ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка
до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «___*магістр*___»

на тему: «Динамічні показники вантажного автомобіля при роботі на нафтовому та біодизельному паливі»

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 1
Аксьоненко С.Р.
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Харак Р.М.
Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: _____
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Альтернативними паливами називають замінники нафтових палив. Питання про використання альтернативних видів палив з кожним днем стає все більш актуальним. Необхідність розробки і застосування альтернативних палив для двигунів внутрішнього згоряння автотракторної техніки обумовлено двома основними взаємопов'язаними причинами:

- швидким зменшенням запасів нафти на Землі;
- погіршенням екологічної ситуації в багатьох країнах, в першу чергу в розвинутих країнах.

З численних замінників палива для дизелів (спиртів, ефірів, газоподібного палива) більш придатним є виготовлені на основі рослинних олій, оскільки вони мають близьку до дизельного палива самозаймистість і теплоту згорання. У світовому виробництві з різних олій лідером є соєва, другою йде пальмова і на третьому-четвертому місці знаходиться ріпакова разом з соняшниковою. Проте, враховуючи реальні можливості вирощування олійних культур для енергетичних потреб в умовах Європи і України, пріоритетне значення має ріпакова олія, а соняшникова займає другу позицію.

Більш висока, ніж у дизельного палива, температура кипіння компонентів олії призводить до утворення смоло- і лакових відкладенньв системі паливоподачі і на стінках камери згоряння, збільшується витрата олії і прискорюється знос деталей циліндро-поршневої групи. Тому доводиться підвищувати температури робочого циклу, в результаті чого зростають вимоги до матеріалів деталей, що утворюють камери згоряння.

Додаткове ускладнення зумовлюється надто високою в'язкістю ріпакової олії, яка приблизно в 15 разів перевищує відповідний показник дизельного палива. Тому система подачі палива повинна бути певним чином

модифікована. Порівняно висока температура застигання ріпакової олії викликає потребу в системі додаткового підігріву.

Отже, з приведеного вище випливає:

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

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

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Характеристика сировини для виробництва біопалива

Видозміна переробленої олії в процесі переетерифікації робить можливим утворення нових органічних сполук (ефірів), які відповідають властивостям та характеристикам дизельного палива, внаслідок чого не виникає потреби в суттєвих конструкційних змінах дизелів.

Ефіри олій можна виробляти з усіх видів рослинних олій і тваринних жирів (табл. 1.1), а також із залишків олій після їх харчового використання (картоплі фрі, смаженої риби тощо) [24].

Таблиця 1.1 – Характеристика сировини для виробництва ефірів

Показник	Олія				Тваринний жир
	ріпакова	соняш-никова	соєва	пальмова	
Густина , кг/м^3, при 20 ^{0}C	920	930	930	920	940
Температура самозаймання, ^{0}C	317	316	330	267	-
Кінематична в'язкість, мм^2/с, при температурі 20 ^{0}C	74	66	64	40	твердий
Цетанове число	44	36	39	42	-
Енергетична цінність, МДж/кг	41	36	39	42	-
Вміст кислот, %: олеїнової	60	28	28	41	40
пальмітинової	4	6	8	42	25
лінолевої	20	61	53	10	4
ліноленової	9	-	6	-	1
стеаринової	1	4	4	5	19

Метилові ефіри жирних кислот з олії ріпаку (РМЕ) є найбільш поширеним і перспективним паливом у Європі і на Україні. РМЕ, в залежності від застосовуваної технології та виробника зустрічається під

різними назвами: *RME, FAME, біонафта, biopal, ekol,* серед яких найпоширенішою є *біодизель.* Одержують РМЕ в результаті процесу етерифікації – реакції взаємодії метилового спирту й ріпакової олії в присутності каталізаторів – в результаті якого одержують ефір і гліцерин [5].

1.2 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 використовування РМЕ і його сумішей з мінеральним дизельним паливом в несертифікованих тракторах потужністю 18 кВт (Т-25А) і 58 кВт (МТЗ-82) [6].

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 З і твердих частинок в атмосферу при використовуванні 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 досліджень двигуни тракторів працювали з навантаженням 50-100%.

Питому і годинну витрату палива визначали при передпосівному культивуванні зораного 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.2O, використовуючи стандартний конус діаметром 12,5 мм і циліндровий наконечник з площею поверхні 3,0 $см^2$. 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 робочої 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 культивації стерні наступні: вологість грунту - 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 набуті при силі тяги P_{max} = 11,1 - 12,2 кН і робочої 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 використовуванні РМЕ питома витрата палива збільшилася на 12% в порівнянні з мінеральним дизельним паливом. При використовуванні 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/м^3.

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

Використовування 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 більше 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) [15, 16].

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 [2], 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 хв$^{-1}$ і 1 n =1800 хв$^{-1}$ і на режимі максимального крутного моменту (n =1400 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.

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

Режим роботы двигуна	Паливо	g_e, г/(кВт·год)	η_e	P_T, МПа	t_T, °С	α
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
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) говорять про збільшення питомої ефективної витрати палива, при застосуванні досліджуваних палив, на всіх режимах роботи двигуна (рис. 1.2, 1.3). При цьому потужностні показники дизеля на відповідних режимах його роботи в ході експерименту підтримувалися без змін.

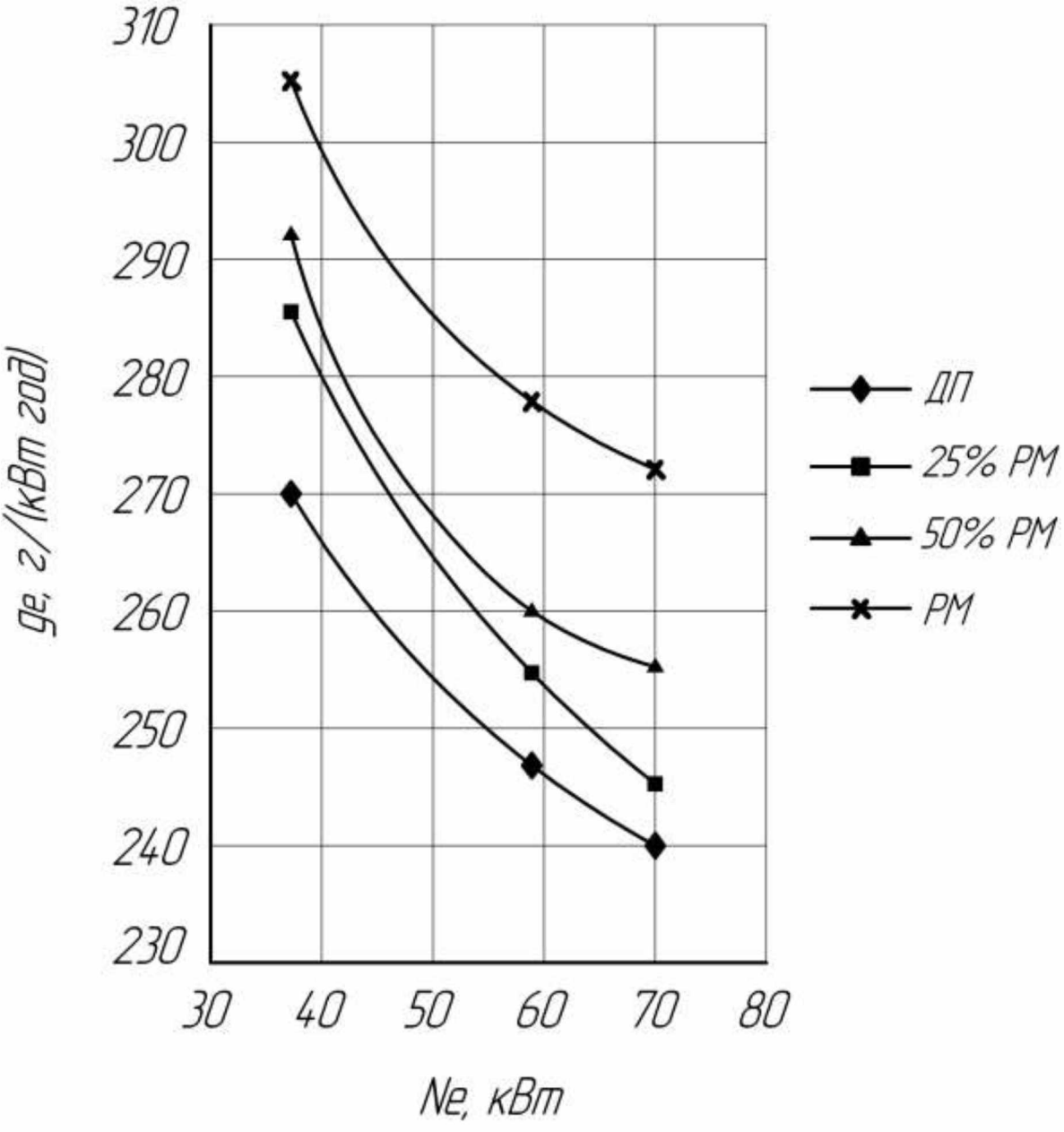


Рисунок 1.2 – Питома витрата палива

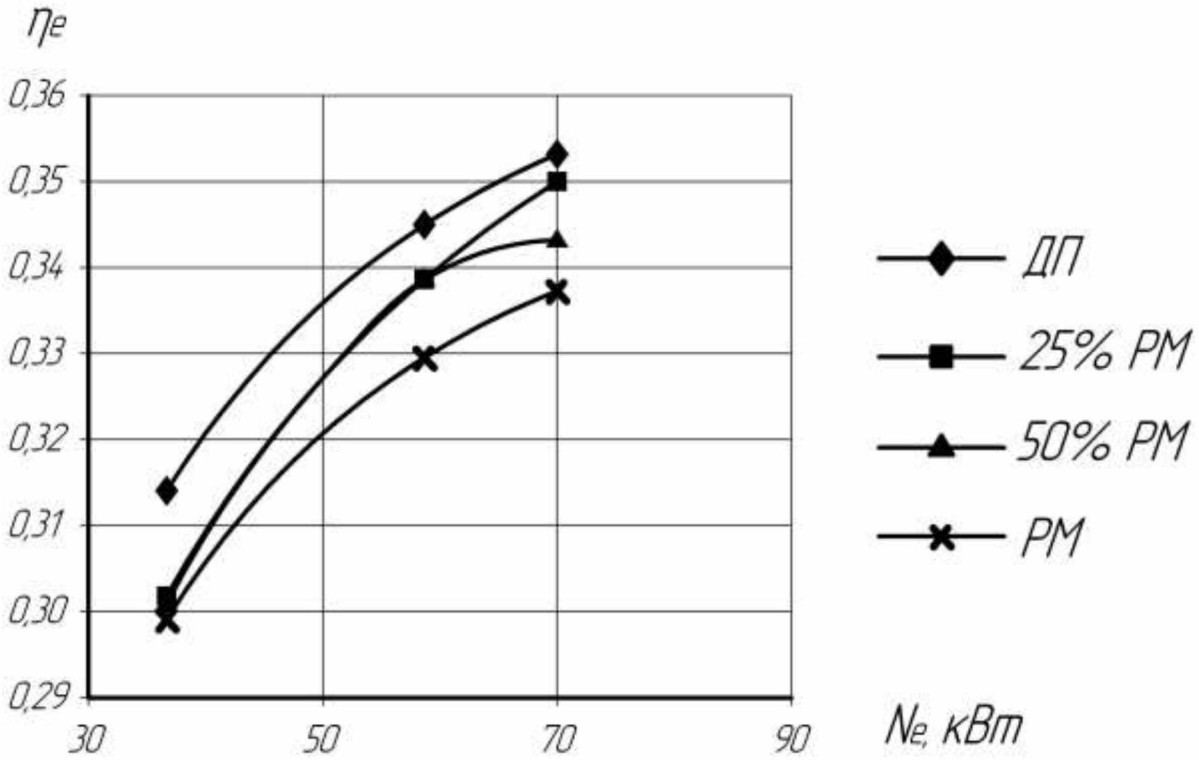


Рис. 1.3. Ефективний КПД двигуна

Погіршення ефективної витрати палива пояснюється з одного боку нижчою теплотою згорання РМ (табл. 2), 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 згоряння

Топливо	ДП	25%РМ+75%ДП	50%РМ+50%ДП	РМ
$Q_н$, 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.3 представлені результати порівняльних випробувань для номінального режиму роботи двигуна (n =1800 хв$^{-1}$, N_e = 70 кВт) у відносних величинах, де: $\overline{g_e} = \frac{g_{eCM}}{g_{eDT}}$; $\overline{\eta_e} = \frac{\eta_{eCM}}{\eta_{eDT}}$; $\overline{Q_e} = \frac{Q_{eCM}}{Q_{eDT}}$.Дані рис.1.4 дозволяють оцінити внески двох основних факторів в збільшенні питомої ефективної витрати палива. За рахунок нижчих значень $Q_н$ 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%.

