і засобів відбору проб згідно СанПиН № 1042, затвердженим в установленому порядку.

Персоналу, що працює з паливом, необхідно проходити первинні і періодичні медогляди згідно «Положення про порядок проведення медичних оглядів працівників певних категорій», затвердженого наказом МЗ України від 31.03.1994 р. № 45.

4.2.3 Аналіз умов виникнення і розвитку аварій в лабораторії по дослідженню дизелів

За розрахункову береться максимальна температура за регламентом, робочими інструкціями або іншою технічною документацією. Якщо передбачено блокування.

Схема побудови сценаріїв виникнення й розвитку аварій в лабораторії по дослідженню паливно-мастильних матеріалів представлена на рис.4.1.

Розробка інженерно-технічних заходів, спрямованих на забезпечення безпечного функціонування потенційно-небезпечних ситуацій, захист виробничого персоналу та населення у разі виникнення аварій, надзвичайних ситуацій представлена в таблиці 4.1.

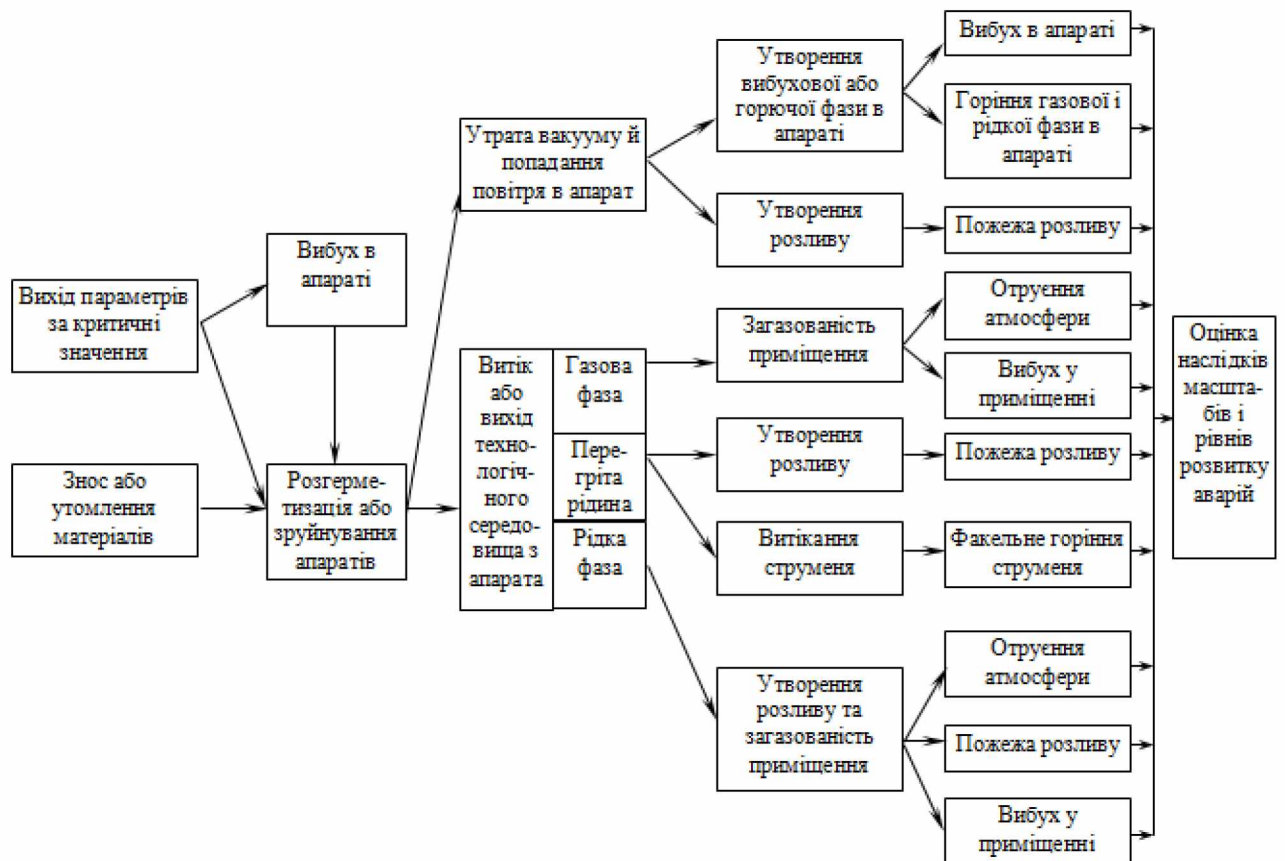


Рисунок 4.1 – Схема побудови сценаріїв виникнення й розвитку аварій в лабораторії по дослідженню паливно-мастильних матеріалів

