

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра безпеки життєдіяльності

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

на тему: «Удосконалення технічного обслуговування паливної
апаратури дизельного двигуна на модифікованому 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 3
Кибкало А.М.
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Дудник В.В.
Прізвище та ініціали керівника
Рецензент: Харак Р.М.
Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2021 року

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи: 59 с., 17 рис., 5 табл., 2 додатки, 34 джерела.

Об'єкт дослідження - процес зміни потужностних і паливних показників дизеля при його роботі на модифікованому паливі.

Мета роботи - підтримання потужностних і паливних показників дизеля при його роботі на модифікованому паливі за рахунок вдосконалення технічного обслуговування паливної апаратури.

Методи досліджень - теоретичні дослідження виконувалися з використанням основних положень, законів і методів класичної механіки, математики та статистики. Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних умовах на основі загальноприйнятих методик. Розрахунки і обробка результатів експериментальних досліджень виконувалися з використанням ЕОМ та пакета прикладних програм.

Результати роботи полягають в теоретичних і експериментальних дослідженнях, що отримали практичну реалізацію в покращенні обслуговування паливної апаратури дизелів за розробленою технологією, яка дозволить підтримати їх потужності і паливно-енергетичні показники на прийнятному рівні.

Ступінь впровадження - за результатами досліджень дано рекомендації для застосування модифікованого палива та обґрунтований вид присадки і її раціональна концентрація.

Галузь застосування - сільськогосподарське виробництво.

Економічний ефект від впровадження мобільної установки для проведення технічного обслуговування паливної апаратури, при роботі на дизельному паливі модифікованому присадкою для покращення горіння, становить для тракторів типу МТЗ-82 6186 грн./рік на один трактор.

Ключові слова: МОДИФІКОВАНЕ ПАЛИВО, ПРИСАДКА, ДВИГУН, ПАЛИВНА АПАРАТУРА, ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ, ЦИКЛОВА ПОДАЧА, КРУТНИЙ МОМЕНТ, ПОТУЖНІСТЬ.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	7
1	СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
	1.1 Роль технічного обслуговування в ефективному використанні сільськогосподарської техніки	9
	1.2 Огляд досліджень по технічному обслуговуванню тракторів	10
	1.3 Аналіз методів і засобів технічного обслуговування дизельної паливної апаратури	13
2	МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
	2.1 Методика дослідження паливної апаратури на регуляторній характеристиці	21
	2.2 Методика дослідження сумарної витрати палива в експлуатації	22
	2.3 Розробка вузлів установки і опис принципу роботи	23
3	РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	30
	3.1 Дослідження зовнішніх швидкісних характеристик дизеля	30
	3.2 Дослідження навантажувальних характеристик дизеля	35
	3.3 Закономірності зміни крутного моменту дизеля від циклової подачі	37
	3.4 Дослідження регуляторної характеристики насоса високого тиску	39
	3.5 Дослідження зміни коефіцієнта нерівномірності подачі палива по секціях від оборотів кулачкового валу насоса високого тиску	42
	3.6 Результати експлуатаційних випробувань	44

4	РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК.....	49
4.1	Екологічна експертиза.....	49
4.2	Охорона праці	52
4.2.1	Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі	52
4.2.2	Технічний регламент та вимоги безпеки при технічному обслуговуванні тракторного парку	53
4.2.3	Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій	54
4.3	Визначення економічного ефекту від впровадження проектних пропозицій	55
	ВИСНОВКИ.....	58
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60
	ДОДАТКИ.....	63

ВСТУП

Одна з істотних статей витрат сільськогосподарських виробників припадає на паливо. Витрата палива, що припадає на період з квітня по травень (4 і 5 місяці) відноситься до посіву і обробки ґрунту, період з червня по липень відноситься до заготівлі кормів (6 і 7 місяці), період з серпня по жовтень (8, 9 та 10 місяців) - жнива зернових культур і оранка зябу.

У періоди сільськогосподарських робіт, що вимагають найбільш високих потужностних і паливних показників роботи тракторного парку, в першу чергу відносяться посів і обробка ґрунту, а також обробка зябу для забезпечення стислих термінів технологічних операцій в умовах Полтавського краю необхідно знайти шляхи вирішення ефективного використання старіючого парку тракторів. Вирішити ці важливі завдання можливо застосуванням модифікованого дизельного палива [1]. Під модифікованим розуміється моторне паливо зі зміненими характеристиками. Зміна цих характеристик досягається введенням до складу стандартного палива різних присадок [1].

Застосування модифікованого палива, як засобу підвищення ефективності використання старіючого парку тракторів, викликає необхідність удосконалення технічного обслуговування (ТО) дизелів. Потенційні можливості забезпечення потужностних і паливних показників дизельних двигунів, що працюють на модифікованому паливі, залежать від технічного стану паливної апаратури (ПА) та якісного рівня її ТО. Однак існуюча нормативно-технічна документація (НТД) не враховує можливість застосування модифікованого палива і пов'язані з цим зміни в технологію ТО ПА. Тому необхідно оцінити вплив палива, модифікованого присадкою, що ініціює горіння, на показники потужності та паливні показники дизеля і на базі отриманої інформації розробити технологію ТО ПА.

У зв'язку з викладеним, наукові дослідження з розробки нового підходу і засобів технічного обслуговування паливної апаратури дизеля, що працює на модифікованому паливі, на що спрямована дана робота, є однією з актуальних і

практично значущих завдань сучасної інженерної науки.

Актуальність роботи полягає в розробці нового підходу і засобів технічного обслуговування паливної апаратури дизельного двигуна.

Метою роботи є підтримка потужностних і паливних показників дизеля при його роботі на модифікованому паливі за рахунок вдосконалення технічного обслуговування паливної апаратури.

Об'єкт дослідження є процес зміни потужностних і паливних показників дизеля при його роботі на модифікованому паливі.

Предмет дослідження є закономірності зміни потужності при роботі двигуна на модифікованому паливі від параметрів паливної апаратури.

Методи досліджень полягають в теоретичному дослідженні основних положень, законів і методів класичної механіки, математики та статистики. Експериментальні дослідження проводилися в лабораторних умовах на основі загальноприйнятих методик. Розрахунки і обробка результатів експериментальних досліджень виконувалися з використанням ЕОМ та пакета прикладних програм.

Наукова новизна полягає в розробці нового підходу і засобів технічного обслуговування паливної апаратури дизельного двигуна, що працює на модифікованому паливі.

Практична значимість полягає в покращеному обслуговуванні паливної апаратури дизелів, що за розробленою технологією забезпечить приріст потужності до 8,5% і паливно-енергетичних показників дизеля до 10,2%.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Роль технічного обслуговування в ефективному використанні сільськогосподарської техніки

Дані про стан основних фондів сільськогосподарських підприємств вказують про їх моральне і фізичне старіння. Оновлення машинно-тракторного парку (МТП) ведеться низькими темпами. Для виконання комплексу агротехнологічних робіт в області з урахуванням зносу, бракує близько 500 тракторів типу МТЗ-82. Розрахунок показує, що до 2025 року для виконання плану робіт по забезпеченню необхідної енергоозброєності сільгоспвиробників темпи оновлення парку тракторів типу МТЗ-82 повинні бути підвищені не менш ніж в 2 рази. Сезонне навантаження на зернозбиральну, кормозбиральну та іншу техніку більш ніж в 2...2,5 рази перевищує нормативні показники [2]. Обсяги технічного оновлення сільського господарства не орієнтовані на прискорену модернізацію галузі та здатні лише зупинити багаторічне скорочення парку машин на селі.

Відомо, що існує два способи забезпечення працездатності при найменших сумарних матеріальних, трудових витратах і втратах часу:

- 1) підтримання працездатності - технічне обслуговування (ТО);
- 2) відновлення працездатності - ремонт.

ТО - це сукупність обов'язкових операцій по перевірці, очищенні, змащуванні, підтягуванні кріплень, регулюванні, відновленні і заміні деталей і вузлів, що має на меті попередити передчасні зноси, появи несправностей і поломок, забезпечити працездатний стан машин [3]. Основою побудови технічного обслуговування у сільському господарстві є планово-попереджувальна система, що представляє собою комплекс взаємопов'язаних положень і норм, що визначають організацію і порядок проведення робіт в заданих умовах експлуатації відповідно до передбаченої нормативно-технічної документації. Обслуговування техніки планується, з урахуванням зональних

особливостей, за кількістю витраченого палива або з напрацювання (в мотогодинах або еталонних гектарах) [4].

ТО відноситься до числа найбільш трудомістких робіт з підтримки працездатності машини, від якісного проведення якого залежить її безвідмовність, довговічність і продуктивність. ТО № 1 (ТО-1) для тракторів МТЗ проводиться через 60 мотогодин роботи трактора, ТО № 2 (ТО-2) - 240 мотогодин, ТО № 3 (ТО-3) - через 960 мотогодин. З метою збільшення чистого часу зміни механізatori нерідко скорочують час, необхідний на підготовку машин, що в підсумку знижує ефективність використання техніки [5]. Час простоїв з технічних причин досягає 25...30% від загального робочого часу, а технічна готовність тракторів знижується до 60...70%, подовжуються терміни польових робіт і відповідно збільшуються втрати сільськогосподарської продукції [5]. Правильна організація щоденного, періодичного, сезонного, обкатного і інших видів технічного обслуговування є основою забезпечення високої технічної надійності машин [4].

1.2 Огляд досліджень по технічному обслуговуванню тракторів

Великий внесок у розробку системи технічного обслуговування (ТО) внесли вчені, які розробили питання технічного обслуговування на основі діагностування та періодичного безперервного контролю, а також систему засобів технічного обслуговування і діагностування (ТОД) і ремонту [4, 6, 7]. При цьому при розробці проектів пунктів ТО враховуються умови, необхідні для підтримки техніки в працездатному стані в період експлуатації (ремонт, технічне обслуговування, діагностування, зберігання, заправка, матеріально-технічне забезпечення та ін.). У свою чергу, тривалість обслуговування залежить від технічного стану трактора і прийнятих форм і засобів обслуговування. А технічний стан в більшості випадків визначається конструктивно-технологічними його показниками, природньо-виробничими умовами, об'ємом і

видом робіт при використанні трактора, дотриманням правил експлуатації, кваліфікацією тракториста, пристосованістю до проведення ТО і т.п. [4, 5, 8].

З метою скорочення трудомісткості чимале значення для тривалості проведення обслуговування має прийнята технологічність проведення операцій технічного обслуговування і діагностування, що визначає трудомісткість, кількість обслуговуючого персоналу (роботи Бойко Ю.Ф. [9], Вороніна Д.М., Привалова П.В. [10], Левіна І.Є. [11], Ульмана І.Є. [12]).

Вагомий внесок у розвиток науки по ремонту і технічному обслуговуванню машин сільськогосподарського призначення внесли вчені.

Селіванов А.І. присвятив свої роботи теоретичним основам закономірностей старіння машин. Він розглянув вплив процесу старіння машин на використання і обслуговування техніки, обґрунтував періодичність і систему засобів ТО з урахуванням номенклатури і кількості обслуговуваних машин. Ним створені основи теорії зносу деталей, вузлів і агрегатів машин в процесі експлуатації та розроблено науково-обґрунтовані рекомендації з технічного обслуговування і ремонту техніки в сільськогосподарському виробництві [13].

Бараш Х.Г., Гальперін А.С., Черепанов С.С. присвятили свої роботи удосконалення технічного обслуговування, матеріально-технічного забезпечення обслуговування і ремонту машин [13].

Аллілуєвим В.А., Ананьїним А.Д., Михліним В.М. розроблено технологію технічного обслуговування тракторів і машин, в основу, якої, входять наступні п'ять принципів [3]:

1. ТО і ремонт машин проводять у тому обсязі, в якому це необхідно по їх технічному стану з метою попередження несправностей і відмов мінімум до чергового ТО.

2. Поділ і спеціалізація праці, що забезпечує підвищення продуктивності та якості робіт з обслуговування техніки.

3. Певна послідовність виконання робіт при ТО.

4. Механізація і автоматизація робіт з обслуговування на основі поділу і спеціалізації праці.

5. Удосконалення управління процесом ТО.

Зазначені принципи є фундаментом ресурсозберігаючої політики, основними важелями технічного прогресу в області ТО і ремонту машин.

При виконанні досліджень, що відносяться до технології ТО тракторів, все більша увага приділяється обліку фактичних умов їх використання. Цими питаннями займалися: Криков А.М. [14], Кулієв М.К. [15], Пасєчніков Н.С. [16], Плаксін А.М. [17], Черепанов С.С. [13]. В результаті аналізу використання тракторів А.П. Уткін прийшов до висновку, що підвищене навантаження на спеціалізовану службу ТО в напружені періоди сільськогосподарських робіт, великі відстані до об'єктів обслуговування, найчастіше важко прохідні дороги в польових умовах, специфічні природно-кліматичні умови ускладнюють виконувати за правилами роботи з технічному обслуговуванні в термін, в повному обсязі з належною якістю. Гараніним Г.В. і Сатаровим К.У. було запропоновано поєднання ТО-3 з сезонним обслуговуванням [18].

Альт В.В. [19] розглядає інформаційне та приладове забезпечення як фактор, який сприяє розвитку інноваційної діяльності та забезпечує технічний і технологічний процес в сільськогосподарському виробництві. Він запропонував інформаційну модель машинно-тракторного агрегату (МТА) на основі аналізу потоків інформації для складових МТА (двигуна, трансмісії і сільгоспмашини). Розробив ряд інформаційних моделей, які використані при створенні експертних систем діагностування технічного стану тракторного двигуна. Аналогічні роботи в даний час ведуться і за кордоном [20].