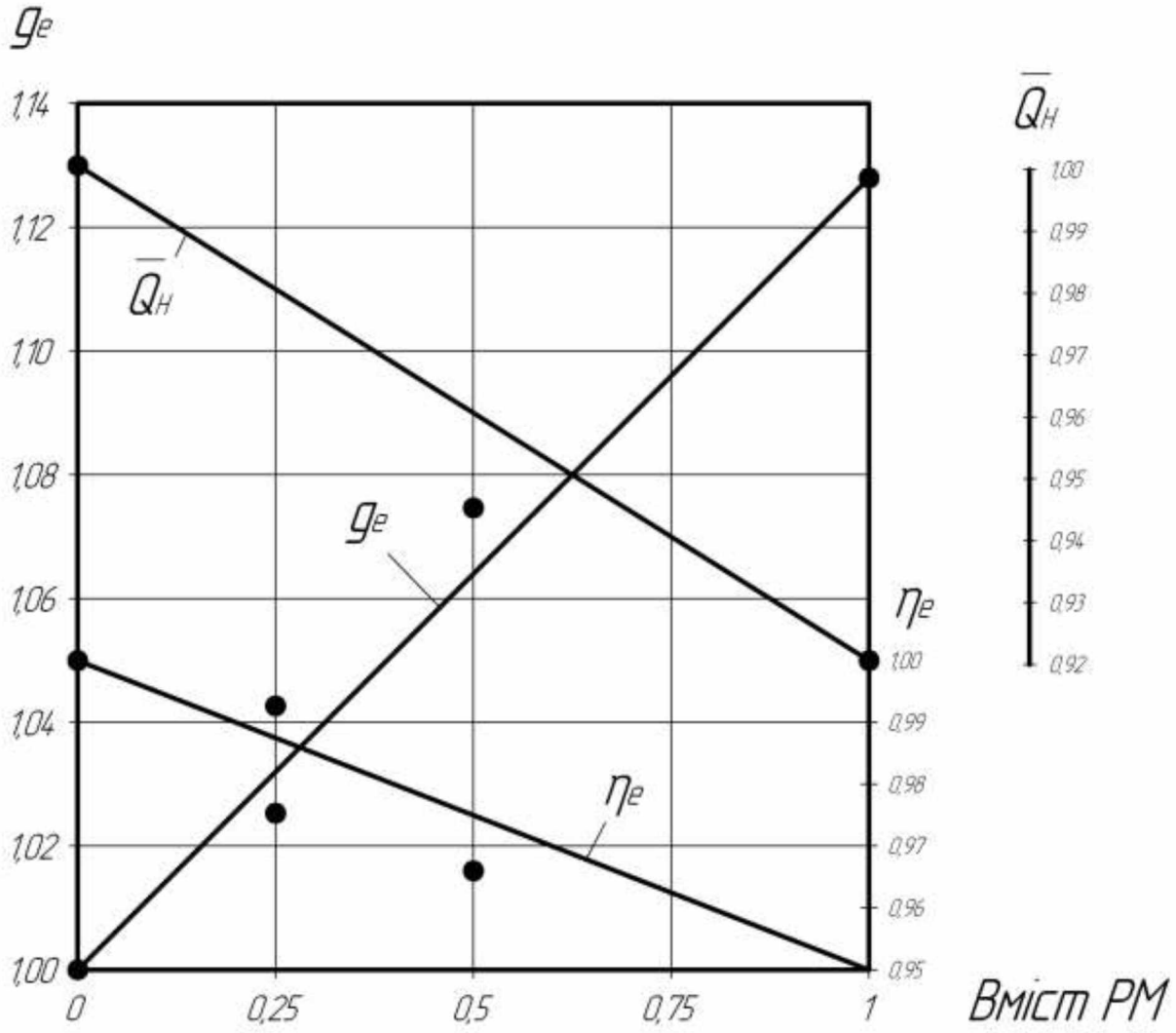


Рисунок 1.4 – Результати порівняльних випробувань для номінального режиму.

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» ЗАТ «Рапсойл»)	 Ріпакова олія Ріпакова олія	 35 до 50
США	Соєва 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, фракційних 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.

1.4 Виробництво біопалива в різних країнах

На підставі аналізу було визначено, що перспективним альтернативним паливом ДВЗ для умов України є біопаливо, яке одержують з ріпакового масла [5]. Світове виробництво насіння ріпаку в 1999-2000рр. склало 42,77 млн. тонн, що дозволяє цій культурі зайняти друге місце після соєвих бобів (154,12 млн. тонн). Насіння соняшнику в 1999-2000рр. буде вироблено 26,93 млн. тонн. У 1999-2000рр. передбачається переробити 38,22 млн. тонн насіння ріпаку, при цьому буде одержано 14,1 млн. тонн ріпакового масла. Серед країн Європи найбільша увага рапсу надається в Німеччині, Франції, Великобританії і Польщі. Провідними експортерами рапсового масла є країни ЄС і Канада. Китай щороку виробляє близько 6,5 млн. тонн насіння рапсу.

Як складається ситуація з рапсом в Україні? За останні 3 роки виробництво рапсу в Україні збільшилося приблизно в 7 разів і склало близько 150 тис. тонн насіння. В цілому по Україні в 2000 р. збиральні площі склали 300 тис. га, при цьому Вінницька область - 53 тис. га, Херсонська - 21

тис. га, Кіровоградська - 9 тис. га, Дніпропетровська - 6 тис. га. Основними постачальниками насінного рапсу є компанії з Литви, Німеччини, Франції і Данії, хоча не можна виключати власного виробника елітного насіння Івано-франківський інститут хрестоцвітих культур (УААН).

Проте в рамках нашої роботи більший інтерес представляє технічний ріпак, з масла якого шляхом етерифікації можна одержувати метилові ефіри жирних кислот рапсового масла (МЕРМ). Дані ефіри як в чистому, так і в суміші (у вигляді бінарних палив) можуть бути використані як паливо дизельних (із запалюванням від стиснення) двигунів. У табл. 1.4 приведені дані про кількість вироблюваних МЕРМ в Європі.

Таблиця 1.5. Виробництво МЕРМ в Європі (1999 р.)

Країна	Виробнича потужність, тис. тонн в рік
Австрія	30
Бельгія	400
Чехія	48
Данія	32
Франція	370
Німеччина	203
Італія	441
Всього	1524

Аналізуючи дані, приведені в таблиці 1.5, необхідно відзначити, що МЕРМ виробляється і використовується у високорозвинутих країн, хоча особливих проблем з нафтовим паливом у них немає.

Застосування МЕРМ (робочі назви) біопалива з похідних рапсового масла: Росія, Україна - біодизель, Франція - diester, Німеччина - RME

(рапсометіловиє естери), Польща - (біонафта, біопаливо і ін.) зв'язано, в першу чергу, із значним поліпшенням (зниженням емісії шкідливих речовин у відпрацьованих газах (на 25-50%) екологічної обстановки в регіонах інтенсивного використовування дизелів (міста, річки, ліси, відкриті розробки вугілля, приміщеннях парників).

Мала кількість сірки в МЕРМ (0,02%) покращує екологічні характеристики ДВС, а кругообіг діоксиду вуглецю CO2 (вихлоп двигуна - споживання CO2 рослиною) значно зменшує небезпеку парникового ефекту.

1.5 Мета і задачі досліджень

Мета роботи полягає в розробці регулювальних заходів, що забезпечують ефективне використовування чистого рапсового масла як паливо для дизелів з об'ємно-плівковим сумішоутворюванням.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1. Виконання аналізу робіт по використовуванню альтернативних палив в двигунах внутрішнього згорання.
2. Порівняльний аналіз робочого процесу дизеля при його роботі на нафтовому дизпаливі і чистому рапсовому маслі на підставі даних стендових випробувань з відображенням.
3. Розробка і дослідження ефективності заходів щодо оптимізації робочого процесу дизеля на чистому рапсовому маслі.

2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Класифікація характеристик двигунів внутрішнього згоряння

Робота автотракторних двигунів протікає в умовах взаємно незалежної зміни потужності і частоти обертання. На будь-якому з швидкісних режимів навантаження взагалі може бути відсутнім (режим холостого ходу) або змінюватися від будь-якого часткового до максимального значення. При цьому важливо встановити кількісні показники робочого процесу двигуна і закономірності їх зміни.

Залежності потужностних, економічних, температурних, спрацьовувальних та інших показників, визначуваних при випробуванні двигуна, від тих або інших параметрів як правило представляють графічно.

Подібного роду зв'язки одних параметрів з іншими – характеристики двигуна. Або характеристиками двигуна називають залежності основних показників його роботи від того або іншого чинника. До основних показників роботи двигуна відносяться потужність, частота обертання, крутний момент або середній ефективний тиск, а також годинну і питому витрати палива.

Призначення характеристики полягає у виявленні залежності якого-небудь основного показника (показників) роботи двигуна від іншого показника або чинника.

Залежно від параметра, який прийнятий як незалежний змінний, розрізняють, наприклад, наступні характеристики [20, 22]:

– по складу суміші (незалежні змінні: коефіцієнт надлишку повітря α або годинна витрата палива G_T);

– по установочному куту випередження запалення в карбюраторному двигуні або впорскування палива в дизелі (незалежні змінні: кут випередження запалення $\varphi_{зап}$ або впорскування палива $\varphi_{впр}$);

навантажувальні (незалежні змінні: середній ефективний тиск p_e або ефективна потужність N_e);

швидкісні (незалежна змінна – частота обертання n);

регуляторні (незалежні змінні: частота обертання n або ефективна потужність N_e);

холостого ходу (незалежна змінна – частота обертання n).

названі характеристики не вичерпують всього їх різноманіття. Наприклад, відповідно до ГОСТ 18509-80 «Дизелі тракторні і комбайнові. Методи стендових випробувань», окрім вказаних, передбачається зняття регулювальних характеристик по тиску на впуску і випуску; характеристик стійкості, умовних механічних втрат, рівномірності роботи циліндрів, продуктивності насоса системи охолоджування і вентилятора дизеля з повітряним охолодженням, димності відпрацьованих газів, пускових, вібраційних, шумових і інших характеристик [18].

Режими роботи двигуна і характер протікання робочого процесу впливають не тільки на потужність і економічність, але і на температурні умови, зносостійкість і токсичність викидів двигунів. Тому в аналізі характеристик приводять також дані, що показують зміну температури і зносу деталей, токсичності викидів в умовах того або іншого режиму роботи двигуна.

Характеристики визначають при випробуваннях двигунів, програма яких залежить від поставленої задачі, і використовують для підбору оптимальних значень окремих регулювальних параметрів; контролю якості двигунів, що випускаються і ремонтуються; визначення конструктивних, динамічних властивостей і економічних показників як нових, так і модернізованих двигунів.

Характеристики двигунів дають також початковий матеріал для вивчення динамічних і економічних властивостей тракторів і автомобілів.

Побудова деяких характеристик на основі розрахункових даних можна розглядати як наближені рішення, що дозволяють зробити орієнтовні висновки по проектованому двигуну або заздалегідь оцінити показники роботи виконаного двигуна.

Дослідні дані для побудови характеристик одержують в умовах сталого режиму роботи. Випробовувані двигуни повинні бути відповідно укомплектовані, мати нормальний технічний стан і експлуатаційні регулювання.

При вивченні характеристики дається її визначення, а також розглядаються значення, умови зняття і аналіз характеру кривих; порівнюються показники роботи двигунів з різними способами сумішоутворення і згорання в умовах даної характеристики [25, 26, 27].

2.2 Основні визначення і поняття термінів при випробуваннях двигунів

Перед розглядом характеристик необхідно дати пояснення і позначення основних термінів, вживаних в стандартах на методи випробувань двигунів .

Номінальна потужність N_e – призначається підприємством-виробником ефективна потужність дизеля при номінальній частоті обертання, повній подачі палива, нормальних атмосферних умовах, температурі і густині палива. На випробувальний стенд дизель встановлюють без вентилятора, очисника повітря, глушників шуму впуску і випуску, іскрогасника, випускної труби і нейтралізатора відпрацьованих газів, а також без устаткування, споживаючого потужність, але його не обслуговуючого.

Експлуатаційна потужність $N_{e\epsilon}$ – ефективна потужність дизеля, що призначається підприємством-виробником, при номінальній частоті обертання, повній подачі палива і нормальних атмосферних умовах, температурі і густині палива. На випробувальному стенді дизель повинен

бути укомплектований всім устаткуванням для його обслуговування, незалежно від того, встановлене воно на дизелі або тракторі (комбайні), для якого він призначений. Устаткування, не обслуговуюче дизель, але споживаюче його потужність, повинно бути відключено або знято. В тому випадку, якщо це не передбачено конструкцією, воно повинне працювати без навантаження.