Таблиця 4.1 – Типова схема поетапного аналізу умов виникнення і розвитку аварій

Найменування стадії розвитку аварійної ситуації (аварії)	Основні принципи аналізу умов виникнення (переходу на іншу стадію) аварійної ситуації (аварії) та її наслідків	Способи і засоби попередження, локалізації аварії
1	2	3
Утворення вибухонебезпечного середовища в апараті (установка для визначення фракційного складу)	Аналіз вибухопожежонебезпечних властивостей речовин під тиском і при температурі технологічних процесів; оцінка можливості й умов утворення вибухонебезпечного середовища	Флегматизація вибухонебезпечної технологічної суміші інертними газами, введення інгібіторів; зміна складу технологічного середовища, температури і тиску процесу, способу введення реагентів до апарата

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
<p>Наявність джерел запалювання в апаратурі та поза устаткув. (установка для визначення температури спалаху)</p>	<p>Аналіз вибухонебезпечних характеристик речовин під тиском і при температурі технологічних процесів; оцінка можливості й умов утворення джерел запалювання в середині апаратів</p>	<p>Скорочення часу перебування технологічного середовища в апараті, заземлення устаткування, застосування засобів відводу й нейтралізації статичної електрики</p>
<p>Вибух в апаратурі (установка для визначення фракційного складу)</p>	<p>Наявність постійних і випадкових джерел запалювання та їх характеристики у порівнянні з температурою самозаймання й мінімальною енергією запалювання. Наявність вибухонебезпечної суміші</p>	<p>Виключення джерел запалювання, застосування засобів контролю і регулювання щодо запобігання утворенню вибухонебезпечної суміші</p>
<p>Зруйнування апаратури (установка для визначення фракційного складу)</p>	<p>Аналіз кількісних енергетичних характеристик вибуху (надлишковий тиск, швидкість наростання тиску) й порівняння їх із характеристиками міцності апаратури. Наявність засобів захисту устаткування від зруйнування при вибуху (запобіжні клапани, вибухові мембрани, відсікачі і т. ін.)</p>	<p>Оснащення запобіжними пристроями, автоматичними системами придушення вибуху, підвищення характеристик міцності апаратури</p>
<p>Викид продукту з апаратури (установка для визначення температури спалаху)</p>	<p>Визначення маси викинутого продукту, його складу, агрегатного стану, фізико-хімічних, вибухонебезпечних і токсичних властивостей. Перевірка стану міжблочних засобів, які перекривають надходження в апаратуру прямих і зворотних потоків технологічного середовища та теплоносіїв; їх відповідність вимогам нормативних документів; перевірка швидкодії виникальних засобів; перевірка навичок обслуговуючого персоналу щодо приведення в дію блокувальних засобів. Оцінка можливості виникнення вибухонебезпечних паро-, пилогазоповітряних сумішей, розміру площі розливу рідини</p>	<p>Блокування аварійної апаратури, обмеження площі розливу рідкої фази та її відведення в закриті системи, злив рідкої фази з апаратури в аварійну ємність. Скидання газової фази на факал (закриту систему, установку нейтралізації). Виведення людей з небезпечної зони</p>
<p>Розгерметизація апаратури (установка для визначення фракційного складу)</p>	<p>Перевірка відповідності устаткування, трубопроводів, запірної арматури, запобіжних і ущільнюючих пристроїв і т. ін. вимогам нормативів (проекту, регламентам); оцінка технічного стану апаратури (якість зварних з'єднань, складання роз'ємних з'єднань, ступінь зносу і т. ін.); оцінка порядку й повноти діагностичного контролю, ефективності планово-запобіжних ремонтів і т. ін.</p>	<p>Розвиток бази діагностування і дефектоскопії устаткування; вдосконалення системи планово-запобіжного ремонту; заміна морально застарілого, зношеного й не відповідного нормативам устаткування</p>

Продовження таблиці 4.1

1	2	3
Виникнення пожежі (лабораторія по дослідженню паливно-мастильних матеріалів)	Оцінка й аналіз: можливих масштабів пожежі (площа, кількість горючих продуктів, склад продуктів згорання, в т. ч. неповного); наявності й ефективності засобів гасіння пожежі; вміння персоналу діяти при ліквідації осередку займання; оперативності й оснащення ДПЧ; наявності і характеристик джерел запалювання	Виключення джерел запалювання; оснащення ефективними засобами гасіння пожежі, засобами сигналізації і зв'язку; дії персоналу і спецпідрозділів щодо рятування людей, гасіння пожежі
Перегрів устаткування з ЛЗР, ГР і зрідженими газами при пожежі з наст. вибухом	Наявність ємкісного устаткування з горючими продуктами в зоні можливого поширення пожежі (розлив продуктів). Наявність і ефективність систем аварійного спорожнення та скиду на факел (свічу), систем зрошення (охолодження), екранів і т. ін.	Винос ємкісного устаткування з зони можливого поширення пожежі. Оснащення його засобами аварійного спорожнення, скидання на факел, системами зрошення (охолодження); встановлення екранів і т. ін.

Для покращення стану охорони праці в лабораторії необхідно провести ряд заходів, зокрема:

- розробити нові та перевидати застарілі інструкції по охороні праці;
- дотримуватись потрібної періодичності та обсягів інструктажів по техніці безпеки;
- забезпечити куточки з охорони праці наочними засобами;
- проводити навчання та атестування дослідників з охорони праці та ін.