В організації технічного обслуговування і ремонту машин визначають і реалізують основні напрямки науково-технічного прогресу на тривалу перспективу, а також оптимальну структуру ремонтно-обслуговуючих робіт, технічно обґрунтованих нормативів, на основі яких створюється ремонтна база, плануються трудові та матеріальні ресурси [21].

1.3 Аналіз методів і засобів технічного обслуговування дизельної паливної апаратури

Згідно Кривенку П.М. [22] паливні насоси високого тиску (ПНВТ) в комплекті з форсунками і паливо проводами високого тиску повинні забезпечувати роботу дизеля на номінальному режимі, на режимі перевантаження, при холостому ході і при запуску в межах, передбачених технічними умовами. Критеріями оцінки відповідності технічним умовам зазначених режимів графічних параметрів ПА, перевіряються на спеціальному технологічному обладнанні при проведенні ТО.

Для проведення робіт з технічного обслуговування дизельної паливної апаратури випускається ряд обладнання, яке можна розділити на наступні види:

1. Устаткування, що дозволяє проводити обслуговування без зняття ПА з двигуна (мобільне обладнання).

2. Обладнання, що потребує зняття ПА з двигуна.

З робіт Баранова Л.Ф., Бельських В.І., Кривенко П.М., Меднікова І.М. Файнлейба Б.Н. відомо обладнання [6, 22, 23, 24] для визначення параметрів циклової подачі при пусковому режимі роботи ПА, гідроплотності плунжерних пар і нагнітальних клапанів, регулювання початку тиску уприскування форсунок, оцінки якості розпилу і гідроплотності пари голка-розпилювач, моменту початку подачі палива.

У другій групі превалює обладнання комбінованого типу - з можливостями, як випробування, так і технічного обслуговування. Основа подібного обладнання - прилади для випробування і регулювання форсунок, а також стаціонарні безмоторні стенди для випробування і регулювання елементів ПА [25] (ПНВТ, підкачувальних насосів, фільтрів). Крім вищевказаних параметрів обладнання другого виду дозволяє контролювати основні показники ПНВТ і ТПН, ФГС і ФТО [26]:

До основних показників роботи ПНВТ відносяться:

- величина циклової подачі на регуляторній характеристиці насоса $q_{ц}$,

мм³/цикл;

- нерівномірність циклової подачі по циліндрах $\delta, \%$;
- дійсний кут початку впорскування палива φ_v , град;
- частота обертання ПНВТ при якій включається в роботу відцентровий регулятор (початок дії регулятора) $n_p, \text{хв}^{-1}$;
- частота обертання ПНВТ при якій весь обсяг палива йде на злив (закінчення дії регулятора) $n_{\text{пов.вик}}, \text{хв}^{-1}$;
- пускова подача палива $q_{\text{ст}}, \text{мм}^3/\text{цикл}$;
- тиск спрацьовування перепускного клапана;
- тиск відкриття нагнітальних клапанів.

До основних показників роботи ТПН відносяться:

- тиск, що розвивається в роботі, МПа (кгс/см²);
- продуктивність в л/хв;
- герметичність впускного і нагнітального клапанів.

До основних показників роботи ФТО і ФГО відносять герметичність з'єднань і перепад тиску при проходженні палива через фільтрувальний елемент.

Конструкції стендів, хоча і відрізняється між собою, але мають загальні за призначенням вузли і механізми. До таких вузлів відносять пристрої для вимірювання величини подачі палива, початку і тривалості подачі і впорскування палива, тиску відкриття нагнітальних клапанів; пристрою для подачі палива в випробовуваний насос; механізми приводу та прилади для вимірювання тиску, температури і числа оборотів валу приводу.

Відомі [22, 23] два способи вимірювання величини подачі палива: об'ємний та ваговий. Перший спосіб знайшов більш широке застосування на практиці, оскільки має меншу трудомісткістю. Існує два методи вимірювання при застосуванні об'ємного способу. Перший метод (традиційний) має на увазі наявність мензурочного блоку. Другий метод - використання витратомірів. Другий метод відрізняється більшою точністю, виключенням з вимірювань похибок, пов'язаних з людським фактором і меншою трудомісткістю випробувань, хоча менш наочний. При використанні вагового способу

визначення подачі враховується щільність дизельного палива.

Згідно з даними [22] і ГОСТ-3900-85 [53] при зміні температури дизельного палива його щільність змінюється в досить широких межах, що змушує використовувати пристрої для термостатування палива при випробуваннях [26]. Це тягне помітні зміни в продуктивності ПА [22]. Оптимальною температурою дизельного палива для випробувань слід визнати діапазон від 20 до 40° С [22].

В даний час на діють нові стандарти і технічні регламенти на виробництво дизельного палива. Разом з посиленням норм і введенням нових показників якості змінилися значення щільності для сортів дизельного палива. Це означає, що для забезпечення вірної настройки ПА повинні бути піддані до ревізії дані регулювальних карт за параметрами продуктивності.

Для визначення початку і тривалості подачі (вприскування) палива застосовують статичні і динамічні методи вимірювання [22, 23]. До статичних методів належать: визначення початку руху меніска, проливання палива і визначення величини підйому плунжера індикатором годинникового типу. Всі перераховані способи крім великої трудомісткості мають низьку точності, яка залежить від досвіду і кваліфікації виконавця. Крім цього, для здійснення перевірки параметра в останньому випадку передбачається наявність дорогого індикатора годинного типу і штатива.

До динамічних способів визначення початку і тривалості упорскування відносять метод впорскування палива на сітчастий диск, уприскування на електричний контакт, визначення моменту початку виходу струменя палива з форсунки, визначення моменту початку підйому голки розпилювача у форсунки, визначення моменту початку впорскування палива по вібрації форсунки. Найбільшого поширення набули пристрої, що визначають момент подачі уприскуванням на електричний контакт. Даний спосіб має високу точність і малу трудомісткість. Разом з цим для його реалізації необхідно мати число датчиків, що дорівнює кількості випробовуваних форсунок. Крім того, для різних типів форсунок потрібні перехідні втулки. Це істотно ускладнює і здорожує

конструкцію.

Відомо, що при роботі дизельного двигуна автомобіля в конструкцію ПА обов'язково входить регулюючий пристрій [27], тобто ПНВТ, що працює в режимі зовнішньої або часткової регуляторної характеристики [5]. Для виконання обсягу випробувальних робіт регулятора ПНВТ в умовах безмоторного стенду необхідна наявність обладнання для регулювання частоти обертання приводу насоса в широких межах, для вітчизняної ПА $100...1500 \text{ хв}^{-1}$. З метою реалізації зазначеної вимоги до конструкції стендів включається такі типи регульованих приводів [22, 23]:

- гідравлічний;
- клиноремінний варіатор;
- електродвигун з частотним перетворювачем;
- колекторний електродвигун;
- електромагнітна муфта.

В даний час останні два способи регулювання частоти обертання валу приводу ПА фактично не застосовуються, через складність конструкції, обслуговування і ремонту подібного обладнання. На сучасному обладнанні найбільш широке застосування отримав частотно-регульований електропривод [25], що дозволяє проводити дуже точну (до $\pm 1 \text{ хв}^{-1}$) настройку і підтримання частоти обертання приводу, відсутність робіт оператора стенду зі зміни частоти обертання приводу вручну. Крім того, застосування частотного перетворювача дозволяє отримати межі зміни частоти приводу від 60 до 3000 хв^{-1} без додаткових пристосувань, що дає можливість проводити регулювання практично всіх типів ПА з механічним уприскуванням. Однак дане обладнання відрізняється високою складністю і вартістю. На сучасному обладнанні для випробування ПА застосовуються електродвигуни потужністю $4,5...15 \text{ кВт}$ [23].

В даний час практично повністю витіснені приводи, що використовують гідравлічне обладнання і клиноремінний варіатор. Це пов'язано, головним чином з більшою трудомісткістю зміни частоти обертання, вузькими діапазонами регулювання частоти обертання і більш трудомістким технічним

обслуговуванням при меншому ресурсі роботи обладнання. Однак незаперечними перевагами даних приводів є:

- простота конструкції;
- високі значення переданих крутних моментів;
- висока ремонтпридатність;
- менша вартість.

Для визначення тиску відкриття нагнітальних клапанів установка для випробувань ПА повинна комплектуватися стендовим підкачувальним насосом, що розвиває робочий тиск до 4,0 МПа (40 кгс/см²) [28], контрольним манометром з діапазоном вимірювань 0...4, МПа (0...40 кгс/см²) і пристосуванням для проливу секцій ПНВТ. При випробуваннях ТПН основним приладом, для перевірки працездатності є контрольний манометр з діапазонами вимірювань 0...0,4 МПа (0...4 кгс/см²). В цілому, технологія випробувань нагнітальних клапанів і ТПН, що використовується при цьому обладнанні має несуттєві відмінності на різних стендах.

При випробуванні форсунок, як правило, використовуються окремі стенди для перевірки параметрів працездатності та регулювання тиску початку уприскування. У деяких випадках конструкція стендів дозволяє проводити відбір на групи по пропускній здатності розпилювачів. Спосіб випробувань являє собою подачу палива в форсунку під тиском, що розвивається плунжерною парою, яка приводиться вручну оператором стенду [22, 23, 28] або стендовим насосом з електроприводом. До істотного недоліку таких методів можна віднести використання окремого обладнання, що приводить до збільшення трудомісткості і подорожчання технології випробувань і технічного обслуговування форсунок.

Фільтри ФГО і ФТО на практиці, як правило, випробуванням не піддаються, а регламент робіт з технічного обслуговування дозволяє проводити їх ТО без застосування спеціального технологічного обладнання [29].

Система технічного обслуговування складається із сукупності засобів, документації по організації і виконанню операцій технічного обслуговування і

виконавців. На основі аналізу існуючої системи ТО ПА запропонована класифікація підходів до її вдосконалення за двома напрямками (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 - Класифікація підходів удосконалення системи ТО ПА

Детально зупинимося на аналізі існуючого обладнання, що використовується для проведення випробувань і технічного обслуговування ПА. Аналіз інформації з сайтів найбільших виробників подібного обладнання дозволив виявити основні моделі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Найменування виробників стендів для випробувань ПНВТ

Назва виробника	Приклад моделі стенду
ТОВ «Красноуфімськ дослідно-експериментальний завод»	КИ-921 МТ
ТОВ НТЦ «Технічна діагностика і прецизійні вимірювання»	СДМ-12-01
ЗАТ ВО «Стендове обладнання»	СДТ / 7,5 СР
ВАТ «МОПАЗ»	КИ-15711
ДНУ «ГОСНІТІ»	КИ-35479

У каталогах цих виробників вказано досить широкий номенклатурний ряд стендів. Зазначені стенди дозволяють знімати всі зазначені параметри ПА і повністю проводити технологію технічного обслуговування як вітчизняної, так і імпортової техніки. Стенди, в основному, відрізняються потужністю приводних електродвигунів, що обумовлено їх застосовність для різних моделей дизелів, і числом випробовуваних секцій насоса. В цілому, аналіз даних технічних характеристик і параметрів, що знімаються стендами показав відсутність функціональних переваг одного обладнання перед іншим.

З аналізу методів і засобів проведення випробувань і технічного

обслуговування ПА видно переваги обладнання другої групи. Більшість технологічних операцій виконується на стаціонарних безмоторних стендах для перевірки ПА. Відомо, що в 70-х роках минулого століття існувала низка мобільного устаткування для проведення ТО ПА [6]. Існували серійні зразки, наприклад, такі як КИ-4802, КИ-4818, КИ-4890. Однак в даний час таке обладнання поширення не отримує.

Раніше автором описувалася актуальність створення і впровадження на підприємства обладнання, що володіє рядом нових властивостей. Це дозволяє зробити висновок про недостатню пристосованості досліджуваного обладнання зазначеним вимогам. Виняток становить обладнання КИ-35478-1 і КИ-34578-2, виробництво яких знаходиться в стані дрібносерійних або дослідних зразків.

Як показує практика, сучасним сільськогосподарським підприємствам і фермерським господарствам, недоступно обладнання для перевірки та контролю паливної апаратури через його високу вартість, оскільки вони мають обмежений за чисельністю парком техніки і необхідне число обслуговувань ПА в рік невелика. На ринку технологічного обладнання для проведення перевірки та контролю ПА, в основному, представлені зразки випробувальних стендів високої продуктивності виконання операцій технічного обслуговування, досить складними за своїм устроєм. При роботі на такому обладнанні різко підвищуються вимоги до рівня підготовки працюючого на ньому персоналу. Досліджене технологічне обладнання більш підходить для підприємств, що займаються ТО і ремонтом.

Висновки і постановка завдань досліджень

Для досягнення поставленої мети, буде комбінуватися перший і другий підходи.

Реалізація першого підходу буде складатися в розробці технології ТО ПА, при роботі на модифікованому паливі. Зміна технології необхідна, оскільки при застосуванні присадки очікується зміна потужностних і паливних показників

необхідно досліджувати залежності їх зміни для внесення можливих змін в регульовальні показники ПА.

Реалізація другого підходу буде складатися в розробці установки для проведення ТО ПА. Проведений аналіз засобів і методів технічного обслуговування ПА показав, що, незважаючи на наявні розробки технологічного обладнання для обслуговування і ремонту, воно в більшості своїй розраховане для організацій з великими виробничими програмами, досить складне і дороге.