Максимальна потужність N_{eN} – найбільше значення ефективної потужності встановленого на випробувальному стенді дизеля, знята при повній подачі палива.

Гранична потужність – найбільше значення ефективної потужності дизеля, встановленого на випробувальному стенді, знята при безвідмовній роботі протягом 15 хвилин при постійній частоті обертання із стабільною потужністю і витратою палива. Дизель повинен бути без вентилятора, очисника повітря, глушників шуму впускання і випуску, іскрогасника, випускної труби і нейтралізатора відпрацьованих газів, а також без устаткування, споживаючого потужність, але його не обслуговуючого. Регулятор частоти обертання і обмежувач подачі палива повинні бути зняті або відключені.

Номінальна частота обертання n – частота обертання колінчастого валу дизеля, при якій підприємством-виробником призначаються номінальна і експлуатаційна потужності.

По СТ СЕВ 2560-80 для дизелів прийняті потужність нетто, приведена потужність нетто і експлуатаційна потужність [23].

Потужність нетто N_e^{Net} – це потужність встановленого на випробувальному стенді дизеля, що знімається з кінця колінчастого валу або його конструктивного еквівалента, через який здійснюється основний відбір потужності, при повній подачі палива; дизель повинен бути укомплектований всім устаткуванням, обслуговуючим його, незалежно від того, встановлене воно на дизелі, або на тракторі, або комбайні, для якого

цей дизель призначений; устаткування, не обслуговуюче дизель, повинне бути відключене або зняте, а в тому випадку, якщо це не передбачено конструкцією, повинне працювати без навантаження.

Приведена потужність нетто N_{e0}^{Net} – це потужність нетто при тиску сухого повітря 99 КПа і температурі навколишнього повітря 25 °С.

Методи визначення потужності нетто тракторних і комбайнових дизелів передбачені також ГОСТ 25033-81.

По ГОСТ 14846-81 (СТ СЕВ 765-77) для карбюраторних двигунів прийняті наступні основні терміни [21].

Потужності нетто $N_н$ *і брутто* $N_б$ - це потужності, зняті з колінчастого валу (або. його еквівалента) двигуна, виготовленого, відрегульованого і обкатаного відповідно до технічних умов при повністю відкритому дроселі у двигунів з іскровим запаленням і при повній подачі палива у дизеля. При визначенні потужностей нетто і брутто двигуни мають різну укомплектованість, обумовлену ГОСТ 14846-81.

Крутні моменти нетто $M_{к.н}$ *і брутто* $M_{к.б}$ – це крутні моменти, зняті з колінчастого валу двигуна, виготовленого, відрегульованого і обкатаного відповідно до технічних умов на двигун, при повністю відкритому дроселі у двигуна з іскровим запаленням і при повній подачі палива у дизеля. При визначенні крутних моментів нетто і брутто двигуни мають різну укомплектованість, обумовлену ГОСТ 14846-81.

Мінімальна робоча частота обертання n_{min} – це якнайменша частота обертання колінчастого валу при повністю відкритому дроселі у двигуна з іскровим запаленням і при повній подачі палива у дизеля, при якій двигун працює стійко не менше 10 хв.

Максимальна робоча частота обертання n_{max} – це найбільша частота обертання колінчастого валу при повністю відкритому дроселі у двигуна з іскровим запаленням і при повній подачі палива у дизеля, встановлена в технічних умовах на двигун.

Частота обертання, відповідна максимальному крутному моменту $n_{M_{K\max}}$ – це частота обертання колінчастого валу, при якій двигун розвиває максимальний крутний момент.

Максимальна частота обертання холостого ходу $n_{\text{х.х.max}}$ - це найбільша частота обертання, встановлена в технічних умовах на двигун.

Мінімальна частота обертання холостого ходу $n_{x.x.min}$ – це якнайменша частота обертання, встановлена в технічних умовах для стійкої роботи двигуна на холостому ходу не менше 10 хв.

Годинна витрата палива G_T – це маса палива, що витрачається за 1 год на заданому режимі роботи двигуна.

Питома витрата палива g_e – це маса палива, що витрачається в двигуні за 1 год, віднесена до відповідної приведеної потужності, що розвивається двигуном. Питома витрата палива газових двигунів допускається виражати як питому витрату енергії в Дж/(кВт·ч).

2.3 Методика проведення експериментальних досліджень

2.3.1 Мета і програма експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень є порівняння паливної економічності дизеля при його роботі на традиційному дизельному паливі і метилових ефірах ріпакової олії.

Дослідження проводилися в лабораторних умовах.

Програмою досліджень передбачалося:

а) зняття навантажувальних характеристик дизеля при роботі на традиційному дизельному паливі;

б) зняття навантажувальних характеристик дизеля при роботі на метилових ефірах ріпакової олії;

2.3.2 Об’єкти досліджень

Для лабораторних досліджень використовувався чотирьохциліндровий дизель Д-245.5 (рис.2.1). Основні технічні дані дизеля наведені в таблиці 2.1 [12].

Рисунок 2.1 – Дизель Д-245.5

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика двигуна Д-245.5

№ п/п	Показник	Значення
1.	Число циліндрів	4
2.	Розміщення циліндрів	Рядне вертикальне
3.	Порядок роботи двигуна (відлік із сторони вентилятора)	1–3–4–2
4.	Діаметр циліндра, мм	110
5.	Хід поршня, мм	125
6.	Робочий об'єм циліндрів, л	4,75
7.	Степінь стиску	15,1
8.	Номінальна потужність, кВт (к.с.)	77,2 (105)
9.	Номінальне число обертів, $хв^{-1}$	1800
10.	Максимальний крутний момент при 1200…1300 $хв^{-1}$, Н·м	397
11.	Мінімальна питома витрата палива, г/е.кВт-год	217
12.	Паливний насос високого тиску	4УТНИ-Т

Під час лабораторних досліджень застосовувались еталонні форсунки ФД-22 з чорирьохдірковими розпилювачами РД4 х 0,34 із тиском початку впорскування палива 17,5±0,2 МПа і серійні нагнітальні трубки високого тиску із зовнішнім діаметром 7,0±0,3 мм і внутрішнім діаметром 2,0±0,15 мм [14].

2.3.3. Установки та обладнання для експериментальних досліджень. Вимірювальна апаратура

Для проведення моторних досліджень дизеля А-41 і зняття навантажувальних характеристик був використаний електричний стенд ГОСНИТИ асинхронною машиною типу АК (рис.2.2) [10].

Електричні гальма змінного струму на базі асинхронних двигунів з фазним ротором прості по будові, мають порівняно невеликі габарити, але не забезпечують досить широкого діапазону регулювання частоти обертання.

Електричні гальмівні стенди ГОСНИТИ з асинхронними електричними машинами застосовують для обкатки і випробувань тракторних, комбайнових і автомобільних двигунів [11].

На рис.2.2 показано пристрій стенду ГОСНИТИ з асинхронною машиною типа АК. Балансувальна електрична машина 1 цапфами бічних щитів спирається на кулькові самовстановлюючі підшипники стійок 2. До плити 3 прикріплені стійки 2 і стійка маятникового вагового механізму 4.

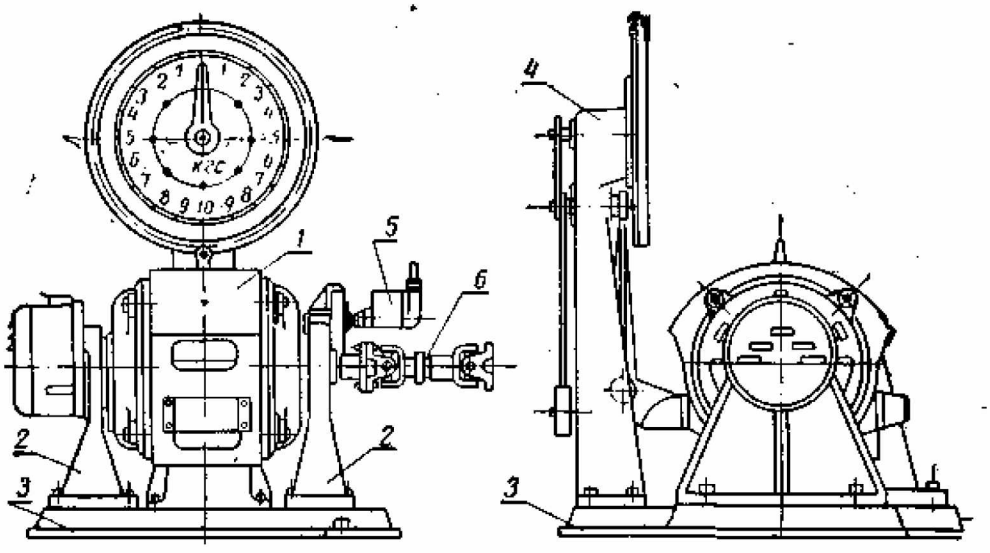


Рисунок 2.2 – Електричний стенд ГОСНИТИ з асинхронною машиною типа АК:

1 - асинхронна машина; 2 - стійка; 3 - плита; 4 - ваговий механізм; 5 - датчик електричного тахометра; 6 - карданний вал.

Рисунок 2.3 – Електричний стенд ГОСНИТИ асинхронною машиною типу АК

Карданний вал 6 сполучає між собою вали ротора машини і випробовуваного двигуна. Частота обертання валу машини вимірюється електричним тахометром, датчик 5 якого приводиться в обертання від валу машини через зубчату передачу.

Рідинний регулювальний реостат призначений для зміни струму в обмотці ротора і тим самим частоти обертання валу асинхронної машини, як в режимі двигуна (холодна обкатка), так і в режимі генератора (гаряча обкатка і випробування двигуна). Реостат є закритим сітчастим кожухом баком місткістю 300 л, наповнений 1…3%-ним розчином кальцинованої соди. Усередині бака на валу за допомогою ізоляторів закріплені три електроди, кожний з яких складається з трьох сталевих пластин, середня з яких основна, а дві бічних--додаткові. Кожен електрод сполучений дротом з фазовою обмоткою ротора. Змінюючи ступінь занурення електродів в рідину,

регулюють активний опір в обмотках ротора і тим самим частоту його обертання (у режимі двигуна) або навантаження (у режимі генератора).

Температура рідини в баку (біля 50°С) підтримується за допомогою електронасоса, що перемішує розчин, і охолоджуючої води, циркулюючої в сорочці бака.

Якщо раніше на стендах з машиною типа АК реостат приводився в рух рукояткою черв'ячної передачі, то тепер на стендах з машиною типа АКБ завдяки застосуванню електричного виконавчого механізму роботою реостата можна управляти дистанційно, за допомогою кнопок управління, розташованих на окремому пульті.

На основному пульті управління стендом, окрім циферблата вагового механізму, встановлені манометр для вимірювання тиску масла в системі мастила двигуна, два покажчики дистанційних термометрів для вимірювання температури води на вході і виході з сорочки двигуна, вимірювач електричного тахометра.

Асинхронні балансирні гальмівні машини типа АКБ в порівнянні з машинами типа АК володіють рядом особливостей: щітковий механізм введений в корпус машини, на бічних щитах передбачені цапфи для балансирної підвіски машини на стійках, збільшений перетин обмотки ротора, бандажі ротора із сталевого дроту замінені стрічкою із стеклотканини, вал ротора виведений в обидва кінці машини. Всі ці удосконалення дозволили гальмівній машині працювати з частотою обертання до 3000 $хв^{-1}$.

На рис.2.4 як приклад приведена електрична схема стенду СТЕУ-40. Перед пуском електродвигуна включають рубильник *Р* мережі. Спалахують сигнальні лампи *Л*, що показують, що всі фазові обмотки балансирної машини *БМ* знаходяться під напругою. Натиснувши кнопку «Пуск» магнітного пускача і поступово заглиблюючи електроди рідинного реостата,

приводять в обертання ротор електричної машини *БМ* і вал двигуна *ДВС*. Із збільшенням заглиблення електродів частота обертання ротора підвищується.