4.3 Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Оцінимо, яка кількість МЕРМ (за умови використання його в чистому вигляді як дизельного палива) необхідна для обробки 5000 га землі протягом року. За оцінкою авторів [3], для обробки 1 га рілля протягом року потрібно близько 65 літрів МЕРМ. При етерифікації з 1 тонни рапсового масла і

110 літрів метанолу виходить 1 тонна МЕРМ і близько 100 кг гліцерину. При врожайності рапсу 18 ц/га і отриманні з 1 т насіння близько 340 кг масла з одного гектара можна одержати 600 кг масла (600 кг МЕРМ), що дозволить забезпечити паливом обробку 10 га рілля. Таким чином, для повної обробки 5000 га рілля протягом одного року достатньо засадити рапсом 10% наявної землі. І це за умови, що одержуваний МЕРМ використовується як 100% дизельне паливо. Якщо ж використовуватиметься суміш: дизельне паливо - МЕРМ в співвідношенні 70:30, то площа, що засівається рапсом, зменшиться до 3,4%.

Отже, для обробки 5000 га рілля потрібно близько 300 тонн 100% МЕРМ, що вимагає для кооперативу фермерів однієї установки по виробництву біодизеля в кількості 1 т/добу. Якщо розглядати виробництво біодизеля в умовах замкнутого циклу (кооператив фермерів), то собівартість палива буде дуже малою.

Основні витрати: покупка установки для отримання біодизеля (разові витрати), покупка елітного насіння, покупка метанолу (з розрахунку 110 літрів на 1 тону рапсового масла за ціною 1040 грн./тонна), покупка добрив, електроенергія. Доходи (крім біодизеля): брикетірована рапсова солома (6-7 тонн/га) - як паливо, високоякісний шрот, гліцерин (9 грн./кг), продаж надлишків біодизеля і насіння рапсу.

Розрахунки приводяться по базовому комплекту біодизельної фабрики продуктивністю 1 200 л/добу на базі чеського (прес Farmer L200), польського (естерифікатор W-400 BIOPRESS), і українського (комунікації, фільтр, місткості і ін.) устаткування. Фабрика діє на агропідприємстві холдингу Порцелак в с.Остапівка Лубенського району.

Таблиця 4.2 – Розрахунок економічної ефективності

Показник	Одиниці виміру	Значення
Вихідні дані:		
Річний обсяг виробництва біопалива	л.	300000
Собівартість сировини – ріпак, соняшник, гірчиця	грн/т	8000
Ринкова собівартість макухи	грн/т	5000
Ринкова собівартість мінерального палива (на 19.10.2018 р.)	грн/л	31,0
Вихід продукції з однієї тонни сировини (по ріпаку)		
макуха	кг.	600
біодизель	л.	318
гліцерин	кг.	77
Витрати на 1000 літрів біопалива:		
Хімічні реактиви (метанол, КаОН)	грн	460,0
Електроенергія	грн	90,0
Зарплата персоналу (з нарахуваннями)	грн	300,0
Додатково (транспорт, хознужди і ін.)	грн	80,0
Вартість сировини (800 x 3,143)	грн	2510,0
Всього:	грн	3440,0
Всього на один літр палива:	грн	3,44
Доходи:		
Макуха (0,600 x 3,143 x 500)	грн	940
на один літр палива:	грн	0,94
Собівартість одного літра біодизеля	грн	27,40
Річний прибуток (31,0 - 27,40 x 300 000):	грн	1 080 000

Приведені розрахунки не враховують значної економії на транспортних витратах, а також використання гліцерину, як палива, добрива або для продажу.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел по використанню метилових ефірів ріпакової і соєвої олії як палива для двигунів внутрішнього згоряння показав, що:

– конкретизованих рекомендацій, щодо адаптації продуктів на базі ріпакової і соєвої олії, як палива для дизеля, немає;

– необхідні поглиблені й різнопланові дослідження й випробування, як самого біодизелю так і його впливу на надійність та довговічність авто-тракторної техніки.

2. За такими показниками, як густина, в'язкість, фракційний склад біодизельні палива суттєво відрізняється від дизельного палива.

3. Різниця між нафтовим паливом і біопаливом складає $89,5 \text{ кг/м}^3$. При їх змішування між собою і тривалому зберіганні відбудеться розшарування.

4. Підвищена майже в 2 рази температура спалаху біодизельного палива в закритому тиглі, забезпечує високу пожежонебезпечність.

5. Температура перегонки 50 % біопалива зростає, а значить погіршуються пускові властивості і прийомистість, що негативно вплине на продуктивність транспортного агрегату.

6. Теплота згоряння РМЕ менша від СМЕ. Це значить що експлуатаційна витрата РМЕ буде більшою на 5,3%.

7. Собівартість виробництва метилових ефірів з олії ріпаку і сої складають відповідно 5,56 і 6,29 грн/л. Така різниця пояснюється тим, що вміст олії в насінні ріпаку становить 36...40%, тоді як для сої цей показник коливається в межах 13...25%. Тому вихід олії з 1 т насіння ріпаку буде в середньому 370 кг, а сої – 180кг.