Метою роботи є підтримка потужностних і паливних показників дизеля при його роботі на модифікованому паливі за рахунок вдосконалення технічного обслуговування паливної апаратури.

Для виконання поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Обґрунтувати вибір виду присадки і її концентрації для модифікування дизельного палива при забезпеченні потужностних і паливних показників дизеля. Виявити параметри роботи двигуна, зміна яких відбувається під дією модифікованого палива. Провести теоретичне обґрунтування механізму дії присадки.
2. Виявити і оцінити закономірності впливу модифікованого палива і стану паливної апаратури на показники потужності та паливні показники дизельного двигуна.
3. Розробити технологію технічного обслуговування паливної апаратури дизеля з урахуванням застосування модифікованого палива і обґрунтувати параметри, режими роботи і вимоги до установки для реалізації технології.
4. Провести виробничу перевірку основних результатів досліджень і оцінити їх очікувану ефективність.

2 МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методика дослідження паливної апаратури на регуляторній характеристиці

Оскільки об'єктом дослідження роботи є двигун Д-240, для випробувань були вибрані ПНВТ серії УТН з комплектом форсунок ФД-22, оснащені розпилювачами виробництва Алтайського заводу прецизійних виробів серії 50.

Згідно ГОСТ 10578-95 до основних параметрів ПНВТ тракторних двигунів відносять: циклову подачу паливного насоса на режимах відповідної номінальної потужності, на частоті обертання холостого ходу, на частоті обертання, що відповідає максимальному крутному моменту і пуску дизеля; початку нагнітання палива; частоті обертання кулачкового валу, що відповідає початку дії регулятора і частоті обертання, що відповідає автоматичному вимкненню регулятора. Зазначені показники є основними факторами.

Фактично всі показники роботи паливної апаратури впливають на показники потужності та паливні параметри дизеля, тому для скорочення трудомісткості досліджень було проведено неповно факторний експеримент. Оскільки у насосів серії УТН відсутня муфта випередження впорскування, а всі інші показники роботи ПНВТ визначаються на основі величини циклової подачі (крім тисків відкриття перепускного і нагнітального клапана) значимими факторами стали величини циклової подачі палива і нерівномірність величини подачі палива по секціях ПНВТ в залежності від частоти обертання кулачкового валу.

Стендові випробування виконані на базі стендів КИ-22210-02МС і КИ-562 [25]. Моделювання залежностей циклової подачі ПА на стенді КИ-22210-02МС виконувалося на режимі зовнішньої регуляторної характеристики ПНВТ. Всього випробувань зазнала серія з 10 відремонтованих комплектів ПА для двигуна Д-240. Для кожного комплекту було проведено не менше 48 замірів на регуляторній характеристиці. Комплекти ПА були відрегульовані при

температурі дизельного палива 35...40° С, відповідно до технічних вимог, представленими в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні вимоги на основні регульовальні показники паливної апаратури двигуна Д-240

Форсунка		Номінальний режим				Режим максимального обертаючого моменту		
Тип	Тиск початку уприскування, кгс/см ²	Циклова подача, мм ³ /цикл	Частота обертання, хв ⁻¹	Число циклів	Подача, см ³	Частота обертання, хв ⁻¹	Число циклів	Подача
ФД-22	175 ⁺⁵	69	1100	1000	69±1	800±5	1000	79-83
Максимальна частота обертання холостого ходу			Пусковий режим			Початок дії регулятора, хв ⁻¹	Повне вимикання подачі, хв ⁻¹	Кут початку нагнітання, град
Частота обертання, хв ⁻¹	Число циклів	Подача, не більше, см ³	Частота обертання, хв ⁻¹	Число циклів	Подача, не менше, см ³			
1160±10	1000	не більше 27	100-150	100	14	1115	1210	57°

Циклова подача палива секціями ПНВТ $q_{ц}$, мм³/цикл, визначається за формулою:

$$q_{ц} = \frac{1000Q}{\tau}, \quad (2.1)$$

де Q – подача палива форсункою за дослідження, см³;

τ – число циклів, які пройшли за дослідження.

Нерівномірність подачі палива по секціям δ , % визначається за формулою:

$$\delta = \frac{2(Q_{max} - Q_{min})}{(Q_{max} + Q_{min})} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де Q_{max} – найбільша подача однієї із секцій, см³;

Q_{min} – найменша подача однієї із секцій, см³.

2.2 Методика дослідження сумарної витрати палива в експлуатації

Дослідження проводилися на 5 тракторах МТЗ-82 в період заготівлі

сінажу. Облік сумарної витрати палива здійснювався за допомогою витратоміра JYQ-1. Вимірювання витрати палива приладом реєструється в літрах, похибка вимірювань $\pm 0,5\%$ (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Об'ємний витратомір палива JYQ-1. Загальний вигляд

Оскільки для проведення експлуатаційних досліджень був один комплект обладнання, що включав витратомір палива і лічильник мотогодин, облік даних для експерименту вівся для одного трактора.

Експлуатаційні випробування проводилися на агрегаті в складі трактор МТЗ-82 з 2ПТС-4 при його роботі протягом 7 днів на перевезенні сінажу з полів до сінажної траншеї. Перед закладанням сінажу проводилося зважування причепа. На двигуні Д-240 було проведено операції технічного обслуговування, згідно з розробленою технологією технічного обслуговування паливної апаратури [27].

Регулятор потоку був встановлений між фільтром-відстійником і ТПН. Для обліку палива, що повертається в бак, на випробуваному тракторі кінець зливний магістралі був виведений в окрему ємність.

2.3 Розробка вузлів установки і опис принципу роботи

Прототипом проектованої установки для проведення робіт по ТО ПА послужив паливомір КИ-4818 [6], який використовується і по теперішній час.

Конструкція паливоміра дозволяє визначати продуктивність насосних елементів і нерівномірність подачі палива безпосередньо на тракторі. Технологія перевірки передбачає перевірку зазначених параметрів при номінальній частоті обертання колінчастого валу дизеля. Сама технологія випробувань на цьому обладнанні досить трудомістка. До того ж у описуваній технології немає можливості виміру циклової подачі палива, а визначення частоти обертання колінчастого валу передбачає використання номограми.

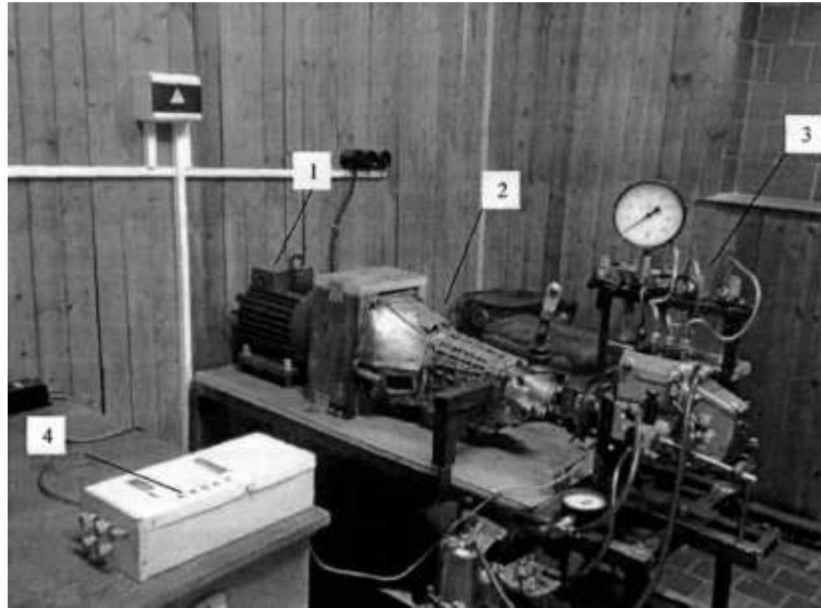
Згідно, ГОСТ 18322-78 система технічного обслуговування і ремонту машин це сукупність взаємопов'язаних засобів, документації технічного обслуговування і ремонту і виконавців, необхідних для підтримки і відновлення якості виробів, що входять в цю систему. Таким чином, розроблювана установка є невід'ємною частиною розроблюваної технології. Установка для проведення технічного обслуговування і випробувань дизельної паливної апаратури отримала найменування СМТА-01 - стенд моделюючий роботу паливної апаратури, модель 01 (рис. 2.2). Вимоги малої маси реалізовано застосуванням зварної підставки (рами) з стандартного металевого профілю без застосування накладних панелей. Конструкторське рішення дозволило відмовитися від застосування нестандартних литих заготовок, що значно знизило масу і трудомісткість виготовлення за рахунок відмови від різьбових з'єднань, а при обслуговуванні та ремонті установки помітно знизить її трудомісткість за рахунок відкритого доступу до всіх вузлів.

Основа установки умовно розділене на два відділення. Нижнє відділення є стелаж для зберігання інструменту, пристосувань і оправок. Його також можна використовувати для укладання додаткових вантажів. Дане рішення дозволяє отримати велику стійкість в роботі і зниження вібрацій.

У верхньому відділенні розташовуються основні вузли установки:

- електромеханічний привід;
- ПНВТ з форсунками, встановлені в кронштейнах;
- гідравлічна система подачі палива з фільтрами грубої і тонкої очистки;
- манометри контролю тиску в лініях високого і низького тиску, система

вимірювання подачі палива секціями ПНВТ.



1 - електродвигун; 2 - коробка передач; 3 - комплект паливної апаратури;
4 - прилад ПУiCO-01

Рисунок 2.2 - Установа СМТА-01

Окремо від установки розташований виносний паливний бак з системою підігріву і контролю температури палива, а також прилад керування і рахунку оборотів.

При проектуванні мобільної установки було вирішено відмовитися від використання стендового насоса, тобто для проведення випробувань ПА обов'язковою умовою буде наявність штатного ТПН, що забезпечує прокачування палива через систему фільтрів в корпус ПНВТ. Подібне рішення, з одного боку збільшить похибку, головним чином, при випробуванні на величину подачі (продуктивність) секцій ПНВТ, з іншого боку, забезпечить наближення випробувань ПА до реальних умов експлуатації. Відзначимо, що необхідно врахувати дану особливість при розробці технології випробувань. Тобто перед випробуванням ПНВТ спочатку необхідно буде перевірити ТПН на працездатність.

Відомо [23], при випробуваннях дизельної ПА прийнята система еталонування. До основних параметрів еталонів відносять: пропускну здатність;

величину циклової подачі; тиск початку впорскування палива; кут початку нагнітання палива.

Для зменшення вартості стенду було вирішено відмовитися від еталонних трубопроводів, форсунок і ПНВТ на користь штатних. Автор при прийнятті такого рішення усвідомлював, що порушує існуючу систему еталонування. Але оскільки випробувана система буде повністю складатися з штатних компонентів (паливний насос, ПНВТ, трубки високого тиску, форсунки) на точність настройки ПА впливатиме тільки людський фактор. До того ж відомий позитивний практичний досвід застосування стендів для випробувань ПА без використання еталонного обладнання. Інформація по електромеханічному приводу представлена в табл. 2.2 і 2.3.

В цілому гідравлічна схема подачі палива установки СМТА-01 повністю повторює конструкцію стандартної системи дизельного двигуна. В системі містяться фільтри грубого і тонкого очищення палива без конструктивних доробок з двигунів мінського моторного заводу. Для зменшення трудомісткості видалення повітря з системи застосовані ПВХ паливо проводи, які добре показали себе в умовах експлуатації.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики асинхронного електродвигуна марки МТКФ 111У6

Число фаз	Потужність, кВт	Маса, кг	Найбільший струм в обмотці статора, з'єднання зірка/трикутник, А	Частота обертання при повному навантаженні, хв ⁻¹	ПВ, %
3	3,5	83	9,9/17,1	900	40

Електродвигун через пружну втулково-пальцеву муфту з'єднаний з чотириступінчастою коробкою передач ВА3-2103. При використанні даної КП, отримані наступні частоти обертання приводу ПНВТ (таблиця 4.2).

Таблиця 2.3 - Частоти обертання головного приводу СМТА-01

Номер передачі КП	1	2	3	4	R
Частота обертів ПНВТ, хв ⁻¹	273	472	735	990	357

На рис. 2.3 і 2.4 зображені структурна схема і 3D-модель представленої установки. Установка включає взаємопов'язані між собою і змонтовані на рамі електродвигун 1, з'єднаний за допомогою муфти 3 з коробкою передач 2, яка за допомогою пружної муфти 4 з'єднується з насосом високого тиску 5, встановленим в утримувачі. Електродвигун управляється за допомогою електронного блоку, до складу якого також входить тахометр і лічильник циклів з датчиком. Форсунки встановлюються в кронштейн, оснащений мензурками для випробувань на продуктивність і нерівномірність подачі. На рис. 2.3 зображена одна форсунка 6 з мензуркою 7.

Інші встановлені аналогічно. В режимі роботи установки в якості ремонтного обладнання, паливний бак 8 з'єднується безпосередньо з паливним насосом 9. У режимі випробувань і регулювань в схему паливоподачі включаються фільтри 10 і 11 для імітації роботи штатної системи. Бак 8 установки виконаний легко знімним для швидкого переобладнання установки на різні цілі роботи. Установка також містить манометри 12 і 13. Манометр 12 контролює тиск, що розвивається паливним насосом. На одну із секцій насоса 5 може бути встановлено пристосування для регулювання тиску початку уприскування форсунки. Контроль тиску, що розвивається секцією забезпечується манометром 13.