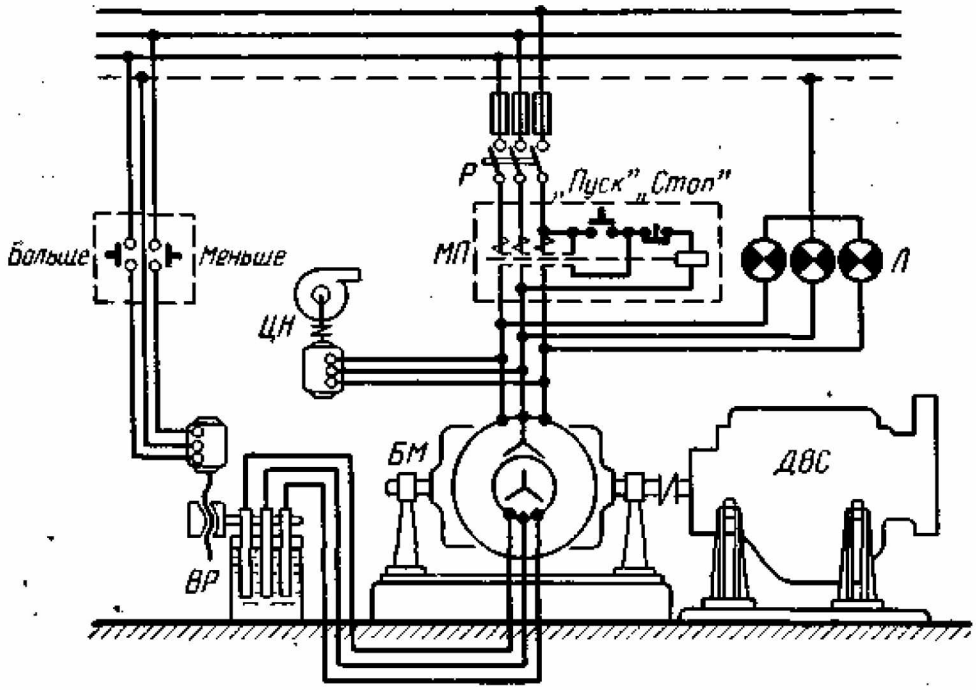


Рисунок 2.4 – Електрична схема гальмівного стенду СТЕУ-40: Р - рубильник; МП - магнітний пускач; Л - сигнальні лампи; БМ - балансирна машина - асинхронний електродвигун з фазним ротором; ДВС - випробовуваний двигун внутрішнього згорання; ВР - водяний реостат в ланцюзі ротора; ЦН - циркулярний насос системи охолоджування водяного реостата.

Після включення запалення (подачі палива), пуску випробовуваного ДВС і підвищення частоти обертання більш ніж 1000 хв$^{-1}$ електрична машина БМ перейде в режим роботи генератора і, гальмуючи дослідний двигун, віддаватиме електроенергію в мережу. За даними випробувань стендів ГОСНИТИ, коефіцієнт віддачі електроенергії в мережу (у інтервалі гальмівної потужності) складає 0,7.

Слід помітити, що стенди ГОСНИТИ оснащені автоматичними пристроями, що забезпечують перемикання заданих режимів обкатки і випробування двигуна і контроль за його роботою. Так, застосовані дистанційне керування реостатом; автоблокування, що запобігає запуску

стенду, якщо електроди реостата не знаходяться в початковому положенні; світлова сигналізація; дистанційні покажчики тиску і температури масла в системі мастила і температури води в системі охолоджування; дистанційний покажчик частоти обертання валу гальма і ін.

Недоліком розглянутих балансирних машин трифазного струму є обмежена межа мінімальної частоти обертання (1000 об/мин) при роботі машини в гальмівному режимі.

Стенд обладнувався наступними вимірювальними пристроями та установками:

а) установкою для вимірювання витрати палива по масі.

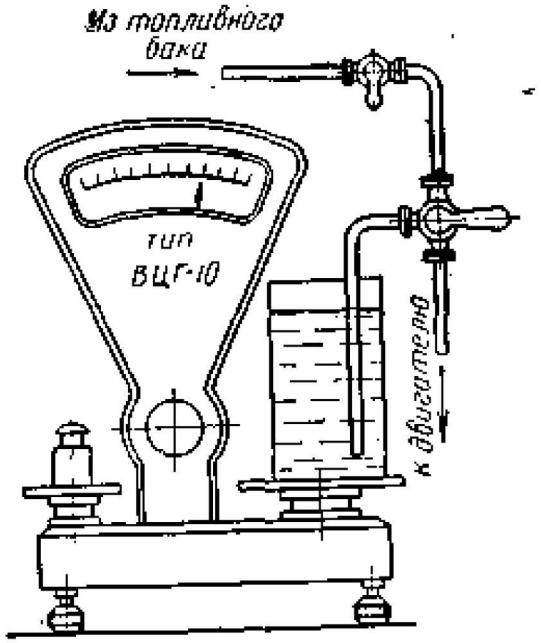
Витрату палива за дослід вимірюють по його об'єму або по масі. У лабораторній практиці і у виробничих умовах найчастіше користуються другим способом [19].

На рис.2.5 представлена схема установки для вимірювання витрати палива по масі, застосована на серійних електростендах ГОСНИТИ. Скляна посудина місткістю не менше 1 л встановлюють на ваги, які розташовують на 200-250 мм вище за паливний насос випробовуваного двигуна. В посудину заповнену паливом, опущена трубка, яка через триходовий кран і дві трубки сполучає його з паливним баком і насосом.

Техніка вимірювання маси палива, витраченої за дослід, полягає в наступному. Після сигналу «початок досліду» поворотом триходового крана переводять живлення двигуна на паливо з посудини. У міру витрачання палива стрілка вагів відхиляється. В той момент, коли стрілка знаходиться проти поділки шкали, яка відповідає найближчій сотні грам, включають секундомір і вимикають його після того, як двигуном буде витрачена задана маса палива (як правило 100 г). Потім триходовий крав встановлюють в положення, при якому живлення в двигун подається з паливного бака. У журнал спостережень записують масу і час витрати дози палива за досвід.

Годинну витрату палива (кг/ч) підраховують по формулі [3]:

$$G = \frac{3{,}6 \cdot \Delta g}{\tau}, \qquad (2.1)$$



а) схема

б) загальний вид

Рисунок 2.5 – Схема установки для вимірювання витрати палива по масі

де Δg – маса дози палива, витрачена за дослід, г;

τ – час досліду, с.

б) газолічильником РГ-400-П;

Для вимірювання витрати повітря при випробуваннях автотракторних двигунів застосовують повітроміри (типу газового годинника). На рис.2.6 показана схема визначення витрати повітря за допомогою такого повітроміра. Повітромір складається з верхнього 2 і нижнього 5 роторів, встановлених усередині корпусу. Від валу нижнього ротора 5 обертання передається стрілці лічильника 6 через проміжну шестерню 7 і шестерні механізму лічильника. Шкала лічильника 6 протарірована в одиницях об'єму ($м^3$) проходячого повітря [4].

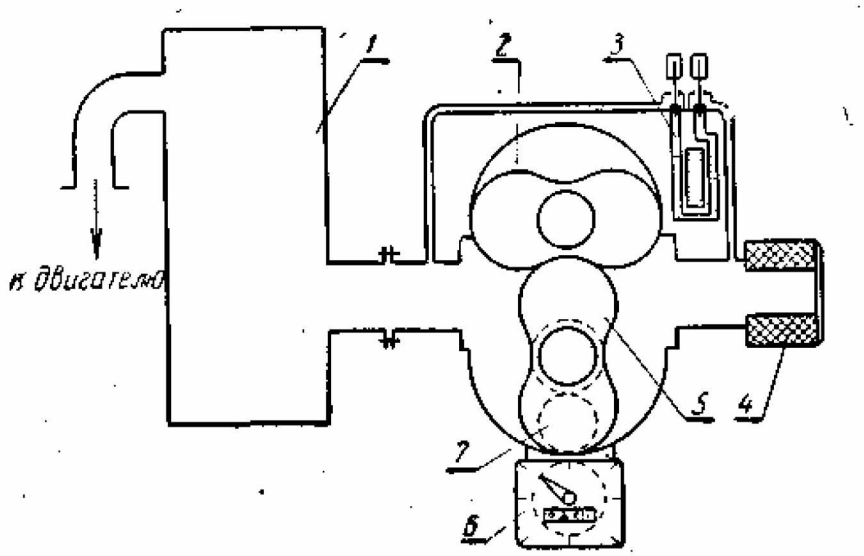


Рисунок 2.6 – Схема повітроміра:

1 - ресивер; 2 - верхній ротор; 3 - манометр; 4 - повітряний фільтр; 5 - нижній ротор; 6 - лічильник витрати повітря; 7 - проміжна шестерня.

Між повітроміром і двигуном встановлений ресивер 1, який усуває вплив пульсацій поступаючого повітря на показання лічильника повітроміра. Щоб присутність повітроміра не позначалася на роботі двигуна, перепад розрідження на вході і виході повітроміра не повинен перевищувати 25 мм,рт.ст. Для вимірювання цього перепаду служить манометр 3. Загальний вигляд витратоміра повітря показана на рис.2.7.

Рисунок 2.7 – Загальний вигляд витратоміра повітря

Годинну витрату повітря (м^3/ч) підраховують по формулі [28, 29]:

$$Q = \frac{3600 \cdot V}{t}, \tag{2.2}$$

де V – об'єм повітря (по показникам повітроміра), м^3;

t – час, протягом якого витрачається об'єм повітря, с.

в) маятниковим ваговим механізмом.

Вимірювання крутного моменту двигуна, що працює на стенді, зводиться до вимірювання зусилля на важелі статора гальма. З різноманітних типів вагових пристроїв, призначених для цієї мети, найбільше застосування одержали маятникові і квадрантні динамометри.

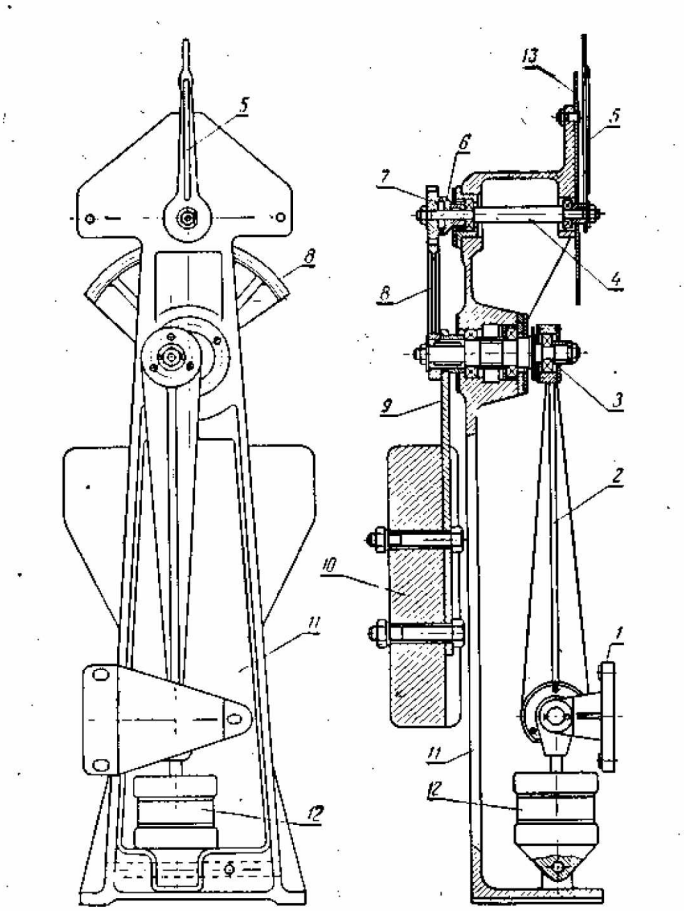


Рисунок 2.8 – Маятниковий ваговий механізм електростенду ГОСНИТИ:

1 – кронштейн для з'єднання механізму з корпусом електричної машини; 2 – тяга від корпусу машини до ексцентрикового валу; 3 – ексцентриковий вал; 4 – вал стрілки циферблата; 5 – стрілка циферблата; 6 – втулка із зубцями торців; 7 – мала шестерня; 8 – зубчатий сектор (велика шестерня); 9 – важіль маятника; 10 – вантаж маятника; 11 – стійка; 12 – демпфер; 13 – пульт приладів.

У маятниковому ваговому механізмі (рис. 2.8.) електростенду ГОСНИТИ тяга 2 сполучає кронштейн 1 корпусу машини з ексцентриковим валом 3. На кінці цього валу закріплений важіль маятника 9 з вантажем 10 і зубчатий сектор 8. Зубчатий сектор знаходиться в зачепленні з шестернею 7, закріпленої на валу 4, інший кінець якого пов'язаний із стрілкою 5 циферблата. Щоб зменшити тертя і підвищити чутливість вагового механізму, вал 4 стрілки 5 і ексцентриковий вал 3 встановлені на

Рисунок 2.9 – Загальний вид маятникового вагового механізму

шарикопідшипниках. У шарнірних з'єднаннях кронштейна 1 з пальцем, пальця з тягою 2 і тяга 2 з ексцентриковим валом 3 також встановлені кулькові підшипники.

