

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Тракторів і автомобілів

(назва кафедри)

Калінін Є.І.

(підпис)

(ПІБ)

«_____» _____ 2026 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему «Покращення показників двигуна трактора при пуску зміною повітряного заряду»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Братішко В.В.

(ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Колеснік І.В.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Патрика Андрій Іванович

(ПІБ)

КИЇВ – 2026

Механіко-технологічний факультет

тракторів і автомобілів та

Д.Т.Н., проф. _____ **Калінін Є.І.**
(наук. ступ., вч. звання) (підпис) (ПІБ)
«_____» _____ 2026
р.

З А В Д А Н И Я

на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту

Патрика Андрію Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра на тему «Покращення показників двигуна трактора при пуску зміною повітряного заряду»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026р. №510 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру: 01.05.2026

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра: Технічна документація трактора

Перелік питань які потрібно розробити

Вступ (актуальність та мета досліджень):

Стан питання та завдання дослідження.

Обґрунтування параметрів системи і пристроїв повітряної підготовки в автотракторних дизельних двигунах Д - 240/243.

Методика обґрунтування параметрів пристрої повітряного підготовки.

Результати досліджень.

Розробка графічного матеріалу;

Висновки;

Список використаних джерел.

(перелік питань, які потрібно розробити)

Перелік графічного матеріалу: стан питання та завдання дослідження; обґрунтування параметрів системи і пристроїв повітряної підготовки в автотракторних дизельних двигунах Д - 240/243; методика обґрунтування параметрів пристрої повітряного підготовки; результати досліджень.

Дата видачі завдання «23» лютого 2026 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра

(підпис)

Колєсник І.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Патрика А.І.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з 62 сторінок друкованого тексту, 4 розділів, 17 рисунків, 7 таблиць, 34 літературних джерел.

Актуальність теми. Оптимізація руху повітряних потоків за перерізами повітряних магістралей, знизивши тим самим вплив неякісного виготовлення трубопроводів, каверн, технологічних ступенів, що утворюються на шляху руху повітря - це шлях підвищення експлуатаційних, екологічних та економічних показників автотракторних дизельних двигунів. Недоліки впускної системи докладно описані та розв'язані різними конструктивними схемами без агрегатного динамічного наддуву та різними пристроями повітропідготовки.

Таким чином, обґрунтування параметрів пристрою повітропідготовки автотракторних дизельних двигунів, що підвищує показники функціонування сільськогосподарських агрегатів є важливим народно-господарським завданням.

Мета роботи – підвищення показників функціонування сільськогосподарських агрегатів шляхом обґрунтування параметрів повітропідготовки.

Об'єкт дослідження – технологічний процес повітропідготовки у двигуні мобільних сільськогосподарських агрегатів.

Практичну значущість роботи становлять: уточнення, теоретично та експериментально обґрунтованих параметрів улаштування повітропідготовки в автотракторних дизельних двигунах; конструктивно-технологічна схема влаштування повітропідготовки в автотракторних дизельних двигунах.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Аналіз стану машинотракторного парку сільськогосподарських підприємств.....	8
1.2 Аналіз причин та факторів зниження ресурсу автотракторних дизельних двигунів.....	16
РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇВ ПОВІТРЯНОЇ ПІДГОТОВКИ В АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ Д - 240/243.....	22
2.1. Теоретичні передумови до підвищення надійності та ефективності функціонування автотракторних дизельних двигунів на основі модернізації системи живлення	22
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇ ПОВІТРЯНОГО ПІДГОТОВКИ.....	30
3.1 Методика лабораторних досліджень ефективності функціонування силового агрегату з пристроєм повітропідготовки	30
3.2 Методика порівняльних досліджень надійності автотракторних дизельних двигунів із запропонованою системою повітропідготовки.....	31
3.3 Методика проведення досліджень у польових умовах	33
3.4 Алгоритм проведення є наступною послідовністю дій.....	34
РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	45
4.1 Результати та обґрунтування параметрів пристрої повітропідготовки	45
4.2 Результати проведених досліджень у польових умовах.....	53
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Тенденція розвитку ринку тракторної техніки, що застосовується в агропромисловому комплексі, має впевнене зростання починаючи з 90-х років XX століття. В даний час показник кількості автотракторної техніки з дизельним двигуном перевищує 4,1 млн. шт., А у світі більше 62 млн. одиниць техніки, і темпи зростання зберігаються. Водночас підвищується кількість аварійних та резервних дизельних та бензинових агрегатів, що використовуються у сфері сільського господарства. У сільському господарстві широко використовують сільськогосподарську техніку та транспортні машини вітчизняного виробництва, з найпоширенішими автотракторними дизельними двигунами Д-240, Д-243. В силу великих економічних витрат постійне оновлення парку автомобілів та техніки неможливо.

Неефективність сервісного обслуговування техніки, порушення інтервалів технічного обслуговування, та алгоритмів операцій, що проводяться при технічному обслуговуванні, призводять до того, що 34-40% техніки, що вийшла з ладу на 35...40%, не вичерпали ресурс, закладений у частині її агрегатної бази на заводі-виробнику. Виходячи з цієї статистики можна з упевненістю заявити, що значущість та актуальність проведення наукової роботи в галузі підвищення ресурсу та надійності основних навантажених агрегатів, одночасно з ефективністю функціонування агрегатів, дуже важливий та перспективний напрямок, як з економічної, так і з наукової точки зору.

Одним з ключових параметрів ефективного функціонування та використання автотракторних дизельних двигунів є правильне утворення паливно-повітряної суміші, що надходить у циліндри двигуна. Від цього параметра залежить якість займання паливної суміші, швидкість та ефективність її згоряння, повнота згоряння у робочому обсязі камери згоряння двигуна. Внести кардинальні зміни в процеси, що відбуваються в

двигуні внутрішнього згоряння, практично неможливо, не ускладнивши конструкцію агрегату, але оптимізувати, і знизити втрати руху повітряних потоків методом реалізації систем повітропідготовки – завдання, що вирішується.

Оптимізація руху повітряних потоків за перерізами повітряних магістралей, знизивши тим самим вплив неякісного виготовлення трубопроводів, каверн, технологічних ступенів, що утворюються на шляху руху повітря - це шлях підвищення експлуатаційних, екологічних та економічних показників автотракторних дизельних двигунів. Недоліки впускної системи докладно описані та розв'язані різними конструктивними схемами безагрегатного динамічного наддуву та різними пристроями повітропідготовки.

Таким чином, обґрунтування параметрів пристрою повітропідготовки автотракторних дизельних двигунів, що підвищує показники функціонування сільськогосподарських агрегатів є важливим народно-господарським завданням.

Мета роботи – підвищення показників функціонування сільськогосподарських агрегатів шляхом обґрунтування параметрів повітропідготовки.

Об'єкт дослідження – технологічний процес повітропідготовки у двигуні мобільних сільськогосподарських агрегатів.

Предмет дослідження – закономірності повітропідготовки у двигуні мобільних сільськогосподарських агрегатів.

Практичну значущість роботи становлять: уточнення, теоретично обґрунтованих параметрів улаштування повітропідготовки в автотракторних дизельних двигунах; конструктивно-технологічна схема влаштування повітропідготовки в автотракторних дизельних двигунах.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Аналіз стану машинотракторного парку сільськогосподарських підприємств

В умовах сучасної економічної та політичної обстановки слід приділити увагу енергетичній безпеці агропромислового сектору. Сільське господарство та транспортні роботи у ньому є перспективним напрямом розвитку енергозберігаючих технологій та методик підвищення якості роботи двигуна внутрішнього згоряння (далі ДВЗ). Від раціональності використання паливних ресурсів енергетичними машинами та коефіцієнта корисної дії (далі ККД) механізмів, що виконують виробничі та транспортувальні процеси, залежить економічна та продовольча безпеки країни [1].

Важливу роль грають як кваліфіковані кадри на місцях, а й рівень технічного досконалості виробничого процесу. Сфера агропромислового комплексу (далі АПК) та транспорту використовує виробничі та транспортувальні машини, оснащені силовими агрегатами, що працюють на дизельному паливі [2]. Співвідношення використання ДВЗ за типами палива в АПК представлено рисунку 1.1.

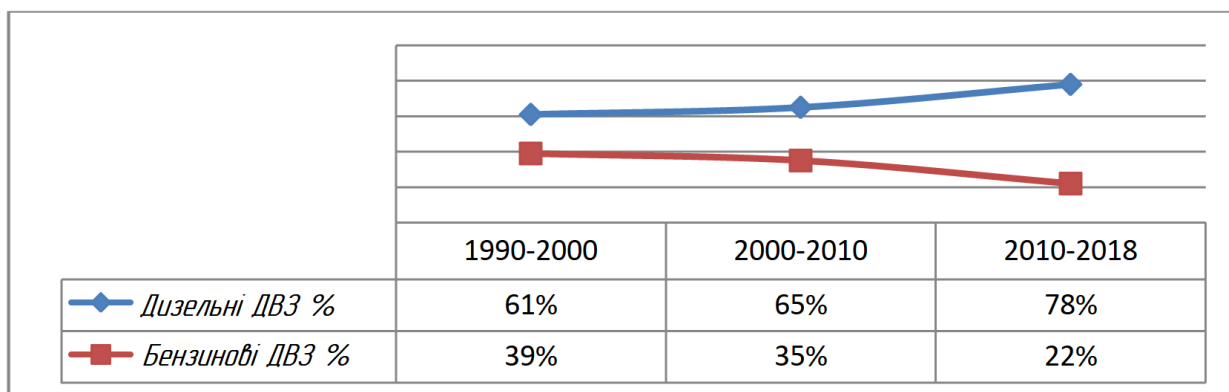


Рисунок 1.1 – Співвідношення використання ДВЗ за типом палива

Саме ДВЗ дозволяє виконувати роботу з обробки полів, збирання, транспортування та переробки врожаю. Забезпечує транспортну безпеку, отже, відповідає критеріям національної безпеки [3].

Застосування неекономічних двигунів із низьким ККД призводить до суттєвих економічних втрат. У масштабі приватного фермерського господарства це збитки та нездатність до подальшого розвитку фермерства чи виробництва. У масштабі країни це серйозний пролом у її внутрішній економічній політиці [4] та перешкода у розвитку пріоритетних національних проектів з відновлення села, приватного підприємництва, фермерських господарств та кооперативів.

З кожним роком зростає застосування дизельних двигунів в АПК, це один із аспектів підтримки державою напряму розвитку енергетичної безпеки [6]. Застосування ДВЗ з великим ККД – це раціональне та економічно обґрунтоване рішення, що має позитивний вплив на енергетичну безпеку нашої держави.

На підставі аналізу інформації, основний акцент досліджень слід зробити саме на даний тип енергетичної машини, як найбільш перспективний і поширений [7], і розглядати його більш докладно.

Незважаючи на те, що дизельний двигун має велику історію створення та модернізації, є різні способи підвищення якості його роботи. Всю техніку агропромислового комплексу, що застосовується, можна розділити на три групи по країнах виготовлення.

Дані аналізу нової сільськогосподарської техніки за останні 18 років представлені рисунку 1.2.