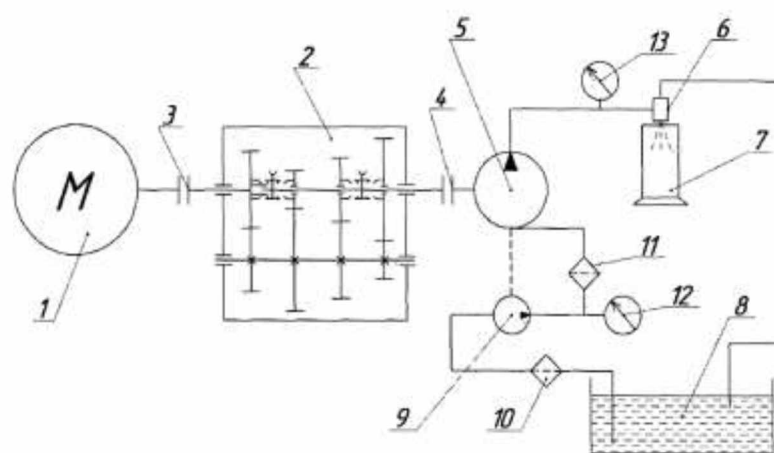
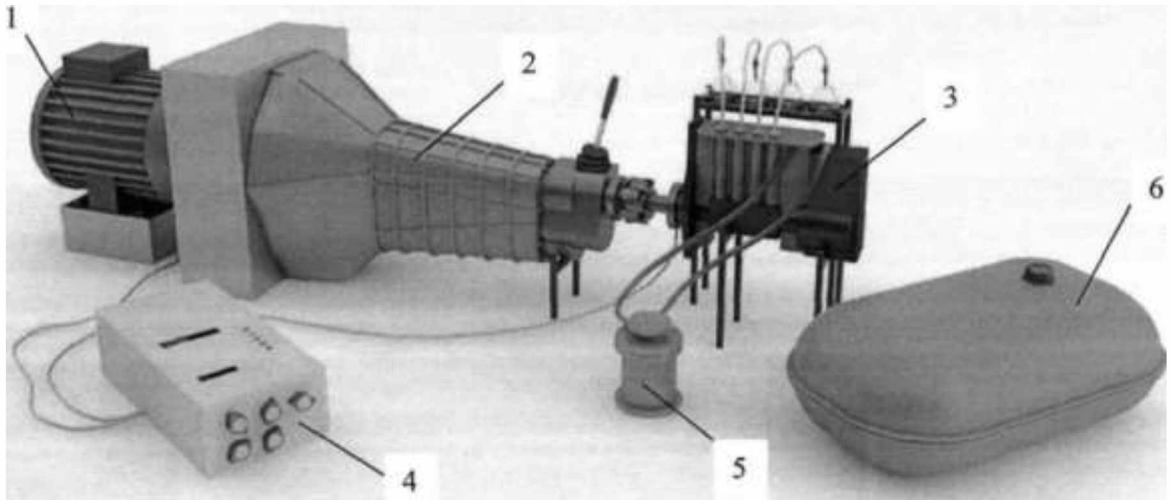


Рисунок 2.3 - Установка для випробування, регулювання і ремонту паливної апаратури дизелів (схема)

Установка працює в такий спосіб. Демонтований з дизеля ПНВТ 5 і штатні

форсунки встановлюються у відповідні тримачі для проведення операцій по випробуванню та регулюванню або ремонту. Здійснюється складання гідравлічної схеми низького і високого тиску, з можливістю включення в схему фільтрів 10, 11. Із системи видаляється повітря за допомогою паливного насоса 9, оператором проводиться вибір однієї з частот обертання ПНВТ, контроль яких здійснюється тахометром, величина подачі рейки насоса високого тиску, задається число циклів роботи установки, після чого проводяться випробування.



1 - електродвигун; 2 - коробка передач; 3 - комплект паливної апаратури;
4 - електронний блок; 5 - паливний фільтр; 6 - паливний бак

Рисунок 2.4 - Дослідна установка для ТО ТА, модель СМТА-01:

В процесі випробувань паливного насоса високого тиску 5 вимірюють його продуктивність, нерівномірність подачі палива, тиск спрацьовування перепускного клапана. Продуктивність і нерівномірність подачі оцінюють за показниками мензурок 7, тиск спрацьовування перепускного клапана визначають за показаннями манометра 12. Випробування форсунок являє собою вимір і регулювання тиску початку уприскування форсунки, за допомогою манометра 13. Випробування паливного насоса являє собою контроль тиску, що розвивається за показаннями манометра 12. При проведенні випробувань контролюють герметичність фільтрів 10, 11. Вимірювання проводять для ПНВТ з числом секцій від однієї до чотирьох. Вимірювання продуктивності і нерівномірності подачі палива секціями паливного насоса високого тиску

проводиться ваговим способом, шляхом зважування мензурок, що дозволяє забезпечити високу точність вимірів.

Ремонт деталей насоса здійснюється наступним чином. У паливний бак 8 додається ремонтно-відновлюючий вміст (РВВ) в необхідній концентрації. Як РВВ може бути використаний препарат «Форсан». Із системи подачі палива виключають фільтри 10 і 11. Паливо подається безпосередньо з паливного бака 8 за допомогою паливного насоса 9. Паливо з розчиненим у ньому РВВ надходить до деталей паливної апаратури, в першу чергу до плунжерних пар, нагнітальним клапанів ПНВТ і пар голки-розпилювача форсунок. За рахунок дії в цих вузлах сили тертя, РВВ осідає на поверхні тертя, утворюючи композитний шар, тим самим відновлюючи геометричні розміри деталей і їх гідравлічну щільність. Для інтенсифікації процесу ремонту деталей установка може бути забезпечена пристроєм для підігрівання палива.

Таким чином, установка дозволяє провести комплексні випробування паливної апаратури дизелів і, в разі необхідності, використовувати РВВ для відновлення деталей ПНВТ і форсунок.

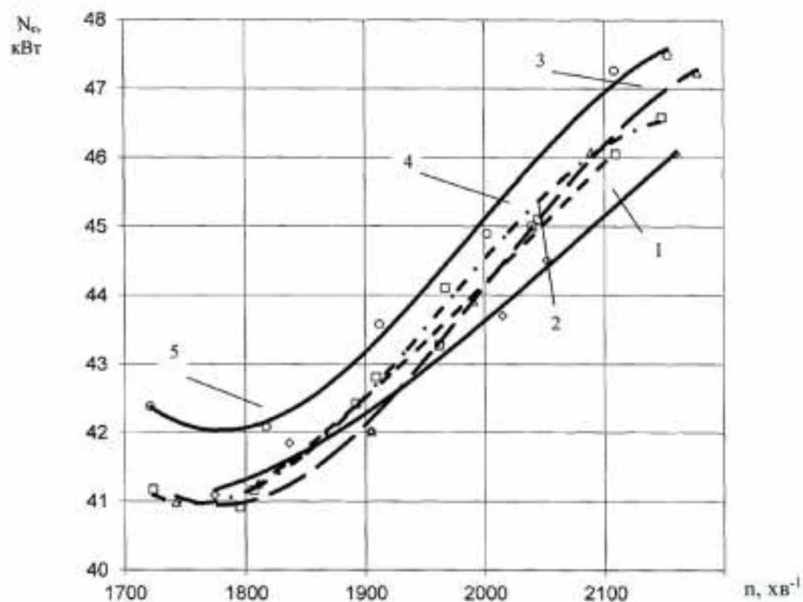
3 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження зовнішніх швидкісних характеристик дизеля

В процесі проведення досліджень, зміни потужностних і паливних показників двигуна спостерігалися через деякий час роботи на паливі, модифікованому присадкою. Наростаючий характер змін показників дозволяє стверджувати, що відбувалася адаптація хімотологічної системи «двигун-паливо», під впливом присадки зніщується горіння. Адаптаційний період протікав при роботі на стандартному циклі навантаження двигуна.

Для випробуваного двигуна період адаптації пройшов після 13 мотогодин напрацювання, що відповідає 110 л палива.

Всього в період адаптації було знято 5 зовнішніх швидкісних характеристики двигуна. На рис. 3.1 і А.1 додатку А представлені залежності зміни потужності і крутного моменту дизеля на зовнішній швидкісній характеристиці в різні періоди протікання періоду адаптації при роботі в концентрації присадки 0,2 г/л.



номери кривих вказують на напрацювання: 1-2 мотогодин, 2-4 мотогодин,

3-8 мотогодин, 4-10 мотогодин, 5-13 мотогодин

Рисунок 3.1 - Залежність потужності від частоти обертання колінчастого валу дизеля на періоді адаптації

Отримані залежності були зняті при різному напрацюванні дизеля: крива (1) була знята при напрацюванні 2 мотогодини, крива (2) - 4 мотогодини, (3) - 8 мотогодин, (4) - 10 мотогодин, (5) - 13 мотогодин.

Аналіз графічних залежностей рис. 3.1 та А.1 додатку А дозволяє зробити висновок про плавну зміну значень потужності і крутного моменту на періоді адаптації. Характерно, що зі збільшенням напрацювання залежності стають крутіше, тобто приріст потужності стає більш значущим на підвищених частотах обертання колінчастого валу, а в випадку з обертовим моментом спостерігається більш різке падіння.

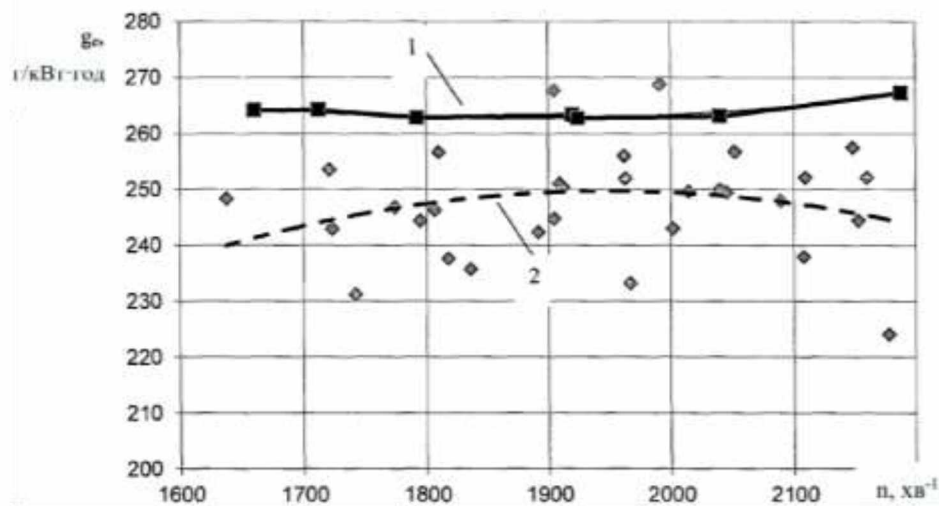
Максимальне значення потужності, зафіксоване в дизеля, який працює на стандартному паливі склало 43,43 кВт (59,06 к.с.) при частоті обертання колінчастого валу 2188 хв⁻¹. Максимально зафіксована потужність на періоді адаптації при дворазовій нормі присадки склала 47,49 кВт (64,59 к.с.) при частоті обертання 2153 хв⁻¹. Таким чином, абсолютний приріст потужності склав 4,06 кВт (5,793 к.с.) або 8,5% від початкового.

Максимальне значення крутного моменту, зафіксоване на дизелі, який працює на стандартному паливі склало 235,4 Нм при частоті обертання колінчастого валу 1660 хв⁻¹. Максимально зафіксоване значення крутного моменту на періоді адаптації при дворазовій нормі присадки склало 256,45 Нм при частоті обертання 1637 хв⁻¹. Таким чином, абсолютний приріст крутного моменту склав 21,05 Нм або 8,2%. При роботі двигуна на періоді адаптації спостерігалася менша амплітуда відхилення стрілки сило вимірювального пристрою стенда КИ-5543, що вказує на стабілізацію роботи всіх циліндрів.

При аналізі залежностей питомої ефективної витрати палива від частоти обертання колінчастого валу (рис. А.2 додаток А) видно, що стабільних значень отримати не вдалося.

На періоді адаптації спостерігалися скачки значень і зміни характеру протікання залежностей залежно від напрацювання. Характерно, що результати вимірів годинної витрати, при випробуваннях стабільні. Загальна закономірність всіх графіків (рис. 3.2) вказує на зменшення величини питомої ефективної

витрати палива на адаптаційний період у порівнянні з випробуваннями на стандартному паливі і загальною нестабільністю результатів. Варіація параметра становить 224...257 г/кВт·год. Коефіцієнт кореляції між величинами частоти обертання колінчастого валу і питомої ефективної витрати палива складає 0,061, що фактично вказує на відсутність зв'язку між параметрами. Графічна залежність, описана лінією 2 (рис. 3.2) є поліноміальною апроксимацією другого ступеня, коефіцієнт достовірності становить 0,055.



1 - залежність, отримана при роботі на стандартному паливі;

2 - залежність, отримана на періоді адаптації

Рисунок 3.2 - Залежність питомої ефективної витрати палива від частоти обертання колінчастого валу дизеля

Після того, як на дизелі, який працює на модифікованому паливі з вмістом присадки 0,2 г/л, перестав виявлятися видимий приріст потужностних і паливних параметрів він був переведений на паливо з вмістом присадки 0,1 г/л.

В результаті переходу на паливо з вмістом однократної норми присадки з плином напрацювання спостерігалось плавне зниження і стабілізація реєстрованих показників. Максимальне зниження було досягнуто після напрацювання в 57 мотогодин.