З метою зниження різкості відхилення маятника і швидкого зменшення його коливань при різкій зміні навантаження в конструкцію вагового механізму введений гідравлічний демпфер (заспокоювач) 12.

На циферблаті вагового механізму нанесені дві шкали. Одна шкала – з розподілами від нуля за годинниковою стрілкою – для вимірювання навантаження при роботі машини в генераторному (гальмівному) режимі, а інша – з розподілами від нуля проти годинникової стрілки – при роботі машини в режимі двигуна.

Недоліком маятникових динамометрів є порівняно невисока точність вимірювань (погрішність 1%), що пояснюється наявністю зазорів і дією сил тертя в шарнірах ланок маятникового вагового пристрою.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Фізико-хімічні показники дизельного палива і метилових ефірів ріпакової олії (РМЕ)

За своїми основними фізико-хімічними показниками РМЕ подібний до дизельного палива. Окрім цього, дослідженнями в Німеччині, Австрії, Франції, Швеції, Італії, США переконується, що не збільшується емісія шкідливих речовин, порівняно з дизельним паливом, а вміст, деяких – зменшується (вуглеводні – на 20-30 %, сажа – на 40-50 %). Суттєво зменшується кількість домішок, які належать до канцерогенних та мутагенних груп. Важливим також є те, що біодизель не має у своєму складі сірки, тому продукти його згоряння не містять похідних оксидів сірки, які викликають кислотні дощі (зниження вмісту сірки в дизельному паливі – тенденція – викликає потребу забезпечувати мастильні якості за допомогою присадок, а біодизель має добрі мастильні якості) [5].

Між тим за такими показниками, як густина, в'язкість, фракційний склад, йодне число, наявність водорозчинних лугів РМЕ суттєво відрізняється від дизельного палива (табл.2). Це підтверджують, зокрема наші дослідження зразків РМЕ, виготовлених в лабораторії ННЦ "ІМЕСГ".

Таблиця 3.1 – Основні фізико-хімічні властивості РМЕ і дизельного палива

Властивості	РМЕ	Дизельне паливо за ДСТУ 3868-99	
		Л	З
1	2	3	4
Густина, кг/м^3, при 20 ^{0}С	882	≤ 860	≤ 840

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4
Кінематична в'язкість, мм^2/с, при 20 ^{0}С	9	3,0-6,0	1,8-6,0
Температура спалаху, ^{0}С: в закритому тиглі у відкритому тиглі	100	≥40	≥35
Фракційний склад, ^{0}С: 50 % 96 %	358 365	≤ 280 ≤ 370	≤280 ≤ 370
Цетанове число	48	≥45	≥45
Теплота згорання, МДж/кг	37	42	42
Йодне число, мг J/100 мл	115	≤ 6	≤ 6
pH середовище	10	7	7

Використання РМЕ, як палива в дизелях призводить до погіршення сумішоутворення (в цьому випадку кращі результати у дизелів з розділеною камерою згоряння), а відповідно й до зниження техніко-економічних показників роботи двигуна. Наявність лужного середовища (в результаті неповної етерифікації), крім вищеперерахованих недоліків, призводить до корозії алюмінієвих деталей, а високе значення йодного числа вказує на присутність ненасичених вуглеводнів, які не стабільні й в результаті реакцій полімеризації та поліконденсації призводять до утворення відкладень на деталях системи живлення (фільтри, форсунки, паливні насоси) та циліндро-поршневої групи. При роботі двигуна на РМЕ встановлений для дизелів термін роботи моторної оливи необхідно зменшувати у два рази, так як фракційний склад його значно важчий ніж дизельного палива і він, не повністю згоряючи, потрапляє в оливу й погіршує її експлуатаційні властивості. Практика застосування РМЕ показує, що через високу активність

метилового ефіру деталі, що перебувають у безпосередньому контакті з паливом, мають бути виготовленими з відповідно стійких матеріалів.

3.2 Визначення теплоти згоряння дизельного палива і метилових ефірів ріпакової олії (РМЕ)

Рідке паливо має такий склад у відсотках по масі С = 86%, Н = 13%, 0 = 1%. Визначимо нищу теплоту згоряння палива та паливно-повітряної суміші для коефіцієнтів надлишку повітря α = 1 та α = 1,5.

Нищу теплоту згоряння палива визначаємо за формулами [19, 30]:

$$Q_H = 339 \cdot C + 1256 \cdot H - 109 \cdot (O - S) - 25 \cdot (9H - W). \quad (3.1)$$

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

$$Q_H = 339 \cdot C + 1481 \cdot H - 109 \cdot O. \quad (3.2)$$

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

Q_H = 48298 кДж/кг

Для визначення теплотворної здатності паливно-повітряної суміші необхідно знати теоретично необхідну кількість повітря для спалювання палива, заданого складу по формулі:

$$L_0 = \frac{2,67 \cdot C + 8 \cdot H + S - O}{23,2}. \quad (3.3)$$

Визначаємо $L_0 = \frac{2,67 \cdot C + 8 \cdot H + S - O}{23,2} = 14,34$ кг повітря/кг палива.

Тоді теплотворну здатність паливно-повітряної суміші при α = 1 визначаємо за формулою:

$$Q_{n.c.} = \frac{Q_H}{1 + \alpha \cdot L_0} = \frac{48298}{1 + 14,34} = 3148,5 \text{ кДж/кг.}$$

а при α = 1,5

$$Q_{n.c.} = \frac{48298}{1+1,5\cdot 14,34} = 2145,6 \text{ кДж/кг.}$$

Визначимо теоретично необхідну кількість повітря для спалювання 1 кг рослинного жиру $C_{20}H_{36}O_6$ та його теплоту згоряння, а також теплоту згоряння паливно-повітряної суміші при α = 1,7.

Визначаємо молекулярну масу жиру:

μ = 12 · 20 + 36 + 16 · 6 = 237.

Визначаємо відсотковий вміст компонентів палива, зокрема:

C = 68,2%, O = 23,1%, H = 9,7% .

Тоді теоретично необхідна кількість повітря для спалювання 1 кг рослинного жиру по формулі:

$$L_0 = \frac{2,67\cdot C + 8\cdot H + S - O}{23,2} = \frac{2,67\cdot 68,2 + 8\cdot 9,7 - 23,1}{23,2} = 10,19$$

кг повітря/кг палива.

Теплота згоряння при повному окисленні:

$Q_H = 339\cdot C + 1481\cdot H - 109\cdot O = 30602,9$ кДж/кг .

Теплота згоряння паливно-повітряної суміші:

$$Q_{n.c.} = \frac{Q_H}{1+\alpha\cdot L_0} = \frac{30602,9}{1+1,7\cdot 10,19} = 1670 \text{ кДж/кг.}$$

Теплота згоряння суміші дизельного палива з повітрям при α = 1,7:

$$Q_{n.c.} = \frac{Q_H}{1+\alpha\cdot L_0} = \frac{42600}{1+1,7\cdot 14,5} = 1661 \text{ кДж/кг.}$$

Таким чином, теплоти згоряння паливно-повітряних сумішей біопалива і дизельного палива при однакових надлишках повітря приблизно однакові.

3.3 Визначення швидкісних характеристик тракторного дизеля при його роботі на традиційному дизельному паливі і метилових ефірах ріпакової олії

Швидкісна характеристика двигуна – це залежність годинної G_n і

питомої g_e витрат палива і інших показників від навантаження (ефективної потужності N_e, крутного моменту $M_к$, або середнього ефективного тиску p_e) при постійній частоті обертання колінчастого валу двигуна. Ця характеристика представляється відповідними кривими на графіках.

Окрім вказаних змінних, в навантажувальній характеристиці додатково можна приводити зміну індикаторних і ефективних показників робочого циклу, токсичності, шуму і вібрацій, а також температурних, зносостійких і інших показників.

Характеристика навантаження дозволяє оцінити паливну економічність, зносостійкість і токсичність двигуна при різному ступені його завантаження і постійній частоті обертання колінчастого валу.

Відповідно до ГОСТ 18509-80 «Дизелі тракторні і комбайнові. Методи стендових випробувань» навантажувальну характеристику дизеля потрібно знімати при постійній частоті обертання, послідовно збільшуючи подачу палива в межах зміни навантаження від нуля до повної; частота обертання не повинна відрізнятися від заданої більш ніж на 10 $хв^{-1}$.

При випробуванні дизеля для визначення його навантажувальної характеристики навантаження встановлюють за допомогою гальмівної установки, а для підтримки частоти обертання колінчастого валу постійною змінюють подачу палива, зменшуючи або збільшуючи хід рейки паливного насоса високого тиску (ПНВТ).

В таблицях 3.2 і 3.3 приведені протоколи випробувань дизеля А-41 по навантажувальній характеристиці.

Таблиця 3.2 – Протокол випробувань дизеля А-41 по навантажувальній характеристиці (дизельне паливо)

№ досліду	n, $хв^{-1}$	P, кг	Витрата палива			Витрата повітря		
			$t_{дос}$, с	$G_п$, кг/год	g_e, г/е.кВт·год	$t_{дос}$, с	$G_{пов}$, $м^3$	$G_о$, $м^3$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1500	0	91,3	3,94	∞	26,6	270,6	334,8

Продовження таблиці 3.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	1500	15	45,5	7,91	346,9	26,4	273	334,8
3	1500	25	31,96	11,3	297,4	27,4	262,7	334,8
4	1500	30	33,3	13,1	287,3	27,2	262	334,8
5	1500	44	18,5	19,45	290,8	27,6	260	334,8

Таблиця 3.3 – Протокол випробувань дизеля А-41 по навантажувальній характеристиці (біопаливо)

№ досліду	n, хв$^{-1}$	P, кг	Витрата палива			Витрата повітря		
			$t_{дос}$, с	$G_п$, кг/год	g_e, г/е.кВт·год	$t_{дос}$, с	$G_{пов}$, м^3	$G_о$, м^3
1	1500	0	69,5	5,19	∞	26,6	270,6	334,8
2	1500	15	42,9	8,39	368,0	25,6	281	334,8
3	1500	25	33,8	11,65	306,6	27,9	268	334,8
4	1500	30	30,9	15,3	335,5	28,3	262	334,8
5	1500	40	27,4	21,4	352,0	19,7	260	334,8

Визначення параметрів при випробуваннях проводимо за формулами:

Ефективна потужність N_e – потужність двигуна, знята з колінчастого вала. Ця потужність передається трансмісії трактора або автомобіля. Ефективна потужність N_e може бути записана в наступному вигляді [17]:

$$N_e = \frac{p_e \cdot V_l \cdot n}{30 \cdot \tau}, \tag{3.4}$$

де τ – коефіцієнт тактності двигуна (число ходів поршня за один цикл), $\tau = 4$;

p_e – середній ефективний тиск, МПа;

V_l – робочий об’єм циліндрів двигуна, л;

n – частота обертання колінчатого вала двигуна, хв$^{-1}$.

Середній ефективний тиск p_e – умовний постійний тиск в циліндрі двигуна, при якому виконувана робота дорівнювала б ефективній роботі за цикл.

$$p_e = 0{,}016 \cdot P, \tag{3.5}$$

де P – показання вагів гальмівного стенда, кг.

Крутний момент дизеля

$$M_д = 10 \cdot P. \tag{3.6}$$

Ефективна питома витрата палива g_e. При відомій ефективній потужності N_e і кількості витраченого палива $G_П$ ефективну питому витрату палива g_e (г/кВт·год) визначають за формулою:

$$g_e = \frac{G}{Ne} \cdot 10^3, \tag{3.7}$$

де $G_П$ – годинна витрата палива, кг/год.

Годинна витрата палива

$$G_П = 3{,}6 \frac{G_{дос}}{t_{дос}}, \text{ кг/год} \tag{3.8}$$

де $G_{дос}$ – маса дози палива, витрачена за дослід, г;

$t_{дос}$ – час досліду, с.

Витрата повітря двигуном

$$G_{пов} = 3600 \frac{V_{дос}}{t_{дос}} \cdot \rho_{пов}, \text{ кг/год} \tag{3.9}$$

де $V_{дос}$ – об'єм повітря (по показникам повітроміра), м^3;

$t_{дос}$ – час, протягом якого витрачається об'єм повітря, с.

$\rho_{пов}$ – густина повітря, $\rho_{пов}$ = 1,16 кг/м^3.

Теоретично можлива витрата повітря двигуном

$$G_0 = \frac{3 \cdot V_l \cdot i \cdot n}{50 \cdot \tau} \cdot \rho, \text{ кг/год} \tag{3.10}$$

де i – кількість циліндрів в двигуні, i = 4.