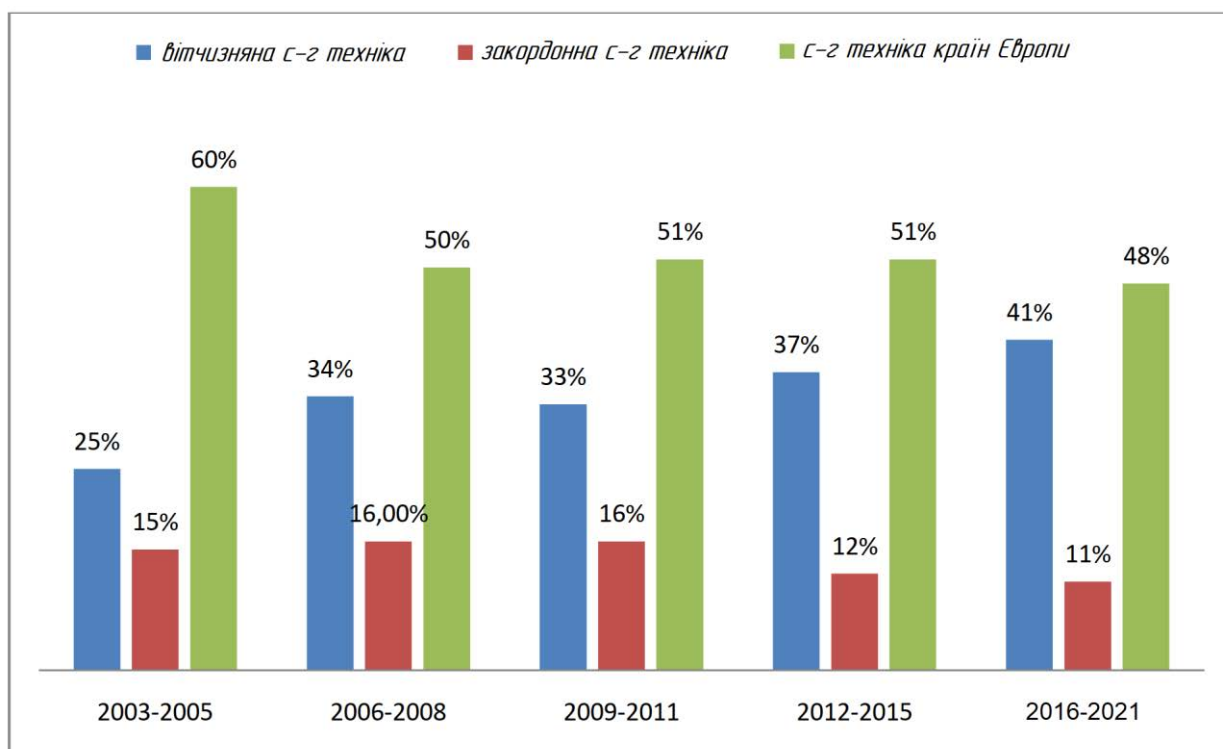


Рисунок 1.2 – Розподіл сільськогосподарської техніки за країнами походження.

Закордонні виробники бачать в аграрному секторі України великий економічний потенціал і прагнуть утвердити позиції на ринку. В аграрному секторі домінуючими закордонними виробниками вважаються John Deere, New Holland, Case та Claas.

Парк техніки, що застосовується в АПК, також має відмінності за віком експлуатованих енергетичних машин. Частина їх вироблена ще в радянські часи, і досі активно експлуатується сільгосп-товаровиробниками. Причина такого старого парку машин АПК має економічне та технічне обґрунтування.

Сучасна нова техніка доступна лише великим аграрним холдингам і групам компаній, які мають великі оборотні кошти та фінансові можливості роботи із системами кредитування та лізингу [8]. Так середній вік техніки, що експлуатується великими корпораціями, знаходиться в інтервалі від 4-7 років.

Сільгосп-товаровиробники середньої ланки більшою мірою воліють купувати не нову, але «свіжу» техніку, і по можливості експлуатують її тривало з

великою кількістю планових та позапланових робіт з відновлення експлуатаційних характеристик. Середній вік техніки підприємств від 8-15 років.

Індивідуальні підприємці, малі, середні ФГ і кооперативи внаслідок менших оборотних засобів і найгірших технічних умов оснащення виробничих приміщень успішно працюють на тракторах і комбайнах середній вік яких перебуває у інтервалі 15-40 лет.

Пояснити це можна складним економічним становищем, в якому знаходяться підприємства такого роду, та малою зацікавленістю до них фінансових організацій [9].

Великим технічним бар'єром придбання нової зарубіжної сільськогосподарської техніки є властиві їй недоліки.

Зарубіжна техніка має розвинений захист від позаштатних операцій та режимів роботи [10]. Що, дозволяє зберігати виробничі потужності та цілісність вузлів та агрегатів. Також є повна нездатність техніки працювати в режимах екстремальних навантажень. Електронні блоки управління та система безпеки, блокують систему, та вихід із критичної ситуації за рахунок досвіду, майстерності та високої кваліфікації оператора-водія на межі граничного навантаження агрегатів неможливий.

Складність, вимога методичного контролю, дороге обслуговування, ускладнює, а часом унеможливорює експлуатацію технологічної зарубіжної техніки на полях і фермах у тих частинах нашої держави, які є зразково спроектованими, з ряду причин.

В останні 4 роки гостро постало питання залежності вартості на техніку та комплектуючих від світової політичної ситуації. Зміна відносин із раніше дружніми країнами на неприязні, сильно вдарили по селянсько-фермерських господарствах, та приватним підприємствам експлуатуючу техніку імпортних виробників.

Ціни за ремонти, міжсервісне обслуговування, запасні частини та послуги зросли в 3...5 разів у порівнянні з наявними раніше. Це спричинило, зниження прибутку, і різке скорочення кількості фермерських господарств

мають у своєму розпорядженні дорогу техніку, взятую за умов лізингу, проти докризовим періодом на 40%.[11, 12]

Малі та середні підприємства аграрного сектора змушені припиняти діяльність. Підприємці в АПК не можуть виплачувати платежі за вже взятую техніку. Різко знижується здатність оплачувати обслуговування техніки та підтримання її у справному технічному стані. Купівля нових навісних агрегатів та обладнання практично неможлива.

На підставі аналізу вищенаведених фактів логічним висновком буде прогноз перспективи зниження купівлі нової імпоротної техніки та перехід на вітчизняні аналоги. Розглядати закордонну техніку слід як модель поліпшення характеристик існуючої техніки АПК, що працює на підприємствах.

Головні якості визначають вигоду від робіт це витрати на ці роботи. В цьому випадку при розгляді вітчизняних сільськогосподарських машин гостро постає питання паливної економічності та підвищення ККД роботи силової установки та збільшення терміну служби вже існуючих машин. Це основні визначальні параметри, що впливають підвищення вигоди від сільськогосподарського виробництва.

Вивчивши велику кількість наукових праць з сільськогосподарських машин, можна помітити, що основний акцент наукової діяльності зроблено на поліпшення технологій ремонту, підвищення якості відновлювальних робіт при обслуговуванні сільськогосподарської техніки, що активно застосовується в АПК, але є морально і технічно застарілою.

Тепер необхідно правильно визначити вектор напрямку ведення досліджень, націлив результати роботи на затребувані і поширені силові установки.

Розподіл с.г. техніки з виробників серед підприємств АПК малого та середнього рівня представлено на рисунку 1.3.

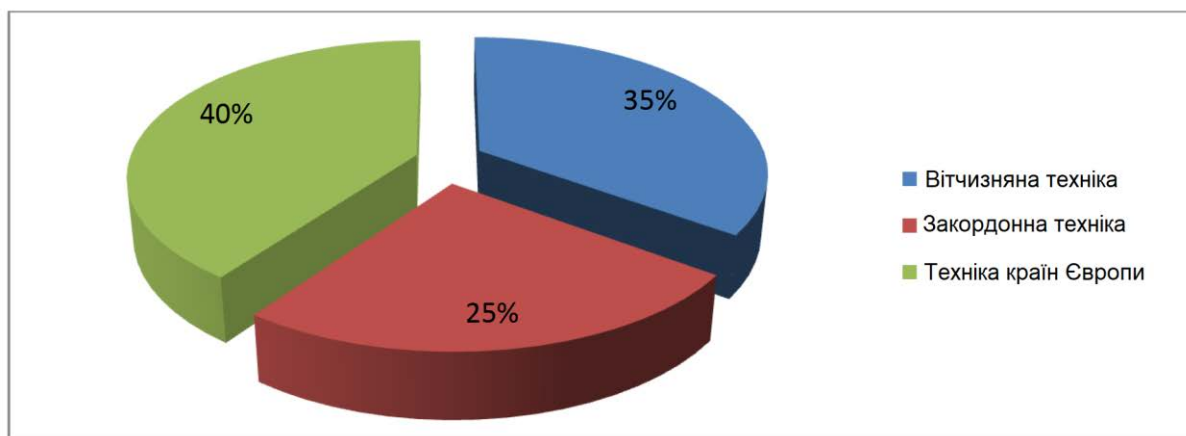


Рисунок 1.3 – Розподіл виробників техніки серед малих та середніх підприємств

З представленої схеми можна дійти невтішного висновку, що 75% техніки працюючої на малих і середніх сільгосп товаровиробників це поширені машини, випущені ще в радянські часи [13].

Як мовилося раніше, техніка, застосовувана аналізованими підприємствами, частіше має вік понад 10-15 років. Зібрані дані розподілу сільськогосподарської техніки за віком представлена на рисунку 1.4.

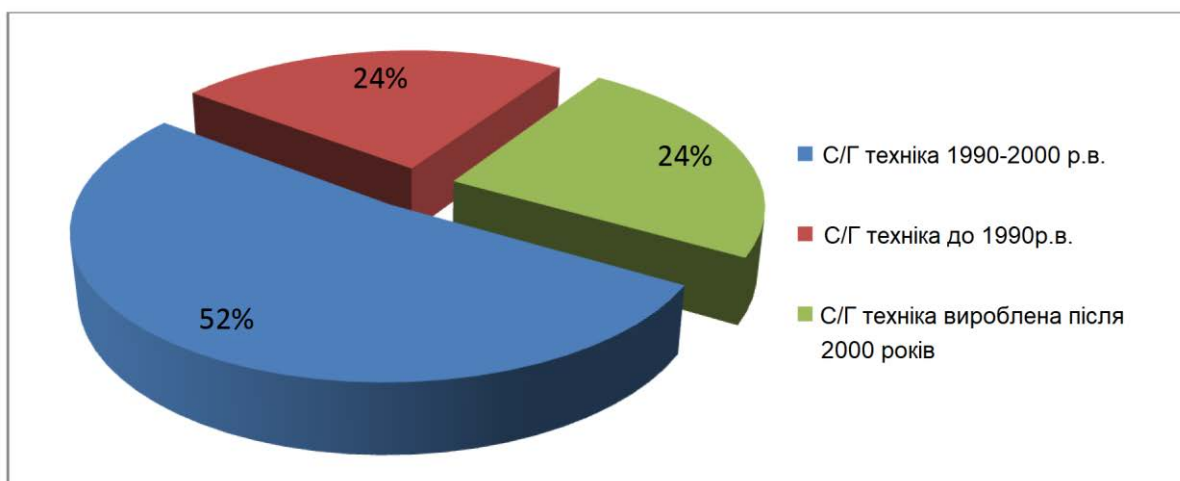


Рисунок 1.6 – Середній вік техніки малих та середніх підприємств

Серед підприємців та кооперативів аграрного призначення більшу частину техніки складають трактори та машини, оснащені двигуном сімейства Д-241-Д-243 та його численні модифікації (75% від загальної

кількості). Більшість тракторів становлять машини тягового класу 0,9-1,4 (Т-40, МТЗ- 80, ЮМЗ-6, ЛТЗ та інші).

Частково вибір дизельних машин цього класу має на увазі необхідність універсальності та заміщуваності на всіх видах робіт [14]. Оскільки є максимально економічними та зручними в обслуговуванні, дані трактора дозволяють проводити не лише польові роботи, а й забезпечити якісні перевезення у межах малого та середнього підприємства. Використання великогабаритної техніки вищого тягового класу, нерентабельно і не вигідно, оскільки відстані зазвичай у межах 20 км, а вантажі рідко перевищують 10 тон [15].

Вивчивши детально транспортні роботи в АПК можна дійти невтішного висновку, що є невід'ємною частиною всього технологічного процесу. У загальному комплексі робіт, що виробляються в сільському господарстві, транспортні роботи займають 30-35% механізованих робіт, 37-40% витрат праці. На здійснення транспортних робіт витрачається від 45-50% витрат енергії підприємства, зокрема і безпосередні витрати ПММ [16].

Таким чином розглядаючи малі та середні підприємства ми зобов'язані врахувати особливості праці та актуальність того чи іншого виду робіт як найбільш енерговитратних. Як мовилося раніше, застосування вітчизняних тракторів як транспортних одиниць це стала практика, здебільшого малих і середніх підприємствах АПК.

На тлі зарубіжних аналогів даних машин різко виділяється ключові проблеми:

- Паливна неефективність у вигляді підвищеної витрати палива, особливо на зношеній техніці.