На рис. 3.3 представлені результати розрахунків потужності на режимі зовнішньої швидкісної характеристики. Залежність 1 була отримана при напрацюванні в 25 мотогодин; залежність 2 - 36 мотогодин; залежність 3 - 44

мотогодин; залежність 4 - 57 мотогодин.

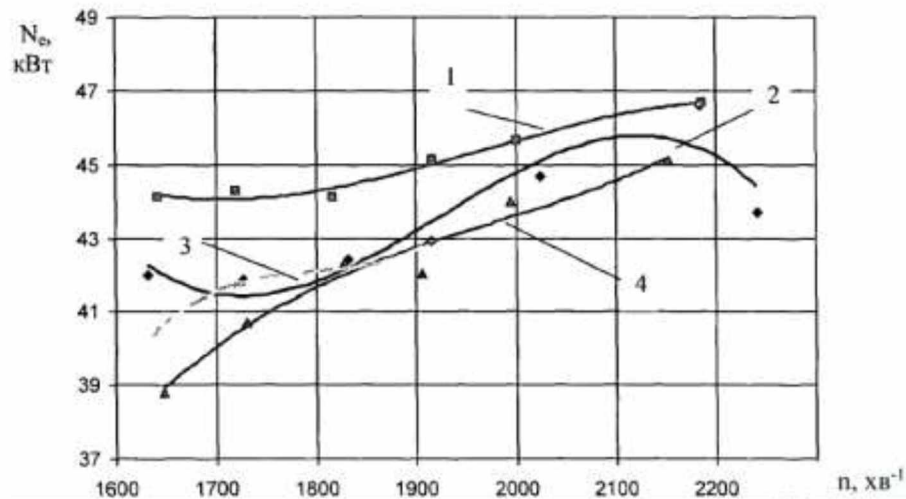


Рисунок 3.3 - Залежність потужності від частоти обертання колінчастого валу при роботі на паливі з вмістом присадки 0,1 г/л палива

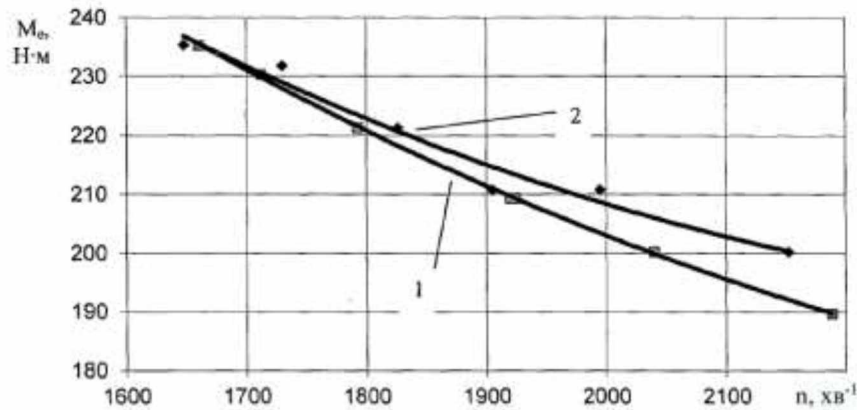
При аналізі рис. 3.3 видно, що залежність потужності в міру напрацювання стає більш крутою. Максимальна потужність на початковому періоді напрацювання дизеля, що працює на паливі з однократним змістом присадки склала 46,65 кВт при $n = 2188 \text{ хв}^{-1}$. Максимальна потужність на кінцевому періоді напрацювання склала 45,1 кВт при $n = 2152 \text{ хв}^{-1}$.

Збільшення номінальної потужності при роботі дизеля на паливі з однократною нормою вмісту присадки по відношенню до базових вимірів на заключному періоді випробувань склала 1,87 кВт в абсолютних одиницях або 4,3% у відносних.

З аналізу рис А.3 додатку А також, видно, що в міру напрацювання дизеля Д-240 спостерігається плавне зниження величин ефективного крутного моменту.

На режимі максимального крутного моменту, при роботі дизеля на паливі з однократною нормою вмісту присадки по відношенню до базових вимірів зміни величини крутного моменту не відбулося. Однак при порівнянні залежностей, отриманих при базових вимірах і отриманих на кінцевому етапі роботи дизеля при однократному вмісті присадки в паливі (рис. 3.4) видно, що базова крива крутного моменту зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу знижується більш помітно. Максимальний приріст величини крутного

моменту, досягнутий при номінальній частоті обертання колінчастого валу двигуна, і становить 4,5%.



1 - базова характеристика; 2 - характеристика, отримана на паливі з вмістом присадки 0,1 г/л, напрацювання 57 мотогодин

Рисунок 3.4 - Залежність крутного моменту від частоти обертання колінчастого валу при знятті базових характеристик дизеля і на паливі з однократною нормою присадки

Таким чином, робота дизеля на однократній нормі присадки дає приріст величини крутного моменту, але не на всіх режимах. Ефект збільшується при збільшенні частоти обертання колінчастого валу дизеля.

На рис А.4 додатку А представлені результати розрахунків питомої ефективної витрати палива. З аналізу залежностей видно, що в міру напрацювання на однократній нормі присадки значення параметра плавно збільшуються від значень 233,3...261,6 г/кВт·год до 255,7...261,7 г/кВт·год. Збільшення становить до 8,8%. Характерно, що при номінальній частоті обертання колінчастого валу величини питомої ефективної витрати палива мають дуже близькі значення при будь-якому значенні напрацювання.

Криві питомої ефективної витрати палива при знятті характеристик на стандартному паливі і паливі модифікованому однократною нормою присадки на заключному етапі випробувань, представлені на рис. 3.5.

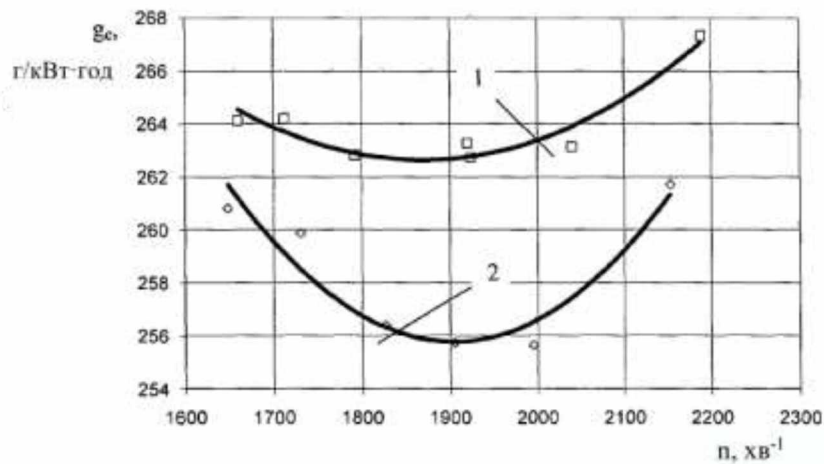


Рисунок 3.5 - Залежність питомої ефективної витрати палива від частоти обертання колінчастого валу при роботі на стандартному паливі (залежність 1) і з вмістом присадки 0,1 г/л палива (залежність 2), при напрацюванні 57 мотогодин

На стандартному паливі варіація склала 264,1...267,3 г/кВт·год, на модифікованому однократною нормою присадки - 255,6...261,7 г/кВт·год. Зниження склало 1,42...3,73%, але характер протікання кривої залишився без істотних змін.

3.2 Дослідження навантажувальних характеристик дизеля

Під час проведення випробувань з дизеля знімалися навантажувальні характеристики. Якщо випробування на зовнішній швидкісній характеристиці передбачають випробування при повній подачі палива в циліндри, тобто з максимально можливою завантаженням на всьому діапазоні частот обертання колінчастого валу, то випробування на навантажувальній характеристиці дозволяють отримати дані про характер протікання процесів на часткових навантаженнях.

На рис. 3.6 зображено залежність питомої ефективної витрати палива на навантажувальній характеристиці.

Для зручності подання, результати зняття навантажувальних характеристик представлені у вигляді трьох графіків: 1 - результати всіх вимірів

при роботі на стандартному паливі; 2 - результати всіх вимірів при роботі на паливі, модифікованому присадкою в концентрації 0,2 г/л; 3 - результати вимірів на паливі, модифікованому присадкою в концентрації 0,1 г/л.

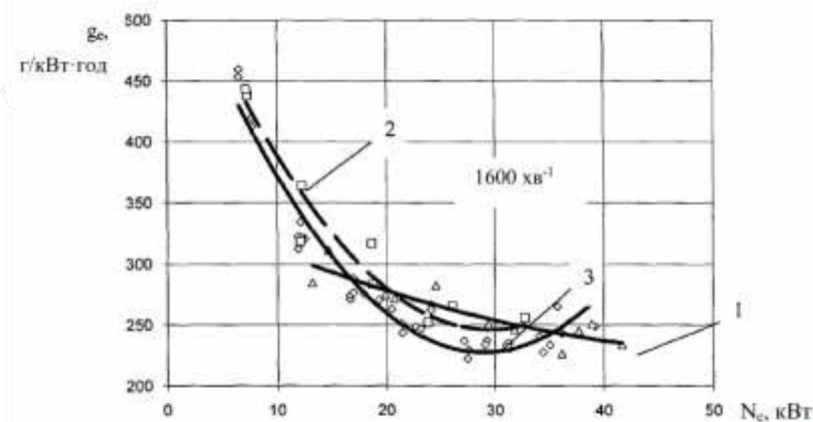


Рисунок 3.6 - Залежність питомої ефективної витрати палива від потужності двигуна на навантажувальній характеристиці

При аналізі кривих 1 і 2 (рис. 3.6) видно, що характер протікання залежностей практично ідентичний. Значення питомої ефективної витрати палива на однократній нормі присадки в паливі перевищують величини параметра при випробуваннях на стандартному паливі до 8%. Причому, на мінімальній потужності, що розвивається різниця нівелюється, у міру збільшення потужності різниця збільшується і досягає максимального значення при навантаженні в діапазоні 24...28 кВт.

Інший закон зміни питомої ефективної витрати палива спостерігається при застосуванні палива, модифікованого однократною нормою присадки. Крива стабілізується, змінюється практично лінійно. У діапазоні середніх навантажень (від 17 до 35 кВт) збільшення параметра досягає 12%. Однак в діапазоні малих і середніх навантажень значення питомої ефективної витрати палива менше. При застосуванні інтерполяції кривої апроксимації на режимі малих навантажень видно, що зниження досягає більш 28%. У режимі навантажень, близьких до максимальних, різниця досягає 15% і більше.

Аналіз залежностей представлених на рис. 3.6 дозволяє стверджувати про те, що найбільш доцільно застосування випробуваної присадки в діапазоні малих і підвищених навантажень на двигун.

3.3 Закономірності зміни крутного моменту дизеля від циклової подачі

В ході проведення експериментів була висунута гіпотеза про зв'язок циклової подачі ПА з величиною крутного моменту, що розвиває двигун. Дослідження даної закономірності в перспективі дозволило б отримати критеріальні залежності, які можливо використовувати в якості діагностичного параметра, на підставі якого можливий контроль паливної економічності двигунів в процесі обкатки та випробувань.

Оскільки в ході досліджень постійно визначали годинну витрату палива, її значення можна інтерпретувати і представити у вигляді дійсної циклової подачі ПА в циліндр випробуваного дизеля.

Згідно [11] кількість палива, що впорскується форсункою за один хід плунжера, визначається за формулою:

$$q_u = \frac{g_e \cdot N_e \cdot k \tau}{120 \cdot n \cdot i \cdot \rho_m}, \quad (3.1)$$

де q_u - циклова подача палива, мм³/цикл;

g_e - питома ефективна витрата палива, г/(кВт·год)

N_e - потужність двигуна, кВт;

k - коефіцієнт перенавантаження;

τ - тактність двигуна;

n - частота обертання колінчастого валу, хв⁻¹;

i - число циліндрів двигуна;

ρ_m - щільність палива, г/мм³.

Після перетворення рівняння (3.1) запишемо рівняння розрахункової циклової подачі для чотиритактного двигуна:

$$q'_u = \frac{G_m}{30 \cdot n \cdot i \cdot \rho_m}, \quad (3.2)$$

де G_m - годинна витрата палива двигуном, кг/год.

Аналізуючи рівняння (3.1) можна зробити висновок про те, що циклова подача палива регульованою на стенді ПА відрізняється від розрахункової на величину k . Це пов'язано з тим, що уприскування палива на стенді здійснюється

при атмосферному тиску, а в двигуні уприскування палива форсункою здійснюється в камеру згоряння, тобто в середу з високим тиском і температурою.

Оскільки паливо, яке надходить в паливну систему, має температуру, що дорівнює робочій температурі дизеля (80... 90° С) досліджуване дизельне паливо в лабораторних умовах нагрівалося до необхідної температури. Щільність дизельного палива при вимірі склала 800 г/мм³.

На основі даних по всіх випробуваннях дизеля і виконавши перерахунок циклової подачі палива, була побудована залежність циклової подачі ПА від крутного моменту дизеля (рис. 3.7).