Коефіцієнт надлишку повітря

$$\eta_V = \frac{G_{пов}}{G_0}. \tag{3.11}$$

Коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = \frac{G_{пов}}{G_T \cdot L_0}, \qquad (3.12)$$

де L_0 – стехіометрична кількість повітря; для дизельного палива L_0 = 14,5 кг повітря/кг палива; для біопалива L_0 = 10,0 кг повітря/кг палива

Розраховані протоколи випробувань дизеля А-41 по навантажувальній характеристиці приведені в додатках А і Б.

Навантажувальніі характеристики дизеля А-41 показані на рис.3.1, 3.2., 3.3. Вони представлена кривими зміни годинної $G_П$, коефіцієнту надлишку повітря α і питомої g_e витрати палива у функції середнього ефективного тиску p_e.

Проаналізуємо характер протікання і причини зміни показників паливної економічності в умовах характеристики навантаження дизеля.

Збільшення годинної витрати палива $G_П$ із зростанням середнього ефективного тиску p_e пояснюється тим, що підвищення потужності досягається за рахунок додаткової подачі палива.

Необхідно відзначити, що при збільшенні подачі палива потужність може зростати до відомої межі, після якого наступає зниження потужності, не дивлячись на збільшення годинної витрати палива. Ліва гілка кривої питомої витрати палива показує його підвищення із зменшенням навантаження, що обумовлене пониженням механічного коефіцієнта корисної дії. Збільшення питомої витрати палива в правій частині, у області високих навантажень, пояснюється зниженням індикаторного коефіцієнта корисної дії.

Деяке підвищення коефіцієнта наповнення η_v у міру зниження p_e пов'язане із зменшенням температури головки циліндрів, клапанів, гільзи і поршня. Коефіцієнт надлишку повітря α зменшується при збільшенні p_e, оскільки зростає циклова подача палива і знижується коефіцієнт наповнення. При зміні режиму навантаження також змінюються показники робочого циклу, температура деталей циліндра і швидкість зношування дизеля.

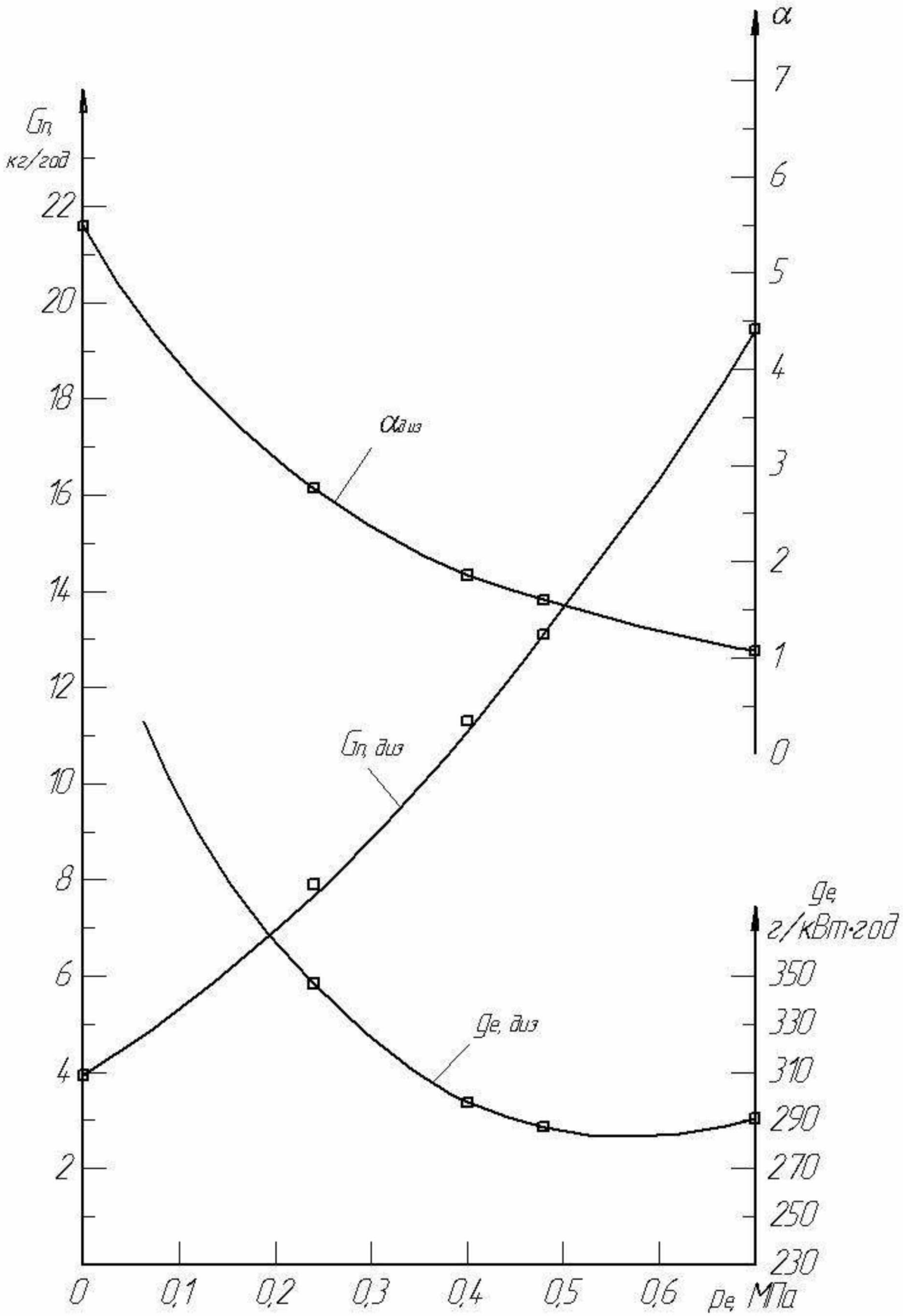


Рис.3.1. Швидкісна характеристика тракторного дизеля при його роботі на традиційному дизельному паливі

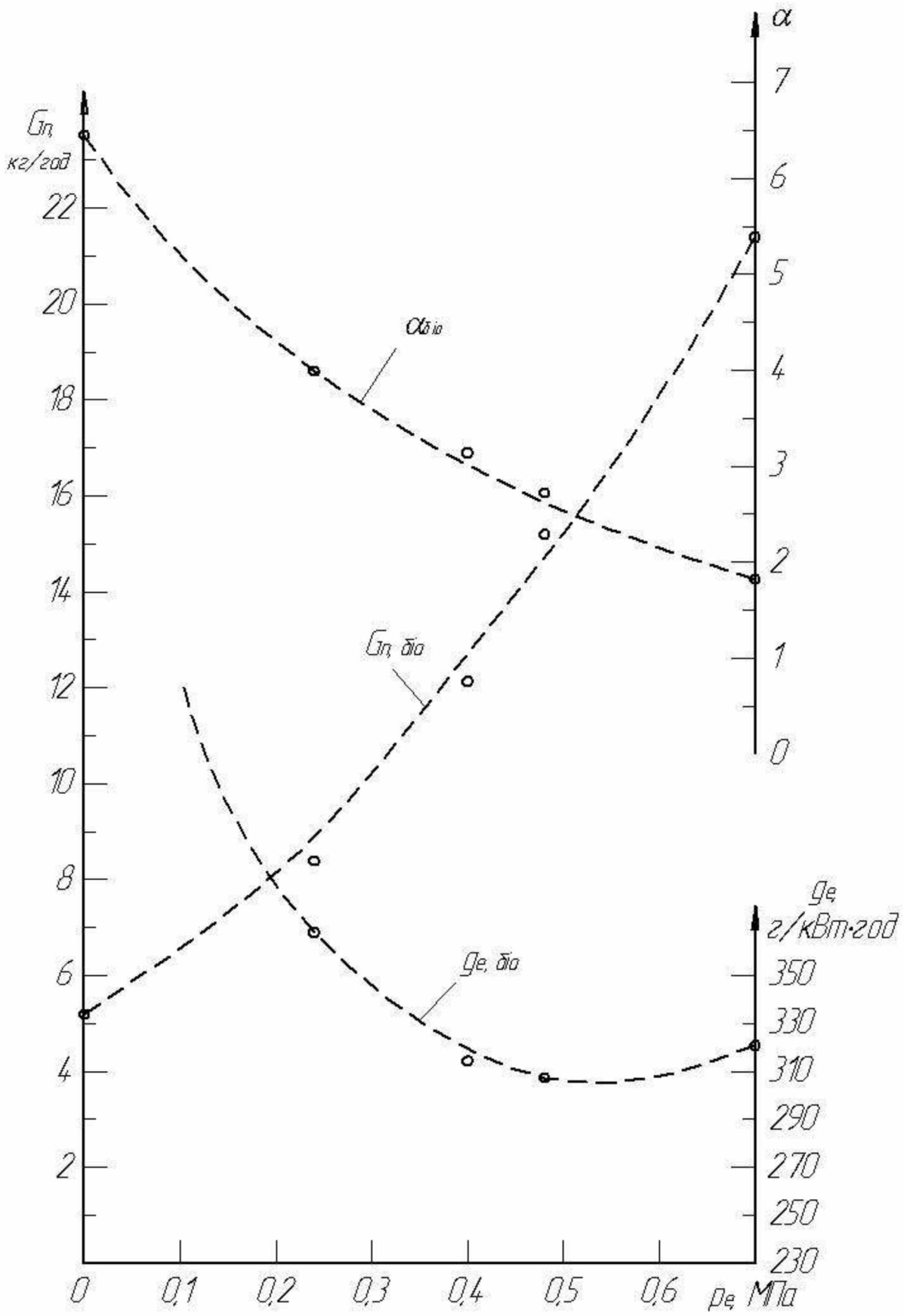


Рис.3.2. Швидкісна характеристика тракторного дизеля при його роботі на метилових ефірах ріпакової олії

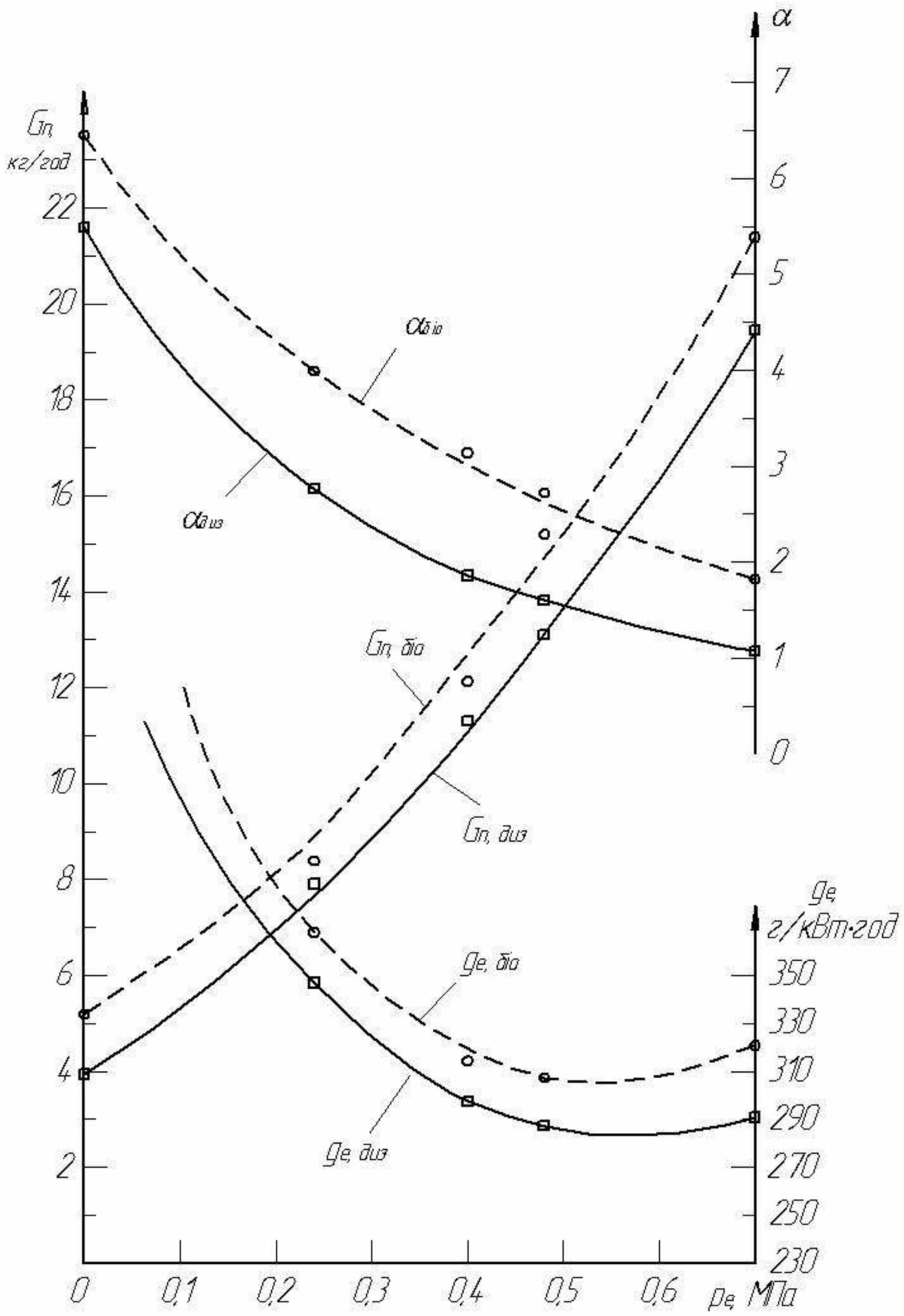


Рис.3.3. Швидкісні характеристики тракторного дизеля при його роботі на традиційному дизельному паливі і метилових ефірах ріпакової олії

В таблиці 3.4. приведені порівняльні експериментальні дані навантажувальних характеристик, показаних на рис.3.1.-3.3., та розрахунок основних показників роботи дизеля.