- Порівняно малі показники надійності агрегатів, зокрема, відремонтованих.

- Нижчого ККД ДВЗ машин вітчизняних виробників у порівнянні з сучасними ДВЗ встановлюються за імпоротною технікою.

Ці проблеми є актуальними нині під час експлуатації машин сільськогосподарського призначення у сфері перевезення вантажів. Двигун

сімейства Д-240/243 є найбільш застосовним і найбільш затребуваним як енергетична машина, отже перспектива його модернізації буде актуальна та ефективна для підприємств [17].

Поліпшення споживчих показників ефективності функціонування, зокрема, потужності, крутного моменту, еластичності, знизивши у своїй економічні витрати, як витрати палива, це важливе завдання, яке потрібно вирішити. Незважаючи на те, що вирішенню цих питань присвячено багато наукових праць, проблема все ще має потенціал для розробки.

Аналіз робіт вчених у цій галузі показав, що при експлуатації техніки в штатних режимах, внаслідок зносу, двигун внутрішнього згоряння починає поступово втрачати такі характеристики як тягова здатність, еластичність, потужність, знижується момент, що крутить, і погіршується екологічність. Внаслідок цього, працездатність та продуктивність техніки з необхідними агрегатами знижується, доводиться використовувати інші режими роботи двигуна внутрішнього згоряння, як правило, це підвищені обороти та рух на знижених передачах, задля забезпечення продуктивності. Як результат, передчасне повне зношування двигуна, та необхідність проведення комплексних ремонтно-відновлювальних робіт.

Підвищувати ефективність роботи двигуна внутрішнього згоряння це першорядне завдання виробника силових установок та різних конструкторських бюро. За роки технічного прогресу, які подолав двигун внутрішнього згоряння, способів підвищення тягово-експлуатаційних характеристик було запропоновано достатню кількість, впроваджено одиниці.

Для визначення правильного вектора розробки зазначених проблем у науковій роботі слід докладно розглянути основні шляхи підвищення ефективності використання ДВЗ на машинах сільськогосподарського призначення та розібрати причини та фактори зниження ресурсу автотракторних дизельних двигунів. Розглянути практику технологій та технічних засобів, що застосовуються світовими виробниками техніки та впроваджені у виробництво та сервіс обслуговування ДВЗ.

1.2 Аналіз причин та факторів зниження ресурсу автотракторних дизельних двигунів

Більшість мобільних сільськогосподарських агрегатів працюють у важких умовах на відкритому повітрі, зазнаючи впливу частинок пилу та ґрунту, а також значних перевантажень. Ці умови є причинами постійної зміни технічного стану машин та появи в них різних несправностей [18].

Несправності деталей машин виражаються у зміні їх початкових форм, розмірів, маси, структури матеріалу та її механічних властивостей, соціальній та зміні якості поверхні й у порушенні взаємного розташування деталей.

Основні фактори, що визначають швидкість зношування машин, можна звести до трьох груп: конструктивні, технологічні та експлуатаційні.

Оскільки машини, що розглядаються нами, експлуатуються і зношуються в процесі безпосередньої роботи, то виділимо експлуатаційні фактори і поговоримо про них докладніше.

Експлуатаційним фактором можна вважати: режим роботи машини та характер чергування запусків та зупинок, умови експлуатації. При правильному їх обліку й у процесі експлуатації машини можна знизити зношування її деталей, підвищити надійність і довговічність [19].

Для осіб, що експлуатують машини, важливо знати вплив експлуатаційних факторів на технічний стан машин та їх працездатність.

Основна причина несправностей механізмів - це знос деталей, що сполучаються. Процес зношування супроводжується переважно зміною розмірів і форми деталей, виникненням додаткових динамічних навантажень і вібрацій, втомою робочих поверхонь і концентрацією напруг, викликані порушеннями правильного становища деталей у складальних одиницях.

Порушення взаємного розташування деталей проявляється у відсутності центрування, співвісності, паралельності та перпендикулярності осей та валів. Несправності пар у більшості випадків відбуваються через порушення посадок, регулювання та ослаблення кріплень. У рухомих

з'єднаннях порушення посадок призводить до збільшення зазорів та появи динамічних навантажень (ударів). Ослаблення кріплень призводить до збільшення динамічних навантажень, втрати жорсткості або порушення герметичності сполучень.

Особливо велике значення мають відхилення від оптимального режиму роботи, що допускаються в процесі експлуатації, в результаті чого збільшуються передбачені конструкцією машини тиск і швидкості в зчленуваннях машини, що веде до посиленого зносу і поломок. Машина працювати в напружених умовах, а тим більше при перевантаженнях, не повинна, тому що це веде до ненормальної роботи двигуна, трансмісії та ходових частин.

Причинами, що викликають погіршення технічного стану машини та погіршення її експлуатаційних властивостей, можуть бути некваліфіковане керування машиною, незадовільне обслуговування, вплив навколишнього середовища та інші причини. Так, наприклад, паливо, забруднене механічними домішками, швидко засмічує фільтри, викликає посилене зношування деталей паливного насоса і форсунок. Наявність механічних домішок у мастилі викликає різко збільшену швидкість зношування вузла, що змащується. Якість мастильних матеріалів, крім відсутності в них механічних домішок, визначається маслянистістю, хімічною стабільністю та відсутністю кислот. Використання олив, які можуть спричинити корозію, є небажаним для будь-яких деталей.

Для збільшення термінів служби машин необхідні своєчасне повноцінне мастило та регулювання сполучень; своєчасна заміна фільтруючих елементів у силових агрегатах; застосування технічно вірних сортів мастила та палива, використання оптимальних режимів роботи машин. Особливе значення збільшення довговічності машини має правильний режим роботи у початковий період після отримання з машинобудівного чи ремонтного заводу (обкатка), і навіть майстерність роботи у них.

Сільськогосподарські машини складаються з різних агрегатів, що функціонують як комплексний виріб [20]. Серед них: силова установка, трансмісія, гальмівна система, гідронавісна система, кузов/кабіна.

Кожна з перелічених систем має значення при виконанні низки технологічних операцій та робіт, і справність кожної їх у результаті визначає ефективність роботи самої машини. Але спочатку місцем вироблення корисної роботи за наявності всіх взаємозалежних систем є силова установка. Оскільки без неї працездатність жодної з вищезгаданих систем неможлива. Понад те, системи силової установки машин сільськогосподарського призначення мають певні регламентні терміни обслуговування підтримки її у справному стані, на відміну інших агрегатів. І перш за все, від параметра справності силової установки будується подальше економічне планування витрат на паливо олію та фільтри, при виконанні того чи іншого виду робіт.

При виконанні механічної роботи відбувається знос двигуна. Навіть якщо якість мастила та стан усіх підсистем у повному порядку, механічне зношування деталей присутнє завжди. Відрізняється лише його інтенсивність та загальна надійність агрегату. Через механічне зношування знижуються тягові та експлуатаційні характеристики. Причому практично, зниженому порозі потужності і крутного моменту техніку продовжують експлуатувати.

З усіх систем силового агрегату виділяться система фільтрації та підготовки повітря. Оскільки сільськогосподарська техніка працює практично завжди в умовах підвищеної запиленості, вплив якості фільтрації та повітропідготовки має найбільше значення на параметр ресурсу, і показники ефективності агрегату, серед інших підсистем силового агрегату в реальних умовах роботи.

Загальний знос системи повітропідготовки характеризується такими факторами:

- механічний знос деталей корпусу повітряного фільтра;
- порушення герметичності впускного тракту;
- знос газорозподільного механізму;

За проведеними дослідженнями [21], серед 30 тракторів різного тягового класу, що застосовуються в різних ІП та ФГ, 100% техніки оснащені масляно-контактними системами фільтрації повітря, представленими на рисунку 1.5.

З огляду на те, що масляно-контактна система фільтрації повітря досить ефективна за якістю фільтрації, слід зазначити, що з віку техніки, на 26 тракторах було виявлено такі несправності:

- Порушення герметичності повітряного фільтра.
- Деформація верхньої та нижньої частини корпусу повітряного фільтра.
- Неякісне обслуговування системи фільтрації повітря.
- Старіння та деформація ущільнювальних кілець у корпусі повітряного фільтра.

Всі ці фактори разом говорять про те, що повітряні фільтри зношуються, і не справляються зі своїм завданням повною мірою. Оскільки вся техніка понад 50% робочого дня використовується до виконання транспортних робіт, слід зазначити, що концентрація пилу на дорогах досить висока. Вміст твердих частинок повітря коливається від 2 до 15 мг/куб. метр. За сезон експлуатації повітряний фільтр двигуна Д-241 потрапляє від 80 до 200 грам пилу. У разі недостатньої фільтрації пил виявляється в камері згоряння та маслі. Результатом стає прискорене зношування поршневої групи (до 5-8 разів швидше за встановлений ресурс), а також втрата потужності та підвищена витрата палива.



Рисунок 1.5. – Повітряний фільтр, що застосовується на тракторах МТЗ

За словами механізаторів, додатковим фактом низької якості обслуговування системи фільтрації повітря є складність процесу технічного обслуговування, що вимагає багато часу, пов'язана з промиванням деталей, просушуванням та заправкою свіжою олією.

У сучасному підприємстві агропромислового комплексу система фільтрації повітря ДВЗ потребує більш швидкого та легкого обслуговування. Варто задуматися про застосування одноразових фільтрів паперового типу, які вже понад 12 років застосовують на зарубіжній техніці.

Зміна такого фільтра імовірно займає значно менше часу і є більш технологічним процесом. Оскільки одночасно з фільтруючим елементом проводиться заміна єдиного кільця ущільнювача [22], що відповідає за герметичність системи повітропідготовки. Якість фільтрації повітря паперовим фільтром ідентична, як і фільтрація повітря масляно-контактною системою.

Якість підготовки повітря у впускній системі є важливим фактором, що впливає на знос механічної пари клапан-сідло, а так само елементів циліндропоршневої групи. Отже надає пряме впливом геть надійність

силового агрегату і машини разом. Але на відміну від системи фільтрації, підготовка повітря впливає на коефіцієнт свіжого заряду, і коефіцієнт наповнення циліндрів. А від цих факторів безпосередньо залежить якість роботи силового агрегату та його ефективність функціонування.

Поліпшення потужності та тягової характеристики двигуна при правильно встановлених зазорах і кутах обробки сідел клапанів збільшується на 2-4%. Зміною форми сидла клапана, якості та форми каналу впускної системи можна домогтися загального збільшення потужних і тягових показників силової установки, або змістити показники крутного моменту в будь-яку зону необхідних оборотів двигуна.

Наприклад, зі збільшенням кутів прилягання середньої кромки впускного клапана, чи збільшення самого клапана відбувається зниження швидкості потоку, і збільшення тягових показників у зоні високих оборотів двигуна [19].

Дослідження шляхів підвищення ефективності автотракторного дизельного двигуна, зокрема акцентування уваги на системах живлення дизельних двигунів та докладний розгляд кожної з застосовуваних технологій дозволяє зробити такі висновки:

1. Для більшості експлуатованої в малих та середніх підприємствах техніки властиві проблеми порушення герметичності роботи системи фільтрації повітря внаслідок її зносу.

2. Працівники підприємства аграрного сектора віддали б перевагу технології фільтрації повітря більш простої в обслуговуванні конструкції з сухим фільтруючим елементом.

3. Для тракторів, що є в роботі, застосування сухої системи фільтрації повітря позитивно позначиться на якості фільтрації і покращить герметичність впускної системи.

4. Застосування основ організації повітряного потоку запозичених з авіації та базованих на принципах аеродинаміки у впускній системі здатне забезпечити підвищення ефективності експлуатації мобільних сільськогосподарських агрегатів.

РОЗДІЛ 2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ І ПРИСТРОЇВ ПОВІТРЯНОЇ ПІДГОТОВКИ В АВТОТРАКТОРНИХ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНАХ Д - 240/243

2.1 Теоретичні передумови до підвищення надійності та ефективності функціонування автотракторних дизельних двигунів на основі модернізації системи живлення

У більшості систем наддуву двигунів техніки сільськогосподарського призначення використовують одноступінчастий наддув. Основним виконавчим пристроєм є турбокомпресор.