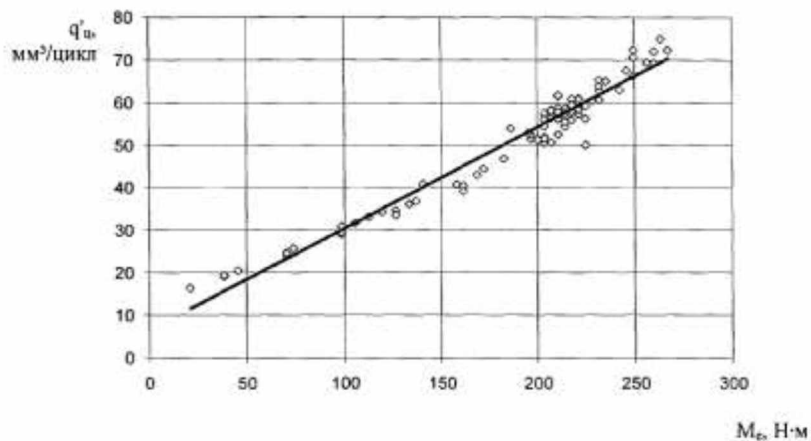


Рисунок 3.7 - Залежність циклової подачі дизеля від крутного моменту

Дані для цієї залежності були отримані при знятті як зовнішньої швидкісної, так і навантажувальних характеристик дизеля. Отримана залежність адекватно (коефіцієнт кореляції між величинами складає 0,979) описується лінійним рівнянням:

$$q'_u = 6,52 + 0,2391M_e \quad (3.3)$$

q'_u - дійсна циклова подача палива, мм³/цикл;

M_e - ефективний крутний момент двигуна, Нм.

Фізичний сенс отриманого рівняння (3.3) полягає в тому, що навіть при роботі на холостому ходу ($M_e = 0$) двигун витрачає деяку кількість палива.

Відомо, що при роботі двигуна на холостому ходу частота обертання колінчастого валу може бути різною, тобто при роботі на холостому ходу дійсна

циклова подача змінюється від деякого мінімального до максимального значення при мінімально стійкій і максимальній частоті обертання холостого ходу дизеля. Тобто коефіцієнт 6,52 у формулі (3.3) є усередненою величиною.

Для того щоб виявлена залежність могла служити діагностичною ознакою необхідно, щоб вона відповідала чотирьом основним вимогам однозначності, стабільності, чутливості та інформативності.

3.4 Дослідження регуляторної характеристики насоса високого тиску

З огляду на ту обставину, що при випробуванні ПА на установці СМТА-01 можливе отримання чотирьох фіксованих частот обертання приводу, було прийнято рішення провести дослідження регуляторних характеристик ПНВТ в комплекті ПА з метою виявлення регресійних залежностей циклової подачі палива від частоти обертання кулачкового валу ПНВТ. Відповідно до запропонованої методики на основі даних, отриманих при фіксованих частотах обертання, при випробуванні ПА на установці СМТА-01 моделюється закон регуляторної характеристики відрегульованого комплекту ПА. Потім порівнюються рівняння регуляторних характеристик регульованого і контрольного ПНВТ. Якщо відхилення розрахункових величин від регламентованих не перевищує 5% регулювання параметрів циклової подачі палива вважається закінченою.

Всього в результаті проведення експерименту було отримано 480 замірів величини циклової подачі палива на різних частотах обертання для всіх комплектів ПА.

За результатами отриманих даних величина довірчого інтервалу для циклової подачі склала 11,17 мм³/цикл при довірчій ймовірності в 95%. Обробка експериментальних даних велася на комп'ютері із застосуванням програми MS Excel.

Згідно з даними П.М. Кривенка, Б.Н. Файнлейба [22, 23] характеристика подачі палива насосом з регулятором, забезпеченим коректором циклової подачі

має кілька характерних ділянок (рис. 3.8), де точки 1, 2 відносяться до ділянки пускової подачі. Відзначимо, що величина параметра перевищує норматив більш ніж в 1,38 рази, пускова вітка не розтягнута. Значне перевищення величини пускової подачі пояснюється використанням нових плунжерних пар і нагнітальних клапанів.

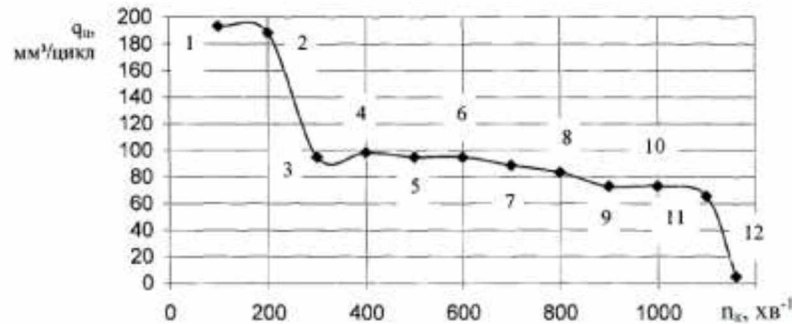


Рисунок 3.8 - Зовнішня регуляторна характеристика ПА двигуна Д-240, отримана на стенді

Точки 3, 4, 5, 6, 9, 10, та 11 відносяться до ділянок характеристики при положенні рейки на жорсткому упорі. При проведенні реальних випробувань зазначені ділянки практично не мають нахилу, що не відповідає даним [22, 23, 24, 28].

Точки 6, 7, 8, 9 відносяться до ділянки роботи коректора циклової подачі. Точки 11 і 12 відносяться до ділянки номінальної регуляторної характеристики, іноді званої різницевою гілкою. Видно, що точка 12 повинна знаходитися трохи вище отриманої. Ця обставина призводить до зниження максимально можливої частоти обертання колінчастого валу двигуна на холостому ході. Однак ця обставина не порушує вимог регулювальних карт.

Відзначимо, що справжня крива зовнішньої регуляторної характеристики була отримана для шести комплектів ПА. Можна зробити висновок про повну відповідність зазначених комплектів ПА теоретичним положенням.

Решта чотири комплекти ПА при відповідності їх параметрів вимогам нормативно-технічної документації [30] були віднесені до умовно працездатним, через невідповідність ряду характерних ділянок теоретичним. Далі представлені

результати випробувань для двох комплектів з найбільш характерними невідповідностями.

Першою характерною невідповідністю є наявність розтягнутої пускової гілки. Максимальна подача склала $194,5 \text{ мм}^3/\text{цикл}$, що в 1,39 рази вище нормативу. Однак така величина була отримана при частоті в 300 хв^{-1} частоти обертання кулачкового валу.

Згідно з інформацією Б.Н. Файнлейба пускова подача повинна закінчуватися вже при частоті обертання кулачкового валу на рівні 200 хв^{-1} . Як вважає автор, збільшення пускової гілки відбулося через розтягування пружини збагачувача ПНВТ.

При аналізі рис. Б.2 додатку Б видно що, хоча пускова гілка закінчується при оборотах кулачкового валу в 200 хв^{-1} , на частоті обертання 300 хв^{-1} зберігається деяка надмірність величини подачі. Це також вказує на збільшення жорсткості пружини збагачувача регулятора ПНВТ.

Величини циклової подачі палива на номінальному режимі і режимі максимального крутного моменту складуть відповідно 68 і $80,5 \text{ мм}^3/\text{цикл}$. Отримані результати повністю відповідають регульовальним даними (табл. 2.1). Однак, якщо зіставити залежності на рис 3.8 та Б.2 додатку Б видно, що на частотах обертання від 400 до 800 хв^{-1} спостерігається «просідання» залежності, що вказує на недостатню затяжку пружини коректора регулятора.

При частоті обертання максимального холостого ходу у розглянутій ПА відсутня подача, тобто залежність номінальної регуляторної гілки проходить з великим нахилом, ніж потрібно.

Для побудови апроксимації даних зовнішньої швидкісної характеристики виключимо з неї величини пускової і гілки номінальної регуляторної характеристики, оскільки у них свої закони розподілу, і діапазон відтворення частот обертання головного приводу установки СМТА-01 не дозволяє їх отримати. Результати апроксимування зовнішньої швидкісної характеристики представлені на рис. 3.9.

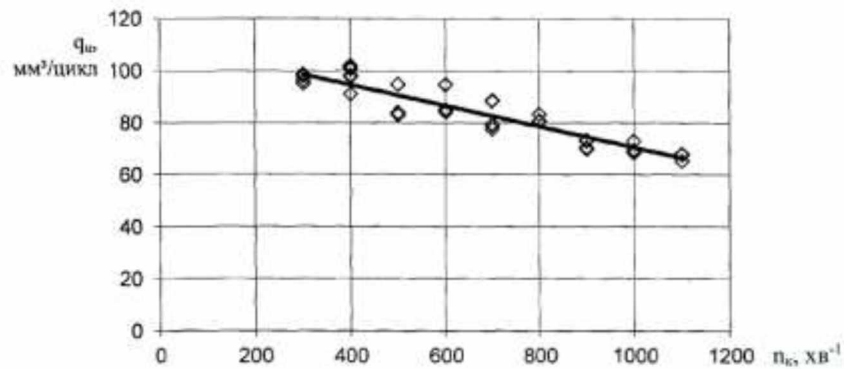


Рисунок 3.9 - Залежність циклової подачі палива від частоти обертання кулачкового валу ПА, відповідна роботі дизеля Д-240 на режимі зовнішньої швидкісної характеристики

Отримана на рис. 3.9 залежність адекватно (величина достовірності апроксимації становить 0,959) описується рівнянням полінома другого порядку виду:

$$q_{ц} = 93,372 + 0,0274n_k - 5 \cdot 10^{-5} n_k^2 \quad (4.1)$$

де $q_{ц}$ - циклова подача ПНВТ на стенді, мм³/цикл;

n_k - частота обертання кулачкового валу ПНВТ, хв⁻¹.

3.5 Дослідження зміни коефіцієнта нерівномірності подачі палива по секціях від оборотів кулачкового валу насоса високого тиску

Згідно нормативної документації цілий ряд параметрів ПА повинен періодично контролюватися на спеціальному обладнанні. Серед інших параметрів, що безпосередньо знімаються існує розрахунковий - нерівномірність подачі палива по циліндрах δ , %.

Даний параметр є досить важливим, оскільки його значення безпосередньо впливають на рівномірність роботи циліндрів дизеля і частоти обертання колінчастого валу, відсутність підвищеної вібрації в роботі. Нерівномірність подачі палива по циліндрах двигуна вище 10% виходить за допустимі технічними умовами значення питомих витрат палива [1].

Згідно ГОСТ 10578 «Насоси паливні дизелів. Загальні технічні умови» параметр нерівномірності δ контролюється на пусковій частоті обертання кулачкового валу і при номінальній (або частоті обертання відповідної режиму

максимального крутного моменту двигуна). Наприклад, для рядного ПНВТ з чотирма секціями значення складуть відповідно 30 і 3% при регулюванні.

При дослідженні даного параметра були поставлені наступні завдання:

- дослідити залежність параметра нерівномірності подачі палива по циліндрам від оборотів кулачкового валу і циклової подачі;
- при регулюванні ПА на стенді перевірити наскільки можливо виконання вимог ГОСТ щодо нерівномірності подачі палива по циліндрах і визначити точку досягнення найменшої величини параметра.

Отримані результати досліджень представлені на рис. 3.10 та 3.11.

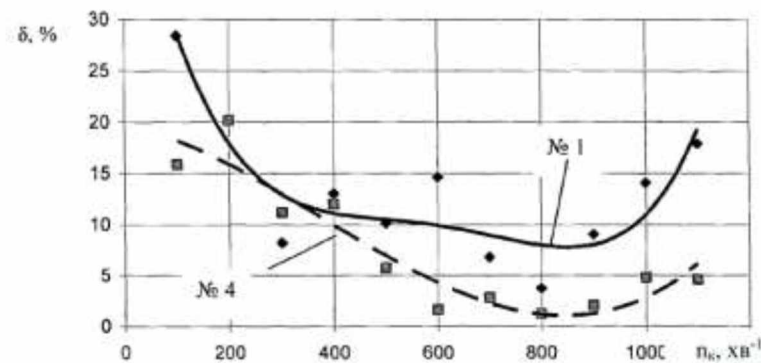


Рисунок 3.10 - Залежність нерівномірності подачі по циліндрах від оборотів кулачкового валу для ПНВТ № 1, 4

Аналіз кривої δ для ПНВТ № 1 виявив великий розкид значень параметра. Мінімальне значення $\delta=3,72\%$ досягнуто при частоті обертання $n_k=800 \text{ хв}^{-1}$.

Всі перераховані факти свідчать про загальний знос випробовуваних насосів, що і стало причиною недотримання нерівномірності подачі палива по секціях ПА.

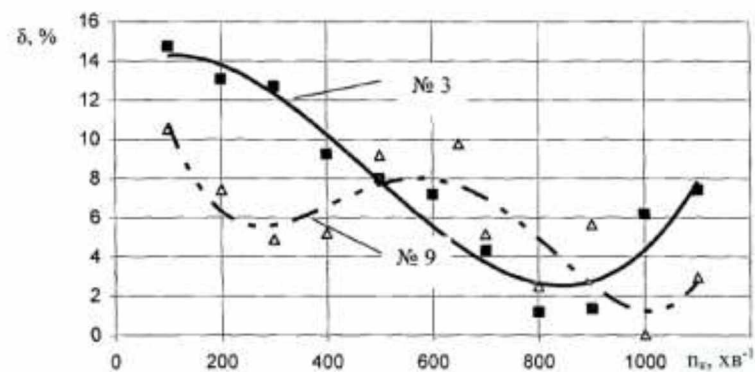


Рисунок 3.11 - Залежність нерівномірності подачі по циліндрах від оборотів кулачкового валу для ПНВТ № 3, 9

Рівномірність показань для ПНВТ № 4 і їх значення однозначно вказують на дотримання всіх вимог нормативно-технічної документації.

Для ПНВТ № 3 спостерігається практично ідентичний для комплекту № 4 залежністю.