Таблиця 3.4 – Порівняльні експериментальні дані навантажувальних характеристик

Показник	N, кВт	$M_д$, Н·м	P_e, МПа	Дизельне паливо	Біопаливо	Різниця біопалива до ДП,%
1	2	3	4	5	6	7
Витрата палива $G_п$, кг/год	0	0	0	3,94	5,19	31,7
	22,8	150	0,24	7,91	8,39	6,1
	38	250	0,4	11,3	11,65	3,1
	45,6	300	0,48	13,1	15,3	16,8
	66,88	440	0,704	19,45	21,4	10,0
Питома витрата палива g_e, г/кВт·год	0	0	0	∞	∞	0
	22,8	150	0,24	346,9	368,0	6,1
	38	250	0,4	297,4	306,6	3,1
	45,6	300	0,48	287,3	335,5	16,8
	66,88	440	0,704	290,8	352,0	21,0
Коефіцієнт надлишку повітря α	0	0	0	5,49	6,45	17,5
	22,8	150	0,24	2,76	3,99	44,6
	38	250	0,4	1,86	3,14	68,8
	45,6	300	0,48	1,84	2,72	47,8
	66,88	440	0,704	1,07	1,82	70,1
Коефіцієнт наповнення циліндрів η_v	0	0	0	0,93756	0,93756	0,0
	22,8	150	0,24	0,94588	0,9736	2,9
	38	250	0,4	0,91019	0,92855	2,0
	45,6	300	0,48	0,90777	0,90777	0,0
	66,88	440	0,704	0,90084	0,90084	0,0

Продовження таблиці 3.4.

1	2	3	4	5	6	7
Температура відпрацьованих газів $t_{в.г.}$, ^0C	0	0	0	100	110	10,0
	22,8	150	0,24	160	160	0,0
	38	250	0,4	240	250	4,2
	45,6	300	0,48	260	270	3,8
	66,88	440	0,704	400	410	2,5

Із збільшенням навантаження при зниженні коефіцієнта надлишку повітря спостерігається зростання максимального тиску циклу, температури відпрацьованих газів, гільзи і поршня, а також швидкості зношування.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Екологічна експертиза

25 червня 1991 року Верховна Рада України прийняла Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Законом передбачено обов'язковість екологічних звітів у процесі законодавчої, господарської, адміністративної та іншої екологічно значимої діяльності, а також документації для розробки нових пристроїв, технологій, матеріалів тощо.

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

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 живої та неживої природи, захист життя і здоров'я від небезпечних наслідків забруднення, охорону та раціональне використання природних ресурсів. державні органи, екологічні експертні асоціації та громадські об'єднання на основі міжгалузевих екологічних досліджень, аналізу та оцінки передпроектних, проектних та інших матеріалів та об'єктів, впровадження та операцій, які визначають стан навколишнього середовища та можуть негативно впливати або впливати на здоров'я та мають на меті робити висновки про відповідність запланованих або здійснюваних заходів нормам і вимогам екологічного законодавства, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, екологічної безпеки.

Завданням Закону про екологічну оцінку є регулювання суспільних відносин у сфері екологічної оцінки з метою забезпечення екологічної

безпеки, охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян та держави.

Метою екологічних звітів є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на навколишнє середовище та здоров'я людей, а також оцінка рівня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.поточна діяльність; Організація комплексної, науково обґрунтованої оцінки екологічних звітів; Визначення відповідності об'єктів екологічної експертизи вимогам екологічного законодавства, гігієнічним нормам, будівельним нормам і правилам; Оцінка впливу екологічних звітів на стан довкілля, здоров'я людей та якість природних ресурсів.; Оцінка ефективності, повноти, обґрунтованості та доцільності заходів щодо охорони навколишнього середовища та здоров'я людей; Створення об'єктивних і обґрунтованих висновків з екологічних звітів.

Основними принципами екологічної експертизи є: забезпечення безпечного середовища для життя та здоров'я людей; Зважування екологічних, економічних, медико-біологічних та соціальних інтересів та врахування громадської думки; наукова обґрунтованість, незалежність, об'єктивність, комплексність, варіативність, публічність; екологічна безпека, територіально-економічна доцільність реалізації об'єктів екологічного дослідження, планованої або здійснюваної діяльності; державне регулювання; Законність.

В Україні проводяться державні, громадські та інші екологічні дослідження.

Висновки державного екологічного звіту є обов'язковими для виконання. При прийнятті рішення про подальше виконання екологічного звіту поряд з іншими видами державного звіту враховуються висновки державного екологічного звіту.Результати державних та інших екологічних

досліджень рекомендовані та можуть бути враховані при проведенні державного екологічного дослідження та при прийнятті рішень щодо подальшої реалізації екологічного об'єкта дослідження.

Щоб покращити якість повітря, необхідно вжити заходів для зменшення валових викидів від транспортних засобів більш ніж на 40 відсотків, щоб уникнути викидів свинцю. З цією метою плануються такі основні заходи:

- удосконалення положень у правовій системі, що стимулюють здійснення природоохоронних заходів;

- Оснащення нових автомобілів ефективними системами та пристроями для зниження викидів (каталітична нейтралізація, пускові та підігрівальні машини, системи паровідділу палива);

- Збільшення парку автомобілів та автобусів, що працюють на газоподібному паливі; Припинення виробництва та використання етилового бензину; Виробництво паливно-мастильних матеріалів, що зменшують негативний вплив двигунів внутрішнього згоряння на навколишнє середовище;

- Розробка та впровадження нових типів двигунів внутрішнього згоряння з високими економічними властивостями, розробка нових видів екологічно чистих транспортних засобів з використанням альтернативних джерел енергії; ;

Для вирішення екологічних проблем у дорожньому транспорті необхідно:

- забезпечити першочерговий розвиток електричного громадського транспорту в містах загального користування України з подальшим скороченням автобусного руху;

- запровадити суворіші екологічні стандарти при розробці нових моделей транспортних засобів і двигунів;

- Розробка та впровадження системи сертифікації транспортних засобів

і двигунів на екологічну безпеку та контроль відповідності сертифікатам;

- Розробка комплексу технологій, методів і технічних засобів оцінки екологічної безпеки транспортних засобів під час їх експлуатації; ;

- Розробка низки технологій і технічних засобів для оцінки та захисту навколишнього середовища від забруднення на виробничих площах автомобільних компаній.

4.2 Охорона праці

4.2.1 Значення охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Немає повністю нешкідливих і нешкідливих виробництв, особливо в сільському господарстві, де працівники піддаються впливу небезпечних і шкідливих факторів, таких як рухомі машини та механізми, незахищені рухомі частини стаціонарного обладнання, висока концентрація забруднюючих речовин у повітрі робочої зони, контакт з пацієнтами. Тварини та забруднена сировина. Тому завданням охорони праці в агрохолдингах є мінімізувати ймовірність нещасних випадків та професійних захворювань працівників і водночас створити комфортні умови праці з максимальною продуктивністю [36].

Законодавство про охорону праці складається із Закону України «Про охорону праці». Кодекс законів про працю України та інші нормативно-правові акти.

Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. визначає основні положення конституційного права громадян на охорону життя і здоров'я на виробництві, регулює відносини між власниками підприємств, установ і організацій або уповноваженими ними органами та охороною. сил, охорони праці та умов праці та створює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, а також лікувально-профілактичних заходів і засобів для підтримки здоров'я і працездатності людини.Поняття охорони праці включає всі заходи, які спеціально спрямовані на створення особливо легких умов праці для жінок і неповнолітніх, а також працівників з інвалідністю.

Законодавча база містить також Закони України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, які спричинили втрату працездатності», «Про охорону здоров'я», «Про протипожежну охорону», «Про забезпечення санітарно-епідеміологічного благополуччя населення». населення» , «Про використання ядерної енергії та для радіаційного захисту», «Про дорожній рух», «Про загальнообов'язкове соціальне страхування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності та витрат у зв'язку з народженням та похованням», вони доповнені держ. міжгалузеві та галузеві нормативні закони - стандарти, інструкції, правила, Норми, нормативні акти, закони та інші документи, які визнані такими, що мають силу правових норм, обов'язкових для виконання всіма установами та працівниками України.

Відповідно до Закону про охорону праці власник підприємства зобов'язаний створити умови праці в кожному структурному підрозділі та на робочому місці відповідно до нормативно-правових актів та забезпечити дотримання прав працівників, гарантованих Законом про охорону праці. , що входить до складу компанії в цілому, найважливіші виробничо-технічні послуги.Охорона парку та аварійна безпека в умовах сільськогосподарського виробництва є важливим завданням, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівників сільського господарства. Це заходи щодо подальшого покращення та покращення умов праці, комплексного впровадження сучасних заходів безпеки, усунення причин травматизму, створення необхідних санітарно-гігієнічних умов на виробництві.

Охорона праці в нашій країні включає заходи щодо подальшого поліпшення умов праці шляхом механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкого впровадження сучасного обладнання промислової безпеки, усунення причин нещасних випадків і професійних захворювань працівників. Це тісно пов'язане з умовами праці.

Умови праці характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю шкідливих і небезпечних виробничих факторів у робочій зоні, психофізичними та естетичними елементами господарства [37].

Умови праці на виробництві диференціюються за фактичним рівнем факторів виробничого середовища в порівнянні з гігієнічними нормами, правилами, санітарними нормами, а також з урахуванням їх можливого шкідливого впливу на здоров'я працівників.

4.2.2 Вимоги безпеки при роботі з дизельним паливом

Клас небезпеки дизельне паливо за ГОСТ 12.1.007:

- Інгаляція-4 (речовини низького ризику);
- при ковтанні-4 (речовини з низьким ризиком);
- при нанесенні на шкіру-4 (речовини низького ризику),

Дизельне паливо має слабку інгаляційну дію, викликає незначне подразнення очей і шкіри, має слабку алергічну дію, має слабкі кумулятивні властивості (сукупний коефіцієнт 4,9). Дизельне паливо надає на організм наркотичну дію.

Температура самозаймання мазків від дизельного палива л-300°С, мазків від с-310°С

Клас небезпеки та горючі властивості визначаються при введенні палива у виробництво.

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

При контакті з паливом

- на шкірі потрібно протерти продукт серветкою, промити забруднене місце водою з милом;

- Негайно промити слизову оболонку очей великою кількістю води;

- у шлунок, викликаючи блювоту, промивання шлунка та госпіталізація потерпілого.

Контроль повітря робочої зони при роботі з паливом проводять на наявність пари аліфатичних граничних вуглеводнів С1-С10 по відношенню до вуглецю (ГДК = 300 мг/м3 за ГОСТ 12.1.005).

За ГОСТ 12.1.044 дизельне паливо (зимове для локомотивів і суднових дизельних і газових турбін, літнє і зимове для дизеля загального призначення) -

легкозаймиста рідина; Дизельне паливо (літнє для локомотивів і суднових дизельних і газових турбін) — легкозаймиста рідина.Температурні межі поширення полум'я для палива: Марки: Літній нижній 69 °С, верхній 119 °С; Зима нижня 82 °С, верхня

105 °С.

Вибухонебезпечна концентрація парів палива в суміші з повітрям становить 2—3 об.%.

Для запалювання дизельного палива використовуються такі вогнегасники: порошкові вогнегасники водяна піна, клас В і АВС (універсальні) розпилюються; для об'ємного гасіння - вуглекислий, вогнегасний порошок класу В і АВС та аерозольні вогнегасні засоби.