Турбокомпресор – це компресор (повітряний насос), який приводиться в дію за рахунок турбіни. Турбіна обертається завдяки використанню енергії потоку газів, що відпрацювали. Компресор, засмоктуючи повітря через повітряний фільтр, стискає його та подає його під тиском у впускний колектор двигуна. Між компресором і турбіною існує рівновага потужностей. Чим більше енергії відпрацьованих газів, тим інтенсивніше відбуватиметься обертання турбіни.

В даний час існує безліч фірм, що займаються проектуванням та виготовленням турбокомпресорів для різних двигунів внутрішнього згоряння. Найбільші Garret, CZ, Cummins, Holset, Schwitzer, MMЗ та ін.

До експлуатаційних недоліків слід віднести високе термічне навантаження всіх деталей турбіни. Надто високі температури негативно позначаються на ресурсі підшипників валу, на який посаджені крильчатки. З тієї ж причини високі вимоги пред'являються до олії та масляної магістралі, що забезпечують мастило даних підшипників.

Недоліком можна назвати особливі умови роботи у яких повинні експлуатуватися двигуни із системою турбонаддува [3]. Зокрема, після роботи двигуна під навантаженням слід на певний час давати силовій установці попрацювати в режимі холостого ходу. Необхідно це для «остигання» турбіни так як при роботі по масляних каналах підводиться

масло в підшипники, при миттєвій зупинці масло перестає підводитися/відводиться до підшипників, а нагрівання агрегату триває ще якийсь час. Без циркуляції олія починає перегріватися і коксуватися в підшипниках і при наступному запуску руйнує їх [23].

Як було зазначено, існує система механічних нагнітачів, позбавлена частини недоліків, властивих системам із приводом турбіни від вихлопних газів.

У наведеній нижче таблиці 2.1. вказані порівняльні характеристики двох різних типів нагнітання повітря.

Таблиця 2.1. Порівняння компресора та турбокомпресора

	Компресор	Турбокомпресор
Спосіб приводу	Від колінчастого валу	За рахунок енергії
Збільшення потужності на низьких оборотах	Висока	Низька
Збільшення потужності на середніх оборотах	Середня	Середня
Збільшення потужності на високих оборотах	Низька	Висока
Затримка бусту	Ні. Потужність компресора пропорційна потужності двигуна	Є незначна затримка, яка називається «турбоямою»
Витрата потужності двигуна для власного приводу	До 30 %	Незначне. Істотна витрата потужності проявляється у великих турбінах за рахунок прояву протитиску на впускному колекторі
Строк служби	Залежить від типу компресора, але в будь-якому випадку негативно	Тривалий. Може дорівнювати терміну служби двигуна за умови правильної
Обслуговування	Кожні 10000км.	Кожні 7000 км.
Вартість	Середня. Залежить від виду компресора	Висока. Залежить від типу двигуна.
1	2	3

Продовження таблиці 2.1.

1	2	3
Складність встановлення	Щодо не складна. Допускає використання практично на будь-якому двигуні	Складна. За рахунок втручання у вихлопну систему, врізання у впускну систему, та велике термічне навантаження вузлів та агрегатів.
Витрати палива	Підвищується	Знижується при тій же швидкості руху та оборотах
ККД залежно від збільшення потужності	Знижується	Підвищується

На підставі наведених даних можна зрозуміти суттєві експлуатаційні відмінності різних видів систем турбонагнітання та відзначити переваги та недоліки різних конструктивних схем.

Механічний нагнітач може рухатися різними способами. Недоліком механічного нагнітача є слабка ефективність турбіни на середніх та високих оборотах. Збільшена швидкість повітряного потоку, що проходить через постійний переріз при підвищенні оборотів, просто впирається в лопатки турбіни, яка не в змозі так швидко реагувати на відкриття заслінки дросельної [19]. Так само дуже серйозним недоліком механічних нагнітачів є їхня підвищена чутливість до чистоти повітря, що всмоктується. Оскільки, як правило, нагнітання повітря в класичних нагнітачах досягається щільним змиканням головних лопаток нагнітача, наявність між ними частинок пилу, піску, або просто абразиву веде до підвищеного зносу механізму [6]. Водночас падає і робочий тиск, що створюється нагнітачем.

Тим не менш, існуюча практика установки турбін і турбонагнітачів на силові установки, що знаходяться в експлуатації. Параметри системи турбонаддува визначаються рівняннями секундної витрати повітря через компресор G_k , потужність витрачається на привід компресора N_k , а при розрахунку газотурбінного наддуву визначається так само секундна витрата газу через турбіну G_r і температура газу до турбіни T_r .

Усі рівняння наведено нижче.

$$G_k = G_t * \alpha * l_0 / 3600$$

$$N_k = \frac{G_k}{\eta_{\text{кад}}} \frac{k}{k-1} R(T_k - T_o)$$

$$G_r = 0,98 * G_k + G_T / 3600$$

$$T_T = T_b \left(\frac{p_T}{p_b} \right)^{\frac{k_T-1}{k_T}}$$

G_T – годинна витрата палива (г/год);

α – коефіцієнт надлишку повітря;

l_0 – теоретично необхідна кількість повітря для згоряння (кг);

$\eta_{\text{кад}}$ – адіабатний ККД компресора;

k – показники адіабат для повітря та газів перед турбіною;

R – Постійна газова повітря (кДж / (кмоль * К));

p_T – середнє за цикл тиск газу перед турбіною кПа.

Після проведення ряду розрахунків параметрів двигунів з турбіною та без неї формується наступна таблиця

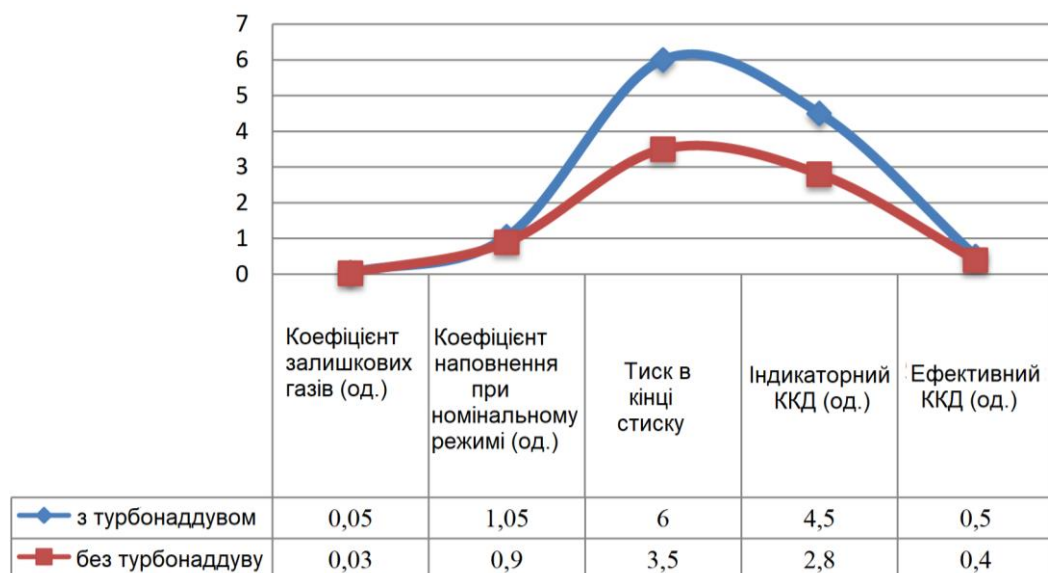


Рисунок 2.1 – Порівняльні параметри атмосферного та турбованого силового агрегату

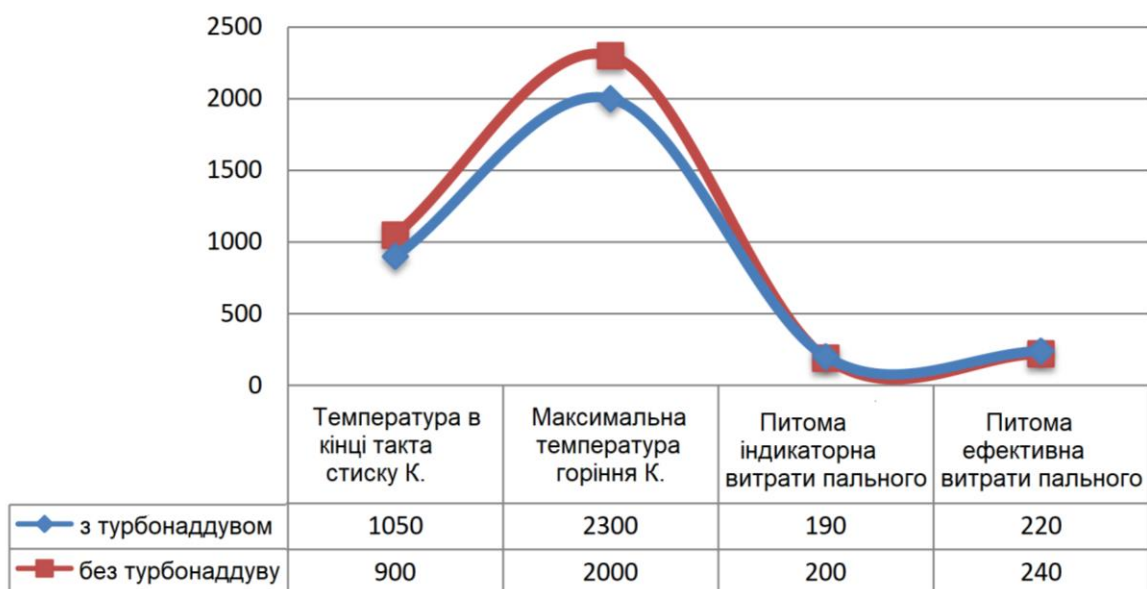


Рисунок 2.2 – Температурна і паливна діаграма агрегату, що розглядається

Виходячи з даних слід зробити висновок, що збільшення тиску на впуску за рахунок установки систем нагнітання повітря призводить до позитивних результатів паливної економічності, і виведення силової установки на оптимальний температурний режим, який позитивно позначається на роботі. На рисунку 2.3. зіставлені дані щодо зносу турбованих та атмосферних силових установок за порівняно рівних умов експлуатації в господарствах.

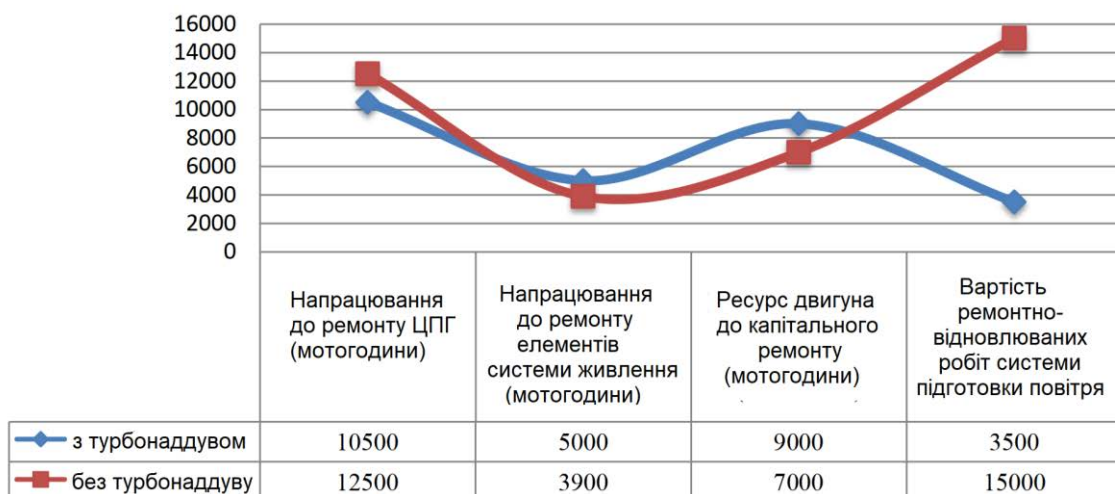


Рисунок 2.3. – Порівняння атмосферного та турбованого двигуна за показниками надійності та ресурсу

З представлених діаграм слід:

– Двигуни з системами повітропідготовки мають деякі кращі потужнісні показники, які позитивно впливають на експлуатаційні якості машин.