Для ПНВТ № 9 залежність величини нерівномірності подачі від оборотів кулачкового валу виглядає не характерно. Мабуть, це пов'язано недостатнім затягуванням пружини коректора регулятора.

Згідно вимог ГОСТ 10578 величина нерівномірності подачі перевіряється при частоті обертання відповідно режиму максимального крутного моменту двигуна або номінальній частоті обертання колінчастого валу. Залежності на рис. 3.10 та 3.11 мають чашоподібну форму, тобто досяжний деякий мінімум значення нерівномірності подачі палива по секціях ПА. Найменші значення параметра δ припадають на діапазон 600...1000 хв^{-1} оборотів кулачкового валу. Можна зробити висновок, для ПА серії УТН для двигуна Д-240 настройку нерівномірності подачі палива по секціях рекомендується проводити при частоті обертання 600...800 хв^{-1} . Найбільш якісні регулювання вдалося досягти на комплектах 3 і 4.

В результаті досліджень була показана виконуваність нормативних вимог ГОСТ 10578 за величиною нерівномірності подачі палива по циліндрах. Для досягнення зазначених вимог майстру по регулюванню ПА потрібно при випробуванні на режимі регуляторної характеристики відрегулювати параметр δ на мінімально можливе значення при частоті обертання кулачкового валу, відповідному режиму максимального крутного моменту двигуна.

3.6 Результати експлуатаційних випробувань

Експлуатаційні випробування проводилися на машинно-тракторному агрегаті МТЗ-82, з двигуном Д-240, в складі причепа 2ПТС-4 під час перевезення сінажу з полів до сінажної траншеї. На двигуні було проведено операції ТО, згідно з розробленою технологією технічного обслуговування паливної

апаратури [31]. Перевезення сінажу проводилася з одного поля, засіяного багаторічними травами. Зведені дані по експерименту представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати експлуатаційних випробувань

Концентрація	Маса перевезеного вантажу, т	Напрацювання, мотогодин	Витрата палива, л	Питома витрата, л/мотогодин
без присадки	40,3	24,1	135	5,6
0,2 г/л	45,6	23,6	105	4,44
0,1 г/л	53,2	22	100	4,55
0,1 г/л	55,6	22,9	97	4,24
0,1 г/л	45,5	18,3	100	5,46
0,1 г/л	43,2	17,1	89	5,20
0,1 г/л	50,6	19,4	98	5,05

З аналізу даних в таблиці 3.1 випливає, що спільне напрацювання за весь час експерименту склала більше 125 мотогодин, загальна витрата палива - 724 л, маса перевезеного вантажу склала 334 т.

Середня витрата палива в період роботи трактора на паливі з концентрацією присадки в паливі 0,1 г/л склав 4,9 л/мотогодину. Виходячи з цих даних економія дизельного палива при використанні технології ТО паливної апаратури при роботі на модифікованому дизельному паливі складе в середньому 12,5% в порівнянні з роботою трактора на стандартному паливі і при дотриманні регламенту робіт по ТО.

На рис. 3.12 показаний графік закладки сінажної маси в траншею по днях.

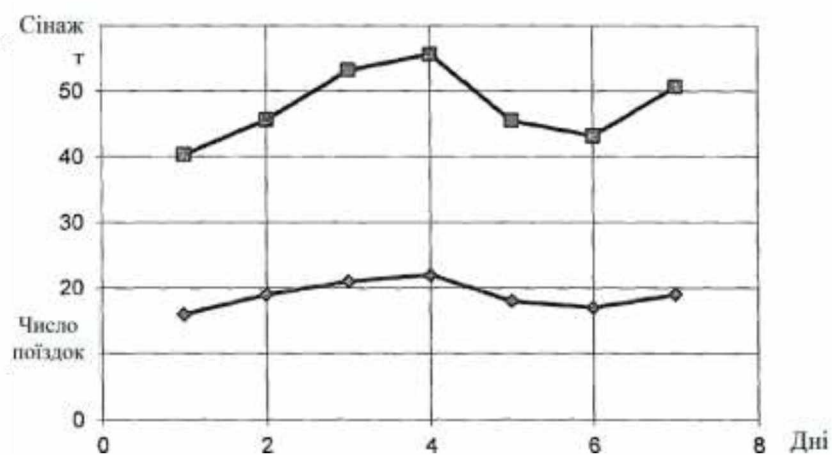


Рисунок 3.12 - Динаміка закладки сінажної маси в траншею і числа поїздок

Аналізуючи дані на рис. 3.12 видно, що після застосування модифікованого палива підвищилася ритмічність закладки сінажної траншеї і збільшується добова доставка кормів у порівнянні з раніше наявним досвідом на 13,2...25,6%.

На рис. 3.13 відображені зміни питомих параметрів по днях проведення експерименту: питомої витрати палива в л/мотогодину і питомої витрати в л/т перевезеного вантажу.

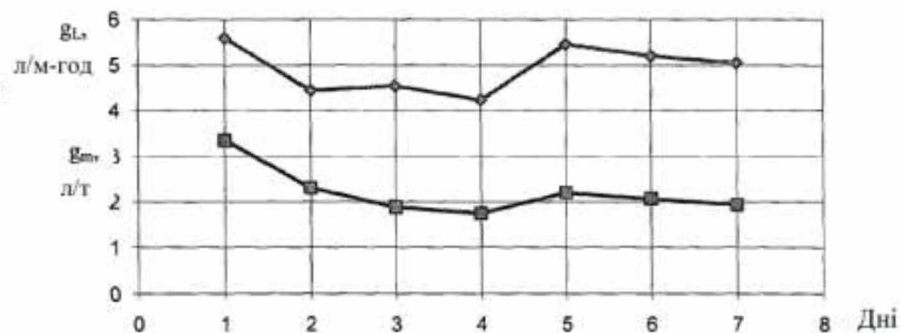


Рисунок 3.13 - Динаміка зміни питомих витрат палива

Аналізуючи представлені на рис. 3.13 залежності видно, що питомі величини добре корелюються між собою, причому зі зміни показника g_m найбільш яскраво простежується тренд зниження величини витрати палива.

Висновки за результатами експериментальних досліджень

1. При використанні палива модифікованого присадкою для отримання видимих ефектів необхідне напрацювання. Для дизеля Д-240 дане напрацювання, назване періодом адаптації склало близько 110 л палива або 13 мотогодин роботи двигуна.

2. Підвищення потужностних параметрів на періоді адаптації дизеля має плавний наростаючий характер. Криві потужності і крутного моменту в міру збільшення напрацювання стають крутіше. До кінця періоду адаптації збільшення потужності по відношенню до базових параметрах двигуна склало 1,2...8,5%, максимального крутного моменту 2,3...8,2%. При роботі на модифікованому паливі спостерігається стабілізація роботи циліндрів двигуна. Найменші величини приросту для крутного моменту спостерігаються в діапазоні

частот обертання 1800...1900 хв⁻¹. Приріст потужності зростає зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу.

3. Для періоду адаптації спостерігається нетипова зміна кривої питомої ефективної витрати палива. Отримано істотні скачки значень при незначних варіаціях оборотів колінчастого валу. Загальні закономірності, знайдені на періоді адаптації, вказують на зменшення величини питомої ефективної витрати палива і загальної нестабільності результатів. Максимальне зниження параметра становить 10,2%.

4. При переході на паливо з вмістом присадки 0,1 г/л спостерігається плавне зниження потужностних параметрів і паливної економічності. По відношенню до базових параметрах максимальний приріст потужності по зовнішній швидкісній характеристиці склав до 4,3%, крутного моменту 4,0%. Приріст потужності і крутного моменту зростає зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу.

5. При переході роботи дизеля на паливо з однократним змістом присадки спостерігається зниження величин питомої ефективної витрати палива в порівнянні з базовим на 1,1...2,7%. Максимальне зниження отримано при частоті обертання 1900 хв⁻¹. Характер протікання кривої ідентичний базової.

6. Результати випробувань дизеля в режимі навантажувальної характеристики показали, що значення питомої ефективної витрати палива з двократною нормою присадки в паливі перевищують величини параметра при випробуваннях на стандартному паливі до 8%. Причому, на мінімальній потужності, що розвивається різниця нівелюється, а в міру збільшення потужності різниця збільшується і досягає максимального значення при навантаженні в діапазоні 24...28 кВт. При переході на паливо з однократним вмістом присадки закон зміни питомої ефективної витрати палива стає лінійним. У діапазоні середніх навантажень (від 17 до 35 кВт) збільшення параметра досягає 12%. Однак в діапазоні малих і середніх навантажень значення питомої ефективної витрати палива менше базових. У режимі навантажень, близьких до максимальних, різниця досягає більш 15%. При інтерполяції кривої на режимі

малих навантажень видно, що зниження досягає більш 28%. На підставі отриманих даних видно, що найбільш доцільно застосування присадки в діапазоні малих і підвищених навантажень на двигун.

7. Виявлена лінійна залежність між параметрами розрахункової циклової подачі і крутного моменту дизеля. У перспективі дана залежність може використовуватися як діагностичний параметр при обкатці дизелів на стендах.

8. При заміні плунжерних пар і нагнітальних клапанів секцій ПНВТ моделі УТН на нові пускова подача забезпечується з-за запасом до 39%.

9. Виявлено, що для ПНВТ серії УТН в 4 випадках з 10 спостерігається збільшення жорсткості пружини, що призводить до збільшення діапазону пускової гілки на 100 хв^{-1} .

10. Встановлено, що в умовах експлуатації не всі ПНВТ з механічним уприскуванням налаштовані відповідно до положень теорії подачі палива і для того щоб оцінити якість робіт по регулюванню необхідно перед здачею ПА споживачеві проводити комплексні випробування на режимі зовнішньої регуляторної характеристики з оцінкою відповідності її еталонній.

11. Дослідження залежності величини нерівномірності подачі палива по секціях ТА дозволили обґрунтувати рекомендації по вибору оптимального діапазону частоти обертання кулачкового валу при регулюванні для досягнення найменшого значення параметра, який для ПНВТ серії УТН становить $600 \dots 800 \text{ хв}^{-1}$. Доведено виконуваність вимог нормативно-технічної документації для комплектів ТА, що мають накопичений знос.

12. Введення технології технічного обслуговування паливної апаратури при роботі дизелів на модифікованому паливі дозволило в експлуатаційних умовах забезпечити економію палива на рівні 12,5%. Забезпечити підвищення ритмічності закладки сінажної траншеї, це дозволило збільшити добову закладку сінажу на 13,2...25,6% в порівнянні з раніше наявним досвідом.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1 Екологічна експертиза

Екологічна експертиза являє собою врегульовану нормами діяльність експертів по аналізу, перевірці і оцінці документації об'єктів і рішень, на їх відповідність правилам і вимогам охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування в цілях попередження можливих негативних наслідків для навколишнього середовища.

Цілі екологічної експертизи [32]:

- забезпечення наукового визначення відповідності проектних рішень сучасним екологічним вимогам перед їх затвердженням в компетентних державних органах;

- попередження можливого негативного втручання на екосистему функціонуючих і проектних об'єктів в процесі її реалізації.

Екологічна експертиза буває державною, громадською, а також інших видів. Вона є обов'язковою умовою законодавчої роботи господарства і іншої діяльності, яка впливає на стан навколишнього середовища. В останні роки відбуваються негативні зміни навколишнього середовища, тому у 1991 році 25 червня був прийнятий Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», а 9 лютого 1995 року був прийнятий Закон України «Про екологічну експертизу». Зазначені закони визначає правові, екологічні і соціальні основи організації охорони навколишнього середовища, вимоги до проведення екологічної експертизи [32].

Громадська екологічна експертиза може здійснюватися в будь-якій сфері діяльності, що потребує екологічного обґрунтування, за ініціативою громадських організацій чи інших громадських формувань. Громадська екологічна експертиза може здійснюватися одночасно з державною екологічною експертизою шляхом створення на добровільних засадах тимчасових або постійних еколого-експертних колективів громадських організацій чи інших громадських формувань.

Еколого-експертний процес складається з трьох основних етапів [32]:

- підготовчого, або перевірки необхідних даних, представлених проектних матеріалів і їх відповідності до законодавства;

- основного, або аналітичної обробки даних по об'єктах експертизи;

- заключного, або підведення результату і оцінці даних і складання акта.

Екологія в сільськогосподарському виробництві займає чинне місце, оскільки здійснюється суттєвий вплив на оточуюче середовище, особливо в наш час і з розвитком нових технологічних процесів, що впроваджуються у виробництво, застосуванням модернізованої техніки в Україні.

Спрямована екологічна експертиза на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам та вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціонального використання і відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Завдання екологічної експертизи полягають у регулюванні суспільних відносин в галузі екологічної експертизи для забезпечення екологічної безпеки, охорони навколишнього середовища, раціонального використання та відтворення природних ресурсів, захисту екологічних прав та інтересів громадян держави.

Мета екологічної експертизи - запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на природне середовище та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях та об'єктах.

Вимоги до проведення екологічної експертизи такі [32]:

1. Дотримання пріоритету права суспільства на сприятливе екологічне середовище.

2. Гармонійне поєднання екологічних та економічних інтересів.

3. Екологічна сутність об'єктів з вимогами охорони довкілля.

4. Комплексна еколого-економічна оцінка існуючого чи передбачуваного впливу на навколишнє середовище.

5. Альтернативні варіанти зменшення негативних впливів об'єктів експертизи на оточуюче середовище.

6. Суворе дотримання законодавства та державних норм

природокористування.