Якщо паливо пролилося в приміщенні, його необхідно зібрати в окрему ємність, протерти сухою ганчіркою, яка поміщається в спеціальний металевий ящик, а потім спалити відповідно до вимог СанПіН № 3183.

У разі аварійної ситуації, коли в приміщенні відбувається розлив палива, необхідно використовувати протигази марок А і БКФ за ГОСТ 12.4.121.

У разі розливу палива на відкритій місцевості засипте місце розливу піском, а потім приберіть його на сміттєзвалище відповідно до вимог СанПіН № 3183.

Паливо, яке прийшло в непридатність, використовується як добавка до котельного палива.

При роботі з паливом необхідно використовувати засоби індивідуального захисту, передбачені типовими галузевими нормами, затвердженими в установленому порядку: костюми за ГОСТ 12.4.112 або ГОСТ 12.4.111, черевики за ГОСТ 1.2.4. 137, рукавички за ГОСТ 12.4.010, окуляри захисні ДТ за ГОСТ 12.4.013, фартухи за ГОСТ 12.4.029.

Приміщення, в яких використовуються паливо, повинні мати припливно-витяжне повітря відповідно до СНиП 2.04.05 і ГОСТ 12.4.021, водопостачання та водовідведення по СНиП 2.04.01, освітлення штучне по СНиП Н-4-. 79, опалення по СНиП 2.04.05, вода питна по ГОСТ 2874.

Перед входом на майданчик необхідно прикріпити знаки безпеки за ГОСТ 12.4.026.

Кислоти, кисневі балони та інші окислювачі не можна зберігати в паливних сховищах.

Усі пристрої та комунікації повинні бути захищені від статичної електрики захистом за ГОСТ 12.4.124.

Забороняється працювати з відкритим вогнем у приміщеннях, де проводяться технологічні роботи з паливом.

При відкриванні тари забороняється використовувати інструменти, що виділяють іскри при ударах.

З метою усунення забруднення повітря з робочих місць має бути забезпечена герметичність резервуарів, обладнання, пристроїв зв'язку та відбору проб згідно СНиП № 1042, затверджених у встановленому порядку.

Персонал, який працює з паливом, повинен проходити первинний та періодичний медичний огляд відповідно до «Положення про порядок

медоглядів окремих категорій працівників», встановленого наказом МОЗ України від 31.03.1994 № 45.

4.2.3 Аналіз умов виникнення і розвитку аварій в лабораторії по дослідженню дизельних палив

Для визначення об'єктів з високим ризиком для небезпечних речовин за їх властивостями належать такі категорії речовин:

1. Займисті рідини з температурою спалаху 61 градус або менше. С у закритому тиглі або температура спалаху дорівнює або менше 66 °С у відкритому тиглі (займисті рідини за ГОСТ 12.1.044-89);

2. легкозаймисті рідини, перегріті під тиском, легкозаймисті рідини за ГОСТ 12.1.044-89, що знаходяться в апаратах, резервуарах або трубопроводах під тиском при температурі, що перевищує температуру кипіння при атмосферному тиску в 1,25 рази і більше.

Якщо рідина являє собою суміш легкозаймистих рідин, то температуру кипіння при атмосферному тиску вважають рівною температурі кипіння половини маси рідини. Якщо інформація про цю температуру відсутня, то температурою кипіння вважається температура на початку кипіння суміші (фракції).

Розрахована максимальна температура приймається згідно з правилами, інструкціями з експлуатації або іншими технічними документами. Коли планується блокування.

Схема побудови сценаріїв виникнення та розвитку аварій у лабораторії з дослідження паливно-мастильних матеріалів наведена на рис. 4.1.

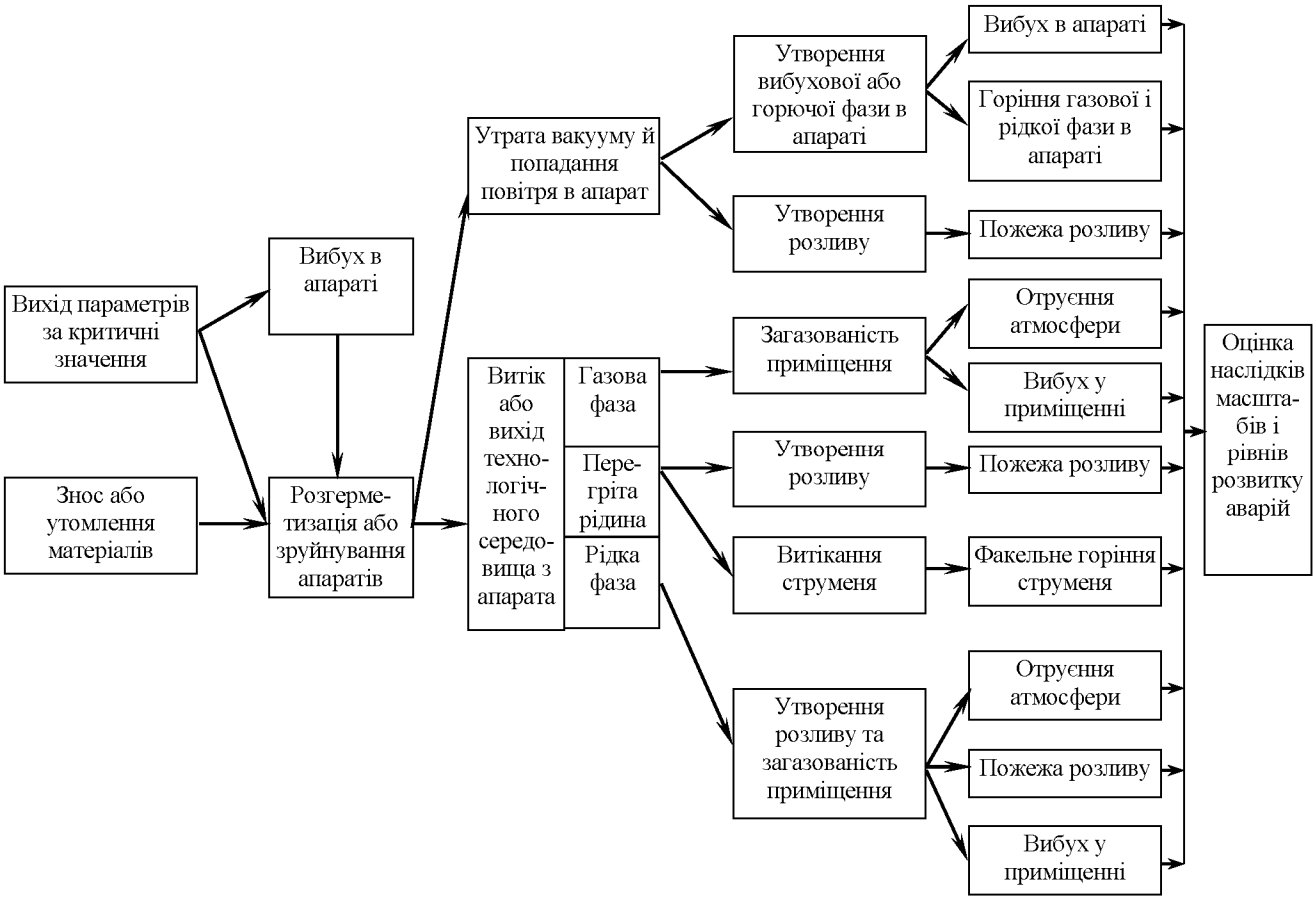


Рисунок 4.1 – Схема побудови сценаріїв виникнення й розвитку аварій в лабораторії по дослідженню паливно-мастильних матеріалів

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.

Таблиця 4.1 – Типова схема постадійного 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
Наявність джерел запалювання в апаратурі та поза устаткув. (установка для визначення температури спалаху)	Аналіз вибухопожежонебезпечних характеристик речовин під тиском і при температурі технологічних процесів; оцінка можливості й умов утворення джерел запалювання в середині апаратів	Скорочення часу перебування технологічного середовища в апараті, заземлення устаткування, застосування засобів відводу й нейтралізації статичної електрики
Вибух в апаратурі (установка для визначення фракційного складу)	Наявність постійних і випадкових джерел запалювання та їх характеристики у порівнянні з температурою самозаймання й мінімальною енергією запалювання. Наявність вибухонебезпечної суміші	Виключення джерел запалювання, застосування засобів контролю і регулювання щодо запобігання утворенню вибухонебезпечної суміші
Зруйнування апаратури (установка для визначення	Аналіз кількісних енергетичних характеристик вибуху (надлишковий тиск, швидкість наростання тиску) й порівняння їх із характеристиками міцності апаратури.	Оснащення запобіжними пристроями, автоматичними

Продовж. табл. 4.1

1	2	3
фракційного складу)	Наявність засобів захисту устаткування від зруйнування при вибуху (запобіжні клапани, вибухові мембрани, відсікачі і т. ін.)	системами придушення вибуху, підвищення характеристик міцності апаратури
Викид продукту з апаратури (установка для визначення температури спалаху)	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 вимикальних засобів; перевірка навичок обслуговуючого персоналу щодо приведення в дію блокувальних засобів. Оцінка можливості виникнення вибухо-небезпечних паро-, пило-газоповітряних сумішей, розміру площі розливу рідини	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 факел (закриту систему, установку нейтралізації). Виведення людей з небезпечної зони
Розгерметизація апаратури (установка для визначення фракційного складу)	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.	Розвиток бази діагностування і дефектоскопії устат-кування; вдосконалення системи планово-запобіжного ремонту; заміна морально застарілого, зно-шеного й не відпо-відного нормативам устаткування
Виникнення пожежі (лабораторія по дослідженню паливно-мастильних матеріалів)	Оцінка й аналіз: можливих масштабів пожежі (площа, кількість горючих продуктів, склад продуктів згоряння, 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	Наявність ємкісного устаткування з горючими продуктами в зоні можливого поширення пожежі (розлив продуктів).	Винос ємкісного устаткування з зони можливого поширення

Продовж. табл. 4.1

1	2	3
зрідженими газами при пожежі з наст. вибухом	Наявність і ефективність систем аварійного спорожнення та скиду на факел (свічу), систем зрошення (охолодження), екранів і т. ін.	пожежі. Оснащення його засобами аварійного спорожнення, скидання на факел, системами зрошення (охолодження); встановлення екранів і т. ін.

4.3 Техніко-економічна ефективність виробництва біопалива

Оцінимо, яка кількість МЕРМ (за умови використовування його в чистому вигляді як дизельного палива) необхідна для обробки 5000 га землі протягом року. За оцінкою авторів, 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 тонну рапсового масла за ціною 1040 грн./тонна), покупка добрив,

електроенергія. Доходи (крім біодизеля): брікетірованная 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	грн/т	8000
Ринкова собівартість макухи	грн/т	5000
Ринкова собівартість мінерального палива (на 14.12.2021 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, госп.потреби та ін.)	грн	80,0
Вартість сировини (800 х 3,143)	грн	2510,0
Всього:	грн	3440,0
Всього на один літр палива:	грн	3,44
Доходи:		
Макуха (0,600 х 3,143 х 500)	грн	940
на один літр палива:	грн	0,94
Собівартість одного літра біодизеля	грн	27,40
Річний прибуток ((31,0 - 27,40) х 300 000):	грн	1 080 000

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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

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

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

2. Теплоти згоряння паливно-повітряних сумішей біопалива і дизельного палива при однакових надлишках повітря приблизно однакові.

3. За такими показниками, як густина, в'язкість, фракційний склад, йодне число, наявність водорозчинних лугів РМЕ суттєво відрізняється від дизельного палива.

4. За результатами обробки порівняльних стендових випробувань, встановлено, що з переходом дизеля на ріпакову олію спостерігається:

– збільшення годинної витрати палива $G_п$ до 31,7%;

– збільшення питомої витрати палива g_e до 21,0%;

– збільшення коефіцієнт надлишку повітря α до 70,1%.

5. Як заходи щодо оптимізації необхідно запровадити і дослідити наступні етапи: зміна кута випередження впорскування палива, підвищення температури палива, збільшення тиску початку впорскування палива, збільшення ефективного прохідного переріза розпилювача і зміна конструкції розпилювача. При переході на ріпакову олію необхідно: збільшити кут випередження паливоподачі на $2\text{-}3^0$, забезпечити температуру ріпакової олії в системі живлення дизеля рівної $40\text{-}45^0$C,

збільшити тиск подачі палива (для існуючої системи до 20 МПа), застосовувати розпилювачі із збільшеним на 10% ефективним прохідним перерізом і розпилювачі спеціальної конструкції.