– Надійність турбованих двигунів нижча порівняно з атмосферними. А вартість та частота технічного обслуговування вища.

– Стан ЦПГ при роботі з збідненими сумішами порівняно вище, ніж у атмосферних силових установок. Головним об'єктом підвищеного зносу є система живлення, а саме турбіна або турбонагнітач.

Але переоснащення існуючої техніки господарствах системами примусового турбонаддува не дасть належного ефекту підвищення експлуатаційних якостей техніки [20]. Слід розглянути інший спосіб повітропідготовки, що відповідає ефективності безагрегатного наддуву, що знайшов застосування на зарубіжній техніці.

Але насамперед слід приділити увагу загальному зносу двигунів і наслідків як зниження надійності [21].

Через погіршення системи фільтрації повітря в системі живлення ДВЗ, суттєвим фактором зниження кількості свіжого заряду є зношування сидла клапана в зоні прилягання клапана. Здавалося б настільки істотний показник як зміна кромки прилягання клапана має дуже великий вплив на експлуатаційні показники техніки.

При правильному формуванні кутів кромки сидла клапана можна суттєво підвищити наповнюваність циліндрів повітряною або паливно-повітряною сумішшю [24]. Оскільки в цьому місці максимально високі швидкості руху повітря (понад 250 км/год) правильно побудовані кромки організують повітряний потік за принципом роботи сопла, що використовується в авіації та ракетобудуванні, це зображено на рисунку 2.4.

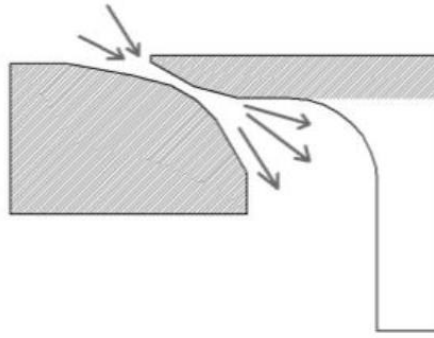


Рисунок 2.4 – Принцип роботи трикромкової фаски клапана

При піднятті клапана щодо сідла працюють три кромки, що організують повітряний потік. Подібний спосіб обробки сідел клапанів вже десятки років застосовується у дизельних двигунах закордонних виробників. Вітчизняна промисловість запровадила цю технологію формування профілю сідла лише після 2006 року. Наочна технологія, рекомендована заводом-виробником [17] для застосування під час проведення ремонтів техніки представлена на рисунку 2.5.

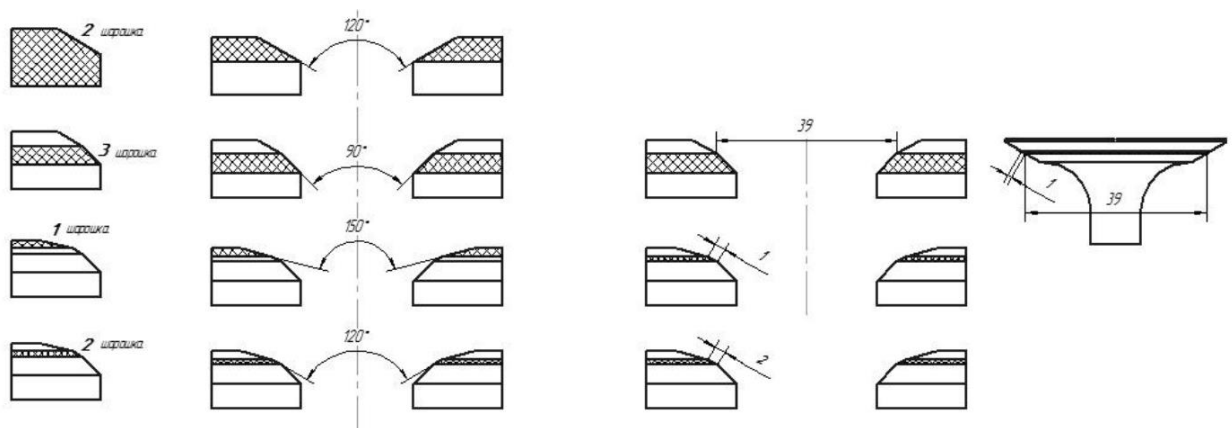


Рисунок 2.5 – Технологія обробки фаски клапана для двигунів Д-241/243, що рекомендується, на основі застосування в двигуні Д-245

Підвищений знос кромки повного прилягання з часом повністю зношує площину сідла і вже не здатний на якісне пропускання повітря в циліндри. Фактор зносу є одним із основних при гальмуванні повітряного середовища. Типове зношування клапана показане на рисунку 2.6.

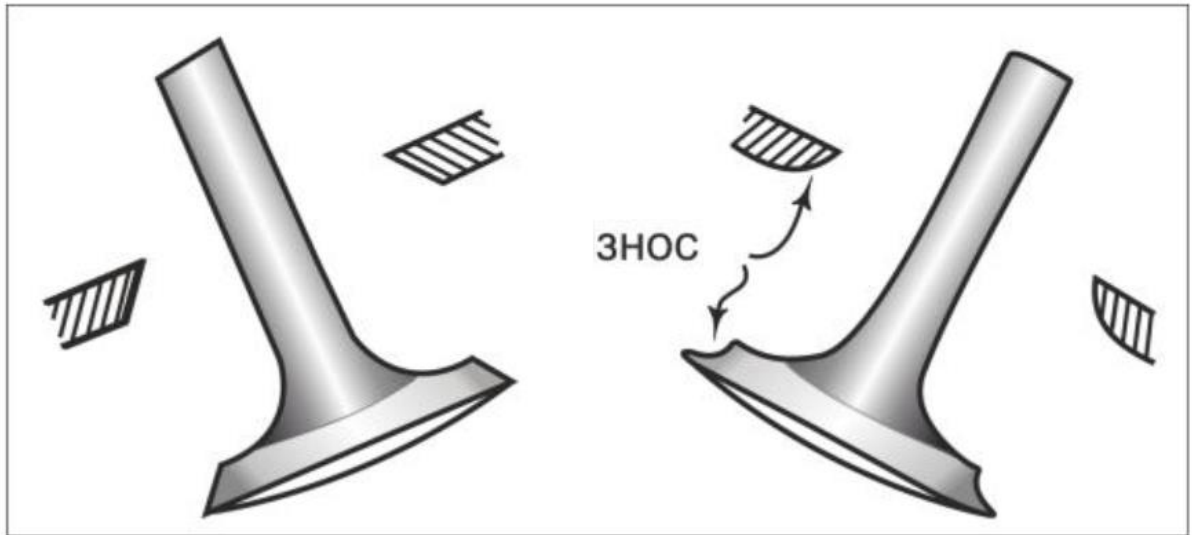


Рисунок 2.6 – Типове зношування кромки клапан і сідла клапана в головці блоку циліндрів

Якість системи фільтрації впливає на наповнюваність циліндрів і знос механічних пар тертя в двигуні. Перспективною моделлю є пропонована система повітропідготовки, що поєднує в собі високий ступінь фільтрації повітря і правильну організацію руху повітря по системі каналів, що дозволяє збільшити експлуатаційні якості техніки.

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЇ ПОВІТРЯНОГО ПІДГОТОВКИ

3.1 Методика лабораторних досліджень ефективності функціонування силового агрегату з пристроєм повітропідготовки

Проведення практичних досліджень, лабораторних та натурних, важливий та необхідний етап підготовки наукової роботи. Вони необхідні для перевірки всіх основних положень наявного теоретичного аналізу та докладного розкриття впливу пристрою повітропідготовки на поліпшення існуючих характеристик та зниження економічних витрат при експлуатації дизельних автотракторних двигунів сімейства Д-240/243. При проведенні лабораторних та натурних випробувань отримані дані будуть використані для коректної побудови математичної моделі впливу пристрою підготовки повітря на параметри ефективності функціонування автотракторного дизельного двигуна [25].

Для проведення експериментальних досліджень було обрано трактор МТЗ-80.1, оснащений атмосферним двигуном Д-241. Цей трактор оснащений найпоширенішим типом двигуна серед малих та середніх підприємств аграрного сектора, і є найпопулярнішим, у тому числі й на самохідних машинах. Вибір устаткування, що агрегується, обґрунтований можливостями підприємства, на базі якого проводилися дослідження [14]. Оскільки проведення натурних випробувань можна поєднати з актуальними роботами, що виконуються по сезону.

За основу методики проведення експериментальних досліджень було взято стандартні методики із ДСТУ 7588:2014 Сільськогосподарська техніка. Установки біогазові. Методи випробування [3]. Також ДСТУ 4397:2005 Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування [26]. Додатково розглядалися та були використані ДСТУ 2445-94 Дизелі тракторні і комбайнові. Вібронадійність. Методи випробувань [27], ДСТУ ГОСТ 7057-2003 Трактори сільськогосподарські. Методи

випробування (ГОСТ 7057-2001, IDT) [29], та ДСТУ 2942-94 Автотранспортні засоби. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність. Терміни та визначення [28]. При проведенні лабораторних випробувань двигуна модернізованого Д-241 оснащеним пристроєм повітропідготовки, встановленому на дослідному тракторі МТЗ-80 враховувалися положення ДСТУ 2445-94 «Дизелі тракторні і комбайнові. Вібронадійність. Методи випробувань».

На підставі вивченого матеріалу, пропонована методика випробувань поєднує в собі основні положення та методи вимірювання чисельних показників роботи техніки, і являє собою методику проведення лабораторних та натурних випробувань.

У рамках підготовки методики проведення експерименту розроблено алгоритм лабораторних та натурних випробувань, що дозволяє з високою точністю проводити зняття параметрів витрати палива та повітря на пропонованій техніці, та забезпечити високий ступінь повторення умов, у яких проводяться випробування. Складено схему проведення лабораторних та натурних випробувань та обрано відповідні умови роботи техніки, з мінімальними відмінностями при проведенні експерименту.

3.2. Методика порівняльних досліджень надійності автотракторних дизельних двигунів із запропонованою системою повітропідготовки

Дослідження модернізованої техніки з улаштуванням повітропідготовки є важливою частиною проведених досліджень. Зважаючи на значущість параметрів надійності техніки, дані методи випробувань були виділені в самостійну частину випробувань. Оскільки параметр надійності, комплексний параметр слід дати йому визначення.

Методика порівняльних досліджень надійності агрегатів із запропонованою системою повітропідготовки базується на ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення (2273) [31]. та ДСТУ 9118:2021

«Технічна діагностика. Діагностування технічного стану матеріалів конструкцій. Загальні вимоги».

Для проведення довгострокових випробувань пристрою підготовки використовувалися дві групи тракторів, у першій групі 2 трактори МТЗ-80 та 1 трактор МТЗ-82 з двигунами Д-241/243 (експериментальна група). У другій групі трактора МТЗ-80 з двигунами Д-243 та 1 трактор МТЗ-80 з двигуном Д-241. (Контрольна група). Методика випробувань полягала у порівнянні динаміки зниження параметрів силової установки внаслідок зносу, що стимулюється низькою якістю фільтрації повітря серійними повітряними фільтрами, що мають типові несправності.

Дві групи тракторів проходили діагностику за такими параметрами.

Компресія – для визначення зносу циліндропоршневої групи.

Повний вакуум і залишковий вакуум - визначення цих параметрів необхідне для діагностики якості та щільності прилягання кілець до стінок циліндрів та герметичність замикання механізму ГБЦ.

Ендоскопія – візуальний огляд циліндропоршневої групи через отвір монтажу паливної форсунки

Стетоскопія ГБЦ щодо підвищення звуку в зоні прилягання клапанів. Явище виявлення стукоту клапанів.

За всіма параметрами складаються зведені таблиці, записуються дані про напрацювання в мотогодин і фіксуються персональні дані техніки. Три трактори з першої групи оснащуються пристроєм повітропідготовки та фільтруючим елементом пропонованої конструкції, та експлуатуються у штатному режимі. Три трактори з другої групи продовжують використовуватися у штатному режимі експлуатації

Через 12 місяців проводиться діагностика двигуна з метою виявлення зниження показників, заснованих як на неякісній фільтрації повітря серійними повітряними фільтрами, так і роботою модернізованої техніки в умовах підвищеної температури в камері згоряння і як наслідок більш правильного тепловому режимі пар тертя.