Порядок проведення екологічної експертизи включає:

1. Перевірку наявності та повноти матеріалів та реквізитів на об'єкти екологічної експертизи.
2. Аналітичне опрацювання матеріалів екологічної експертизи.
3. Узагальнення окремих експертних досліджень та наслідків діяльності об'єктів експертизи.
4. Підготовку висновків.

Технологія сільськогосподарського виробництва має базуватися на екологічно-обґрунтованих раціональних нормах [32].

Відповідно до теми роботи об'єктом забруднення навколишнього середовища є автотракторний парк. Тому, в них проводиться комплекс заходів по захисту довкілля від негативного впливу транспорту.

Діяльність автотракторного парку в тому числі і території де знаходиться він, а особливо ПММ, впливає на стан оточуючого середовища, тому ми пропонуємо деякі заходи по попередженню забруднення навколишнього середовища.

Джерелом виходу забруднюючих речовин в атмосферу є обладнання, яке встановлене на території: майстерні, цистерни та склади для зберігання ПММ, заправні колонки.

Згідно ГОСТ 12.1.005-76 система безпеки стандартів праці «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги», в якому регламентується допустимий вміст шкідливих речовин в перерахованих джерелах: сірчаний ангідрид - 10мг/м, оксид вуглецю - 20 мг/м, двооксид азоту - 5 мг/м, тверді речовини - 1 мг/м.

В зв'язку з цим для забезпечення чистоти повітря, крім діючої вентиляції у приміщеннях, пропонуємо встановити пристрій для очищення повітря від забруднюючих речовин. Для видалення пилу пропонуємо до загальної системи вентиляції додати циліндричний циклон ЦН-15, який очищує повітря.

Пропонуємо застосовувати місцеву вентиляцію з очищенням повітря у сопловому вихровому пиловловлювачі. Він добре очищає повітря від дрібнодисперсних частинок, розміром менше 3 мкм. Джерелом забруднення ґрунту

і ґрунтових вод є ПММ, заправне обладнання, санвузол, так на них проводяться викиди забруднюючих рідин у каналізацію.

Стічні води підлягають взаємній нейтралізації шляхом змішування їх у фільтрі відстійнику, а потім пропусканню їх крізь розчин вапна, де вони повністю нейтралізуються і направляються в живильний басейн для можливого повторного їх використання. Стічні води містять консистентні мастила, дизпаливо, етиленгліколь, луґи та інші речовини. Вони мають РН = 9-10,5, хімічний кисень в межах 9-5 г/л і 10-16 г/л емульсійних масел. Ці стічні води направляються в загальний колектор, а потім очищатися на двох установках. Стічні води з санвузлів направляються у спеціальні фільтри – відстійники, де вони підлягають хлоруванню. Відпрацьовані технічні рідини та мастила, відстої дизельного пального зливають окремо в спеціальні герметичні ємності, в яких вони відстоюються на протязі двох місяців. Потім зливають в автоцистерну і транспортують на пункт збирання відпрацьованих мастил і технічних рідин нафтобази. Так як зараз відбуваються збої з вивозом цих рідин, то пропонуємо слідкувати за регулярністю вивозу, не допускати розливання їх на ґрунт.

Отже, дані заходи забезпечать мінімальний вплив на екологічну систему при технічному обслуговуванні техніки в майстерні.

4.2 Охорона праці

4.2.1 Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому покращенню умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Умови праці - це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на

її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва [33].

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

4.2.2 Технічний регламент та вимоги безпеки при технічному обслуговуванні тракторного парку

1. До роботи трактористом допускають осіб, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, інструктажі з питань охорони праці навчання по затвердженій програмі, перевірку знань кваліфікаційною комісією та одержали посвідчення на право управління транспортним засобом.

2. Повторний інструктаж тракторист повинен проходити 1 раз у 3 місяці, повторну перевірку знань, після попередньої перепідготовки - через 12 місяців.

3. Забороняється приступати до роботи в хворобливому стані, та стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння.

4. Під час виконання робіт можливі наступні небезпечні та шкідливі фактори, що проявляють дії на тракториста:

- падіння людини, падіння предметів на людину;
- наїзд автотранспорту;
- незахищені рухомі елементи машин;
- недостатнє або надмірне освітлення робочого місця;
- запиленість та загазованість відпрацьованими газами;
- шум та вібрація на робочому місці.

5. Згідно до норм трактористові належать наступні ЗІЗ:

- комбінезон бавовняний для захисту від механічних пошкоджень та

виробничих забруднень, черевики юхтові на шкіряній або гумовій підшві, рукавиці комбіновані з накладками з текститну.

Зимомо додатково: куртка бавовняна з утепленою прокладкою та штани на утепленій прокладці.

6. Під час експлуатації транспортного засобу водій повинен дотримуватись вимог інструкцій по експлуатації його та пожежної безпеки.

7. Тракторист повинен дотримуватись вимог правил виробничої санітарії та особистої гігієни.

8. Особи, що порушили вимоги інструкції, несуть дисциплінарну відповідальність, згідно чинного законодавства за винятком випадків, коли порушення вимог тягне кримінальну відповідальність.

4.2.3 Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які [33]:

- характеризують стан або рівень небезпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Всяке порушення цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це

привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно.

Висновки та пропозиції.

За умов складання на підприємстві планів попередження, а у разі виникнення локалізації і ліквідації пожеж, а також проведення тренувань серед персоналу можна уникнути виникнення надзвичайної ситуації або її важких наслідків.

Для того щоб на підприємстві трапилося менше випадків які закінчуються травмами необхідно дотримуватись наступних заходів:

1. Забезпечити видання стандартних розмірів ЗІЗ.
2. Забезпечити біля кожного робочого місця наявність інструкції по вимогам безпеки та знаки з попереджувальними написами.
3. Забезпечити зменшення загазованості повітря на базі.
4. Обладнати приміщення для проведення інструктажів та навчання працівників з питань охорони праці.
5. Організувати постійний контроль за станом охорони праці.
6. Поновити електроізоляцію.

Виконання запропонованих заходів сприятиме зниженню ризику небезпек, що призведе до зниження рівня виробничого травматизму.

4.3 Визначення економічного ефекту від впровадження проектних пропозицій

Результати проведеного експерименту в п. 3.6 дозволяють виконати розрахунок економії коштів для сільськогосподарських товаровиробників при впровадженні розробленої технології.

При впровадженні у виробництво мобільного установки в комплексі з присадкою в дизельне паливо, очікуються наступні позитивні ефекти:

1. Скорочення сумарної витрати палива, при виконанні різних агротехнічних робіт.

2. Скорочення витрат на проведення технічного обслуговування.

Таким чином, в економічному розрахунку будемо враховувати наступне:

1. Ефект від впровадження установки СМТА-01, що виражається в зниженні витрат на проведення технічного обслуговування ПА при ТО-3.

2. Використання палива, модифікованого присадкою, забезпечує економію палива в експлуатації на рівні 12,5%.

Проведемо розрахунок економії для парку тракторів МТЗ. За рік середня напрацювання тракторного парку становить близько 1000 мотогодин. Прийmemo, що ПА трактора МТЗ-80, 82 відправляється на проведення ТО один раз в рік.

З урахуванням вихідних даних загальна вартість з технічного обслуговування для 5 комплектів ПА становить:

$$C = (1500 + 4 \cdot 30) \cdot 5 = 8100 \text{ грн.}$$

З урахуванням прийнятого напрацювання, згідно [29] споживання дизельного палива одним трактором в рік складе:

$$Q = 8,4 \cdot 1000 = 8400 \text{ кг}$$

З урахуванням отриманих результатів по економії палива в експлуатації, зробимо розрахунок економії коштів з урахуванням оптової ціни на дизельне паливо для парку з п'яти МТЗ-82:

$$E = (0,125 \cdot 8400 \cdot 27,5) \cdot 5 = 185850 \text{ грн.}$$

Сумарні витрати для парку з 5 тракторів типу МТЗ-82 на паливо і проведення ТО ПА за рік складають:

$$B = 8100 + 8400 \cdot 27,5 \cdot 5 = 1494900 \text{ грн.}$$

Економія коштів від впровадження ТО ПА при роботі на модифікованому паливі:

$$E = 8100 + 185850 = 193950 \text{ грн.}$$

Для розрахунку економічного ефекту прийmemo вартість присадки рівній 20000 грн/кг [34].

Оскільки витрата присадки ведеться на обсяг споживаного палива зробимо перерахунок маси в обсяг:

$$V = (8400 / 0,834) \cdot 5 = 50360 \text{ л.}$$

Тоді витрати на присадку з урахуванням застосування подвійної норми на перший бак об'ємом 130 л [29] і подальшого застосування одноразової норми:

$$B = (130 \cdot 0,2 \cdot 20000/1000) \cdot 5 + 49710 \cdot 0,1 \cdot 20000/1000 = 102020 \text{ грн.}$$

Для розрахунку витрат приймемо орієнтовну вартість дослідної установки СМТА-01 рівній 61 тис. грн. Тоді підсумкові витрати складуть:

$$B = 102020 + 61000 = 163020 \text{ грн.}$$

Зважаючи на малу трудомісткості обслуговування комплектів ПА приймемо, що впровадження технології не потребують збільшення штату обслуговуючого персоналу.

При прийнятих вихідних даних до розрахунку, економічної ефективності комплексного впровадження мобільної установки для проведення випробувань і технічного обслуговування ПА і присадки в дизельне паливо для парку з 5 тракторів МТЗ-82 становить [34]:

$$EE = 193950 - 163020 = 30930 \text{ грн./рік}$$

Тоді питома річна економічна ефективність складе 6186 грн./рік на один трактор.

Введення технології технічного обслуговування паливної апаратури при роботі дизелів на модифікованому паливі дозволило в експлуатаційних умовах забезпечити економію палива на рівні 12,5%.

Економічний ефект від впровадження мобільної установки для проведення технічного обслуговування паливної апаратури, при роботі на дизельному паливі модифікованому присадкою для покращення горіння, становить для тракторів типу МТЗ-82 6186 грн./рік на один трактор.

Наведені розрахунки свідчать про економічну доцільність виконаної роботи, а впровадження та практичне застосування отриманих загальних результатів дослідження забезпечує істотне підвищення ефективності роботи тракторного парку по виробничій і технічній експлуатації його машин.

ВИСНОВКИ

1. Виявлено закономірності впливу присадки на показники потужності та паливні показники дизеля. Суть закономірностей полягає в поступовому зростанні потужностних і паливних показників при застосуванні модифікованого палива. Величини для досягнення показників залежать від концентрації присадки в паливі, напрацювання двигуна, величини подачі палива, частоти обертання колінчастого валу. Максимальні величини приросту, досягнуті при знятті зовнішньої швидкісної характеристики, для ефективної потужності склали 8,5%, для ефективного крутного моменту - 8,2%, досягнуто зниження величини питомої ефективної витрати палива до 10,2%. В результаті проведених досліджень виявлено необхідність вдосконалення технології технічного обслуговування паливної апаратури в зв'язку із застосуванням модифікованого дизельного палива.

2. Виявлена залежність циклової подачі палива від крутного моменту дизеля, що розвивається дозволила обґрунтувати перевірку величини циклової подачі насоса високого тиску і можливість її зниження на номінальному режимі роботи двигуна. У перспективі дана залежність може використовуватися як діагностичний параметр при обкатці дизелів на стендах.

3. Підвищення потужностних параметрів на періоді адаптації дизеля має плавний наростаючий характер. Криві потужності і крутного моменту в міру збільшення напрацювання стають крутіше. До кінця періоду адаптації збільшення потужності по відношенню до базових параметрах двигуна склали 1,2...8,5%, максимального крутного моменту 2,3...8,2%. При роботі на модифікованому паливі спостерігається стабілізація роботи циліндрів двигуна. Найменші величини приросту для крутного моменту спостерігаються в діапазоні частот обертання 1800...1900 хв⁻¹. Приріст потужності зростає зі збільшенням частоти обертання колінчастого валу.

4. Результати випробувань дизеля в режимі навантажувальної характеристики показали, що значення питомої ефективної витрати палива з двократною нормою присадки в паливі перевищують величини параметра при випробуваннях на стандартному паливі до 8%. Причому, на мінімальній

потужності, що розвивається різниця нівелюється, а в міру збільшення потужності різниця збільшується і досягає максимального значення при навантаженні в діапазоні 24...28 кВт. При переході на паливо з однократним вмістом присадки закон зміни питомої ефективної витрати палива стає лінійним. У діапазоні середніх навантажень (від 17 до 35 кВт) збільшення параметра досягає 12%. Однак в діапазоні малих і середніх навантажень значення питомої ефективної витрати палива менше базових. У режимі навантажень, близьких до максимальних, різниця досягає більш 15%. При інтерполяції кривої на режимі малих навантажень видно, що зниження досягає більш 28%. На підставі отриманих даних видно, що найбільш доцільно застосування присадки в діапазоні малих і підвищених навантажень на двигун.

5. Введення технології технічного обслуговування паливної апаратури при роботі дизелів на модифікованому паливі дозволило в експлуатаційних умовах забезпечити економію палива на рівні 12,5%. Забезпечити підвищення ритмічності закладки сінажної траншеї, це дозволило збільшити добову закладку сінажу на 13,2...25,6% в порівнянні з раніше наявним досвідом.

6. Економічний ефект від впровадження мобільної установки для проведення технічного обслуговування паливної апаратури, при роботі на дизельному паливі модифікованому присадкою для покращення горіння, становить для тракторів типу МТЗ-82 6186 грн./рік на один трактор.