Діагностичне обладнання, що застосовується в ході експериментів, представлено в розділі 3.3. крім стетоскопа. Він представлений рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Механічний мембранний стетоскоп.

Загальні діагностичні таблиці представлені у розділі 3.3.

Також проводиться вивчення забрудненості камери згоряння за допомогою ендоскопії. Дані також наведені в таблицях.

3.3 Методика проведення досліджень у польових умовах

Під час проведення лабораторних випробувань ставилися такі:

1. Проведення дослідів з метою визначення оптимальних параметрів улаштування повітропідготовки для мобільних сільськогосподарських агрегатів.
2. Визначення параметрів витрати повітря двигуна Д-241 у різних режимах роботи.
3. Виділення критерію впливає на показники коефіцієнта корисної дії ДВЗ, та підтвердження теоретичних розрахунків параметрів дослідного двигуна.

Під час проведення натурних випробувань головними завданнями ставились:

1. Проведення повноцінного експерименту в умовах реально

виконуваних робіт із фіксацією витрати палива та витрати повітря.

2. Визначення ефективності пристрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників в умовах реально виконаних робіт.

3. Отримання величин, що дозволяють зробити розрахунок економічної ефективності устрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників ДВЗ в умовах наявного ФГ.

3.4 Алгоритм проведення є наступною послідовністю дій

1. Збір та аналіз вихідних даних силової установки Д-241, що використовується при проведенні лабораторних та польових випробувань.

2. Підготовка експериментальних зразків пристрою з метою отримання величин ефективності пристрою підвищення тягово-експлуатаційних економічних та екологічних показників ДВЗ у кількості 25 одиниць для коректного проведення повноцінного 4х факторного експерименту

3. Оснащення дизельного двигуна обладнанням збору інформації з витрат палива та витрат повітря за одиницю часу.

4. Проведення лабораторних дослідів з різними конфігураціями пристрою для одержання максимального параметра витрати повітря в однакових умовах.

5. Обробка отриманих даних у програмі «статистика» та виявлення оптимальної конфігурації технічних характеристик пристрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників.

6. Підготовка до проведення польових випробувань пристрою підготовки повітря з оснащенням техніки приладами контролю параметра витрати палива та витрати повітря за одиницю часу.

7. Проведення вимірювання інтенсивності зниження ресурсу модернізованої та не модернізованої техніки методом діагностики.

8. Проведення повноцінних польових випробувань під час виконання однієї з технологічних операцій, пов'язаної зі значними витратами витрати палива технікою.

9. Обробка результатів витрати палива та повітря за одиницю часу з повноцінних польових випробувань.

10. Порівняння результатів натурних випробувань та теоретичних розрахунків. Підготовка отриманих величин до обробки змінених показників роботи транспортної одиниці до розрахунку економічного обґрунтування та ефективності від застосування пристрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників ДВЗ.

При збиранні та аналізі даних про силову установку, на якій будуть проводитися подальші досліді, особлива увага приділяється технічному стану двигуна. Оскільки всі досліді проводяться з двигуном, що у роботі, слід докладно вивчити як його технічні характеристики а й ступінь зносу основних вузлів які грають важливу роль визначенні результатів експериментів трактора МТЗ-80 [32].

Для оцінки технічного стану дослідного трактора необхідно провести комплексну діагностику силової установки, а саме знос циліндропоршневої групи, стан камер згоряння та герметичність клапанів. Діагностика виконується згідно з загальною методикою точної діагностики зношування циліндропоршневої групи. Крім зняття параметрів герметичності камери згоряння здійснювався візуальний огляд циліндрів зсередини методикою технічної ендоскопії. Дані технічної ендоскопії наведені в таблиці розділу примітки. Технічний ендоскоп зображено рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Загальний вид технічного ендоскопу для діагностики ЦПГ

Діагностика двигуна проводилася технічним високоточним компресометром, зображеному рисунку 3.3. манометр з гнучким шлангом високого тиску, оснащений системою швидко роз'єму з'єднання і кнопкою скидання. Показання манометра від 0 до 70 кг/см².

Для зручності використання високоточний компресометр був з'єднаний із двигуном через перехідник, що встановлюється на місце форсунки двигуна.



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд компресометра

Параметри повного та залишкового вакууму в циліндрах двигуна Д-241 визначалися приладом АГЦ.

АГЦ - аналізатор герметичності циліндрів представлений рисунку 3.4.

Визначення параметрів повного та залишкового вакууму дозволяє говорити про якість та щільність прилягання кілець до стінок циліндрів та герметичність замикання механізму ГБЦ.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд приладу АГЦ-2

Робочі параметри паливної системи були взяті на підставі проведеного обслуговування ПНВТ із перевіркою налаштування механізму на стенді. Заміна форсунок проводилася менш ніж 1000 мотогодин тому, на момент початку експерименту. Ліва сторона двигуна з ПНВТ представлена рисунку 3.5.



Рисунок 3.5 – Загальний вид паливного обладнання дослідного трактора

З зазначених вимірів складається загальна таблиця параметрів, куди вносяться вимірювані величини, таблиця 3.1. На підставі цієї таблиці дається висновок, про технічний стан даного двигуна, та подальшої можливості проведення дослідних експериментів з метою отримання найбільш вигідних конфігурацій пристрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників ДВЗ.

Таким чином, ще до початку безпосереднього початку експериментів треба дати точну технічну оцінку досвідченого двигуна і підтвердити, що даний ДВС відповідає критерію технічно справного і не зношеного, а значить на нього поширюються всі табличні характеристики та параметри, рекомендовані заводом виробником як еталонні.

Далі слід звернути увагу на вимірювання параметрів витрати пального та витрати повітря за одиницю часу. До тарованої ємності, представленої на рисунку 3.6 приєднується як прямий шланг подачі палива двигун, і зворотний шланг відтоку невикористаного палива.

Метод вимірів витраченого палива проводиться наступним чином. Каністра має мітку, що абсолютно відповідає 20 літрам за обсягом. Також на каністру нанесені мітки відповідності літражу з кроком 20 мл. Вона встановлюється на трактор горизонтально і фіксується, щоб уникнути перекидання. Заливається повна каністра до позначки 20 літрів, потім система прокачується і прогрівається трактор до робочої температури. Після цього двигун зупиняється, і заливається паливо до позначки 20 літрів.



Рисунок 3.6 – Тарована каністра/бак для палива

Таким чином, момент початку експерименту – це повна каністра до рівня 20 літрів дизельного палива. Зняття показників витраченого палива проводиться методом заправки мірною ємністю тарованої каністри, рівня початку експерименту. Величина палива, необхідна для заправки каністри до позначки, що відповідає початку експерименту і є витрачене паливо в ході експерименту, що вимірюється в мілілітрах і при необхідності перекладається в кілограми.

Але найбільш важливим параметром у всіх дослідженнях є прилад обліку повітря, що надходить у двигун під час роботи.

Для вимірювання цієї величини використовувався прилад, що пройшов перевірку і володіє першим класом точності вимірювань. Вимірювальний прилад СГ-ЕКВЗ-р 0535/1,6 представлений на рисунку 3.7.

Цей прилад встановлюється на капот трактора, має внутрішній діаметр 100 мм. Згідно з технологією проведення вимірювань перед початком вимірювань повинна бути прямолінійна труба завдовжки не менше 5 діаметрів критичного перерізу приладу. А за ним прямолінійна ділянка повинна бути не менше 3х діаметрів критичного перерізу приладу. Відповідно, єдине місце зручне для встановлення це капот трактора МТЗ-80.



Рисунок 3.7 – Загальний вид вимірювального приладу СГ-ЕКВЗ-р 0535/1,6 до встановлення на трактор

Таким чином, загалом у момент проведення лабораторних і польових випробувань знімається велика кількість параметрів, актуальних і значущих для роботи [32]. Усі прилади мають достатню точність для правильного підрахунку вихідних даних двигуна.

Запропонована система живлення, позначена на конструктивно-технологічній схемі модернізації системи живлення, є загальною схемою модернізації системи живлення для дизельних двигунів сімейства Д-240/243.

При пропозиції наукової гіпотези про працездатність пристрою повітропідготовки мобільних сільськогосподарських агрегатів основні геометричні параметри пристрою ґрунтувалися на деяких коефіцієнтах, запозичених з аеродинаміки та розрахунків реактивних двигунів та сопел. Зміни піддавалися такі величини як кількість лопаток пристрою та діаметр вихідного отвору пристрою, що впливає на прискорення повітряного потоку на виході з пристрою при переході до критичного перерізу впускної системи.

Для виявлення параметрів пристрою необхідно виготовити 24 пристрої повітропідготовки, і зробити дослід з вимірювання годинної витрати повітря на тих самих оборотах двигуна.

З кожним виготовленим зразком необхідно зробити не менше трьох вимірювань для забезпечення коректності показань і збіжності результатів. Таким чином, на рівні проведення експериментальних дослідів пошуку параметрів пристрою підготовки повітря, треба загалом зробити 75 експериментів з фіксацією параметрів витрати повітря в одних і тих же умовах роботи силової установки.

Алгоритм проведення лабораторних випробувань полягає в установці почергово кожного з розроблених пристроїв, на прогрітій двигун, обнулення показань лічильника газу та запуск двигуна на наступних режимах роботи:

1. Холостий хід двигуна не менше 1 хвилини.
2. 1600 оборотів на хвилину протягом 15 хвилин.
3. Холостий хід двигуна не менше 1 хвилини.

Результати витрати повітря необхідно перерахувати у витрату повітря в кілограмах на годину та занести до таблиці результатів лабораторних випробувань, у якій зазначено всі параметри конкретного пристрою, що проходив випробування.

Якщо габарити пристрою перевищують внутрішні габарити порожнини повітряного фільтра, це означає, що цей досвід не був проведений через неможливість його реалізації. Оскільки в жодному разі пристрій повітропідготовки не може перевищувати розміри фільтруючого елемента.

Дані витрати повітря отримані в результаті проведення лабораторних дослідів можуть бути оброблені згідно з методикою математичного розрахунку процесу впуску, і послужити основою для теоретичного розрахунку ефективності пристрою підготовки повітря для автотракторних дизельних двигунів.

Для проведення повноцінних натурних випробувань використовується трактор МТЗ-80.1, оснащений двигуном внутрішнього згоряння Д-241. Оскільки завдання натурних випробувань це підтвердження збіжності математичної частини роботи, та всіх попередніх видів випробувань, що

доводять підвищення ефективності показників, необхідно проводити натурні випробування під навантаженням у реальних умовах виконання робіт.

Для забезпечення навантаження трактор МТЗ-80.1 був обладнаний транспортним агрегатом 2ПТС-4, до виконання транспортно-польових робіт.

Як навантаження було прийнято рішення використовувати 45% вантажопідйомності даного воза відповідно до технічних характеристик та вимог ПДР. Для коректної роботи гальмівної системи та забезпечення безпеки дорожнього руху, вага тягача не повинна бути менше ваги причепа з вантажем не обладнаним гальмівною системою [33]. Причіп 2 ПТС-4 старої модифікації, що застосовується, і не оснащений робочою гальмівною системою, отже, на транспортних роботах без порушення ПДР використовуватися з повною вантажопідйомністю не має можливості. Враховуючи власну вагу причіпного пристрою 1800 кг, вага баласту в ній має бути 1800 кг.

Для коректного проведення досвіду, причіп завантажується вагою 1800 кг, на елеваторі, і зважується на терезах. Повна маса причепа та вантажу становить 3600 кг., що відповідає технічній характеристики ваги трактора МТЗ-80, що дорівнює 3650 кг, за паспортними даними, зазначеними у додатку.

Відповідно до технічних характеристик, тиск у колесах причіпа та трактора доводиться до необхідного, і вирівнюється по осях. Для шин трактора МТЗ-80 рекомендований тиск під час виконання загальних робіт 1.4. кгс/см². Для причепа 2ПТС-4 3.5 кгс/см².

Умови руху тракторів. Для проведення експерименту вибирається ділянка дороги, що не має серйозних дефектів покриття, та поворотів, що вимагають зниження швидкості при проходженні. Довжина ділянки вимірювань витрати палива становить 7.0 км в один кінець, відповідно, 14 км загальна довжина шляху трактора, що проходить, з причепом під час проведення одного досвіду. Дана дорога відноситься до дороги 3 класу, має асфальтове покриття і є практично прямолінійною. Без серйозних ям та нерівностей, що відповідає за якістю покриття ДСТУ 3587–97.

Трактор з причепом починає і закінчує рух з одного місця, щоб уникнути впливу ухилу дорожнього полотна на наповнення бака паливом. На закінченнях ділянки є широкі перехрестя, що дозволяють безпечно виконати розворот, без порушення діючих правил дорожнього руху, що допускають розворот на перехресті.

Трактор прогрівається до робочої температури і глушиться. До рівня верхньої позначки заповнюється паливний бак-каністра, встановлена на час експерименту. Далі транспортний засіб здійснює один заїзд вищевказаним маршрутом. Після повернення трактор зупиняється в тому самому місці і глушиться. Мірною ємністю з високою точністю до 5 мл проводиться дозаправка паливного бака до рівня верхньої позначки, що відповідає початку експерименту. Таким чином вимірюється витрата палива на пройденій ділянці довжиною 14 км.

Режим руху трактора. Трактор починає рух на 7 передачі, по досягненню оборотів 2000 об/хв по тахометру, машиніст-оператор переходить на 9 передачу. Виставивши обороти двигуна на рівні 1600 об/хв, проходить вся мірна ділянка. Для виконання розвороту машиніст-оператор здійснює зниження передачі за 20-30 метрів до перехрестя, до 7-ої передачі, і виконує розворот на оборотах не нижче 1000 об/хв. Потім повторює режим руху на 9-й передачі з оборотами двигуна 1600 об/хв. При досягненні кінця вимірювальної ділянки, трактор зупиняється в зазначеному місці, на тому самому рівні, звідки було здійснено виїзд на вимірювальну ділянку. Зупинка здійснюється відключенням механізму зчеплення за 20 метрів до зупинки із застосуванням робочої гальмівної системи. Трактор глушиться, і виробляються виміри витраченого палива методом наповнення тарованого тимчасового паливного бака мірною ємністю, що має точність показань на рівні 5 мл. Так само вимірюється тиск в шинах. Останнє необхідне виявлення проколів коліс, і можливого збільшення тертя кочення при втраті тиску колеса.

При порушенні режиму руху трактора чи наявності несправностей досвід вважається виконаним некоректно, трактор з причепом повертається на вихідну позицію після усунення поломки або причини порушення режиму руху.

Це дослідження проводиться 6 разів. Три досліді на серійному тракторі, що не обладнаний пристроєм повітропідготовки, а три рази після обладнання двигуна вищевказаним пристроєм. Всі досліді проводяться в один день, для коректності дотримання метеорологічних умов [31, 32]. Дані заносяться в загальну таблицю для зручності аналізу та сприйняття.

РОЗДІЛ 4 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати та обґрунтування параметрів пристроїв повітропідготовки

Після вироблених лабораторних і натурних випробувань пристрою повітропідготовки для автотракторних дизельних двигунів, згідно з представленою в розділі 3 методикою та алгоритмами випробувань були отримані чисельні показники впливу пристрою, що розробляється на характеристики двигуна.

Оскільки двигун Д-241 застосовується на сільськогосподарській техніці в умовах запилення навколишнього середовища, важливо не тільки покращити тягово-експлуатаційні якості техніки, але й зберегти на необхідному рівні якість фільтрації повітря в умовах реального виконання виробничих операцій. Крім цього, фільтруючий елемент повинен не підвищувати частоту обслуговування системи живлення техніки, щоб уникнути негативних факторів, що погіршують виробничий процес. Таким чином, підібраний фільтруючий елемент повинен відповідати критеріям пропускнуої спроможності, бути доступним для купівлі та придбання підприємствами, бути поширеним та мати необхідну математичну складову підбору.

Як вказувалось експериментальними оборотами роботи двигуна Д-241 в АПК є обороти, відповідні максимальному крутному моменту аналізованого двигуна. Для двигуна Д-240/243 такою величиною є оберти 1600 об/хв.

Перевищення оборотів двигуна вище цієї величини не дає істотного збільшення в крутному моменті, але істотно підвищує напруженість деталей, знижує ресурс двигуна, і підвищує витрату палива. Таким чином, всі процеси, що відбуваються в двигуні Д-241, слід розглядати саме з точки зору оборотів 1600 об/хв.

Для пропонованого фільтруючого елемента пропонується використовувати повітряний фільтр АК2705-1109010, що застосовується для

двигунів сімейства Cummins. Пропускна здатність фільтра під час роботи на двигуні Cummins розраховується за аналогічною формулою 2.1. але тільки оберти максимального моменту, що крутить, для зазначених двигунів знаходяться на позначці 2600 об/хв. Відповідно, маючи об'єм двигуна Cummins 2.8 літра, перетворивши формулу 3.1. отримуємо:

$$V_{cummins} = (2,8 * 2600) / 2 = 3640 \text{ л/хв}$$

Таким чином, обсяг споживаного повітря в режимах максимальних показників тягової здатності двигуна Д-241 з масляно-контактною системою фільтрації та Cummins двигуна з сухою системою фільтрації практично ідентичні. З цього випливає, що застосування запропонованої сухої системи фільтрації повітря для двигуна Д-241 припустимо, і не понесе за собою негативних наслідків при роботі техніки в польових умовах та на транспортних роботах.

Застосування повітряного фільтра АК2705-1109010 повністю виправдане, і має під собою математичне обґрунтування прохідності потоку повітря через площину фільтрації за одиницю часу. Отже, і рівне напруження до технічного обслуговування. Тепер слід підтвердити параметри розробленого пристрою, і докладно розглянути експериментальні експерименти, що проводяться.

При проведенні лабораторних досліджень головним завданням стояло оперативне проведення експериментів та отримання величин при різних варіативних параметрах пристрою.

Об'єктом випробувань виступав двигун Д-241 1988 року випуску, серійний номер № 5687588 напруження мотогодин на момент початку випробувань 8322, технічне обслуговування проводилося у відповідність до регламенту підготовки техніки до весняно-польових робіт.

Результати вимірювань технічного стану двигуна дослідного трактора №1, що проводяться, представлені в таблиці 4.1. На даній машині проводилися вимірювання кількості витраченого повітря та палива за описаною методикою.

Таблиця 4.1. – результати комплексної діагностики двигуна Д-241

№ циліндра	Компресія Атм.	Повний вакуум	Залишковий вакуум	Ендоскопія	Стетоскопія
1	36	0,9	0,15		Незначний шум ГБЦ
2	35	0,89	0,14	Задираки на стінках	Незначний шум ГБЦ
3	35,5	0,89	0,15	Незначні тріщини сідла клапана випуску.	Підвищений шум ГБЦ
4	36	0,9	0,15		Незначний шум ГБЦ

За результатом огляду двигун Д-241 визнається технічно справним, явних поломок та дефектів не виявлено. Є надмірні забруднення камери згоряння та днища поршнів. Усі клапани герметичні, на циліндрах присутній хон. Поршневі кільця немає поломок, і є залеглими у посадкових місцях.

Система охолодження, оснащена термостатом, не має дефектів, повністю герметична. Термостат відкривається за температури 85-87 градусів. У системі живлення залитий тосол.

Система живлення пройшла капітальний ремонт восени 2021 року, із заміною форсунок двигуна та ремонтом ПНВТ. Усі фільтри чисті, обслужені на початку весняного польового сезону. 100% герметичність системи живлення у всіх з'єднаннях.

Повітряна складова системи живлення перевірена на герметичність мильним розчином на заглушеному двигуні з подачею повітря під тиском в 1 атм в повітряну магістраль системи живлення. Витоків не виявлено.

Таким чином, силову установку, а саме досвідчений двигун Д-241 можна визнати технічно справною, та придатною для проведення експериментальних, лабораторних та польових випробувань.

Виконано перший пункт плану лабораторних випробувань, а саме оцінка технічного стану силової установки та визначення можливості проведення всіх подальших досліджень.

Оскільки другий етап проведення лабораторних дослідів необхідний визначення ефективності наукової ідеї практично. Для вимірювань витрати повітря за одиницю часу застосовувався газовий лічильник СГ-ЕКВЗ-р 0535/1,6 1 класу точності, діапазон вимірювань до 80 м³/година.

Дослід №1.1. Двигун Д-241, не оснащений пропонованою системою живлення, що відповідає серійній специфікації, запускається та прогрівається до робочої температури. Прогрітий до робочої температури двигун глушиться і записуються показники витрати повітря для визначення початкової точки вимірювань. Двигун запускається та працює в режимі холостого ходу, що відповідає 650-700 об/хв протягом 1 хвилини. Потім оберти піднімаються до позначки 1600 об/хв, і такому режимі двигун працює щонайменше 15 хвилин. Через 15 хвилин двигун переводиться в режим холостого ходу, і працює не менше 1 хвилини в цьому режимі. Двигун глушиться, показання витрати повітря є різницею показань витрати повітря на момент закінчення експерименту та моменту його початку.

Всі дані фіксуються в таблицю, подібний досвід проводиться не менше трьох разів для коректності показань обладнання. Дані представлені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. – Результати дослідів із серійною системою живлення.

№ досліду	Витрата повітря за експеримент кг/год.	Витрата повітря за 1 год. кг/год.
№1	44,7 кг/ год	178,8 кг/ год.
№2	44,3 кг/ год	177,2 кг/ год.
№3	44,5 кг/ год	178 кг/ год.
Середнє значення	44,5 кг/ год	178 кг/ год.

Досліди щодо визначення параметрів пристрою повітропідготовки проводиться з методики проведення дослідів 1.1. Відмінністю в кожному досвіді є параметри самого пристрою, що змінюються.

Всі дані пропонованих 24 конфігурацій пристрою заносяться до загальної таблиці даних. Дані проведення всіх дослідів та результатів обробки зазначені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Схема проведення дослідження

Рівень варіювання чинників дослідів		Фактори				Критерій оптимізації
		Коефіцієнт розрахунку вихідного перерізу X_1	Коефіцієнт розрахунку площі першої ступені X_2	Кількість лопаток пристрою X_3	Висота пристрою, мм, X_4	Величина витрати повітря, кг/год, Y
Верхній рівень (+1)		2,206	1,768	10	225	
Основний рівень (0)		1,768	1,33	8	180	
Нижній рівень (-1)		1,33	1,1	4	135	
Інтервал варіювань		0,876	0,668	6	90	
План дослідів	№ дослідів					
	1	+1	+1	0	0	181,5
	2	+1	-1	0	0	180,5
	3	-1	+1	0	0	182
	4	-1	-1	0	0	179,5
	5	0	0	+1	+1	188,5
	6	0	0	+1	-1	186
	7	0	0	-1	+1	180,5
	8	0	0	-1	-1	183,5
	9	0	0	0	0	195,5
	10	+1	0	0	+1	185
	11	+1	0	0	-1	182,5
	12	-1	0	0	+1	183,5
	13	-1	0	0	-1	181,5
	14	0	+1	+1	0	191,5
	15	0	+1	-1	0	186,5
	16	0	-1	+1	0	185,5
	17	0	-1	-1	0	184,5
	18	+1	0	+1	0	191,5
	19	+1	0	-1	0	186,5
	20	-1	0	+1	0	186,5
	21	-1	0	-1	0	183,5
	22	0	+1	0	+1	190,5
	23	0	+1	0	-1	189,5
	24	0	-1	0	+1	190

Числові значення варіювання факторів детально представлені у додатку. На підставі проведених експериментів була побудована функція, що дозволяє наочно виділити параметри пристрою підготовки повітря, в

сукупності дозволяють отримати значення споживаного двигуном повітря за одиницю часу. Отримані графіки представлені на рисунках 4.1, 4.2, 4.3 та 4.4.

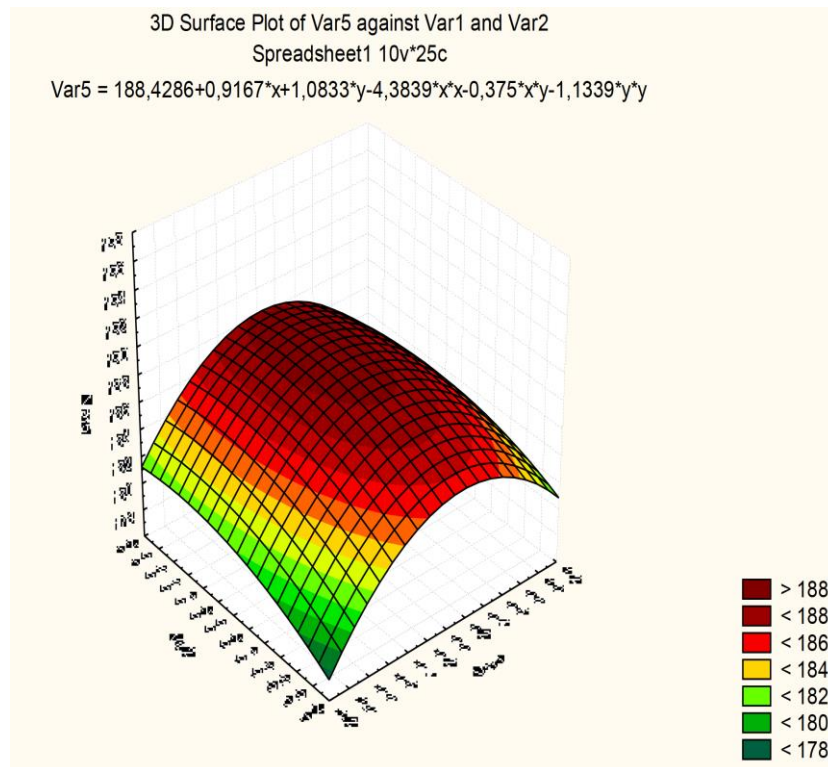


Рисунок 4.1 – Графік ефективності влаштування повітропідготовки

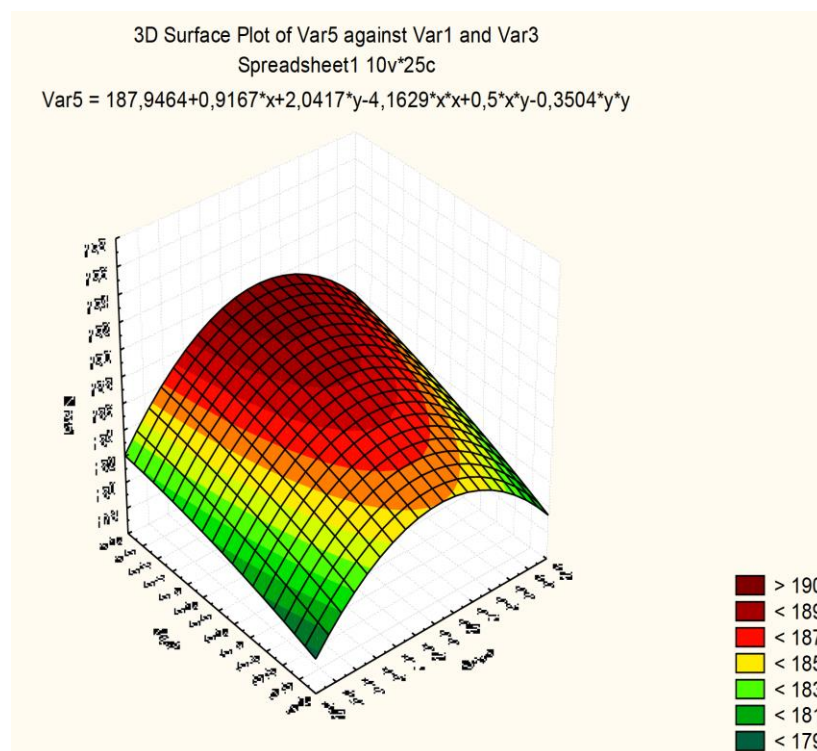


Рисунок 4.2 – Графік ефективності влаштування повітропідготовки

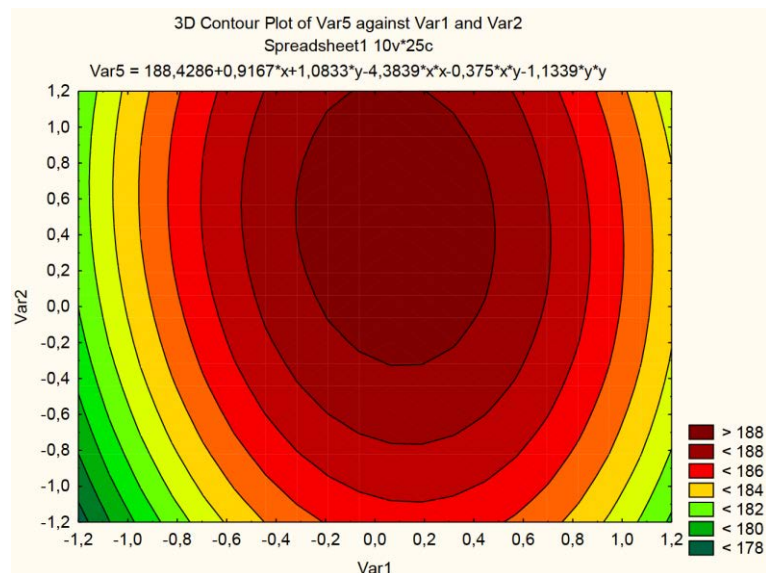


Рисунок 4.3 – Графік ефективності влаштування повітропідготовки

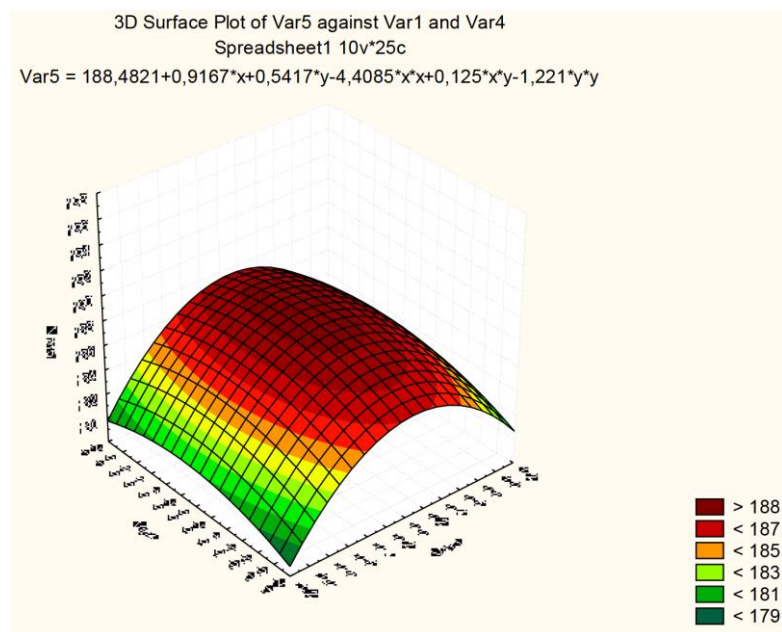


Рисунок 4.4 – Графік ефективності влаштування повітропідготовки

Model is: $v5 = b0 + b1*v1 + b2*v2 + b3*v3*v3 + b4*v2*v4 + b5*v1*v2 + b6*v1*v3 + b7*v1...$

Dependent variable: *Var5* Independent variables: 4

Loss function: *least squares*

Final value: 197,27083333

Proportion of variance accounted for: ,51295963 $R = ,716212$

Даний вибір інтервалів вимірюваних величин обумовлений різними коефіцієнтами, взятими з аеродинаміки при проектуванні пристрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників ДВЗ. Тільки правильна послідовність коефіцієнтів здатна дати ефективність

зниження опору повітряного потоку при зменшенні перетину повітряного проходу суміші. Вищий коефіцієнт застосовний для високих швидкостей руху повітряної маси отримано шляхом складання різниці застосовних коефіцієнтів, але з дає істотних результатів.

Кількість лопаток у пристрої підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників починається з 4, потім 8 і зростає до 10. Незважаючи на незначне покращення роботи пристрою при 10 лопатках, складність виготовлення 10 лопатевого пристрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних значно вище, ніж при створенні пристрою 8 лопатками. Саме тому обране число лопаток 8. Це дозволяє, отримуючи значення ефективності зберегти пристрій технологічним і вигідним у виробництві.

Висота пристрою обмежується вертикальною порожниною повітряного фільтра, що пропонується в роботі. І максимальна ефективність могла б досягатися за рахунок більшої висотою самого фільтруючого елемента, але повертаючись до питань технологічності застосування пропонованої схеми, висота внутрішньої порожнини фільтра та пристрою підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників прийнято 180 мм. При меншому значенні висоти пристрою суттєво знижується ефективність роботи та падає параметр тиску. Пристрій зображено рисунку 4.5.

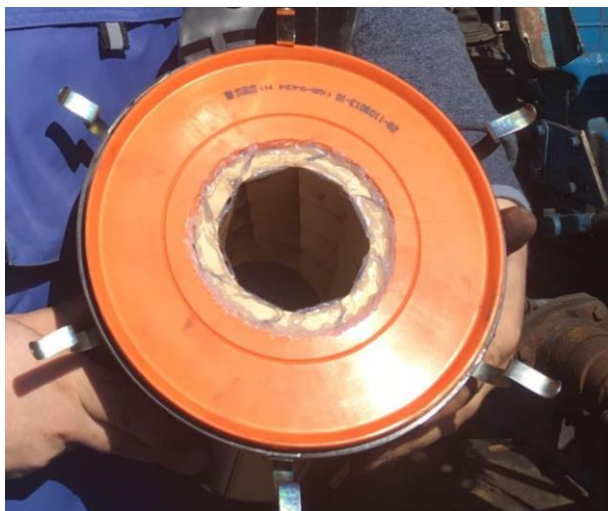


Рисунок 4.5 – Пристрій підвищення тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних показників ДВЗ

Виходячи з отриманих результатів лабораторних експериментів, слід зробити такі висновки:

1. Пристрій повітропідготовки підвищує швидкість проходження повітря через впускну систему порівняно із серійною системою живлення двигуна Д-241.

2. Параметри пристрою, отримані дослідним шляхом, сходяться з математичною гіпотезою створення пристрою описаної в розділі 2, і підтверджені численними дослідями, та обробкою отриманих результатів збіжність теоретичних та практичних розмірів пристрою 96%.

3. Найбільше з отриманих значень критерію оптимізації, тобто величини повітря, що споживається двигуном, 195,5 кг/год.

4.2 Результати проведених досліджень у польових умовах

Оскільки натурні випробування є найважливішими у всьому дослідженні, що підтверджують не тільки вірність розрахунків поліпшення тягово-експлуатаційних показників роботи двигуна Д-241, але й позначають передбачувану економічну ефективність застосування запропонованого пристрою повітропідготовки. Якість проведення випробувань і точність параметрів, що знімаються з двигуна під час проведення натурних випробувань дуже важливі. Дані всіх вимірювань, включаючи стан тиску в шинах та атмосферні умови, наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Контрольні параметри серійного трактора, на вимірювальній дистанції натурних випробувань.

№ експерименту	Витрата палива по заправці	Пройдена дистанція км.	Тиск у шинах МПа.	Атмосферний тиск мм рт.ст.
1.1.	8,8	14,2	0,2	745
1.2.	8,7	14,2	0,2	745
1.3.	8,9	14,2	0,2	743
1.4.	20	34,5	0,2	741

Потім, слідувало обладнання трактора МТЗ-80 оснащеного двигуном Д-241 пристроєм повітропідготовки, і випробування натурні повторювалися в повному обсязі. Дані вимірів можна вважати об'єктивними, оскільки в умовах наявного селянсько-фермерського господарства зробити виміри у більшому обсязі або більш якісно неможливо.

Під час проведення натурних випробувань було отримано чисельні величини витрати палива та витрати повітря, які занесені до таблиці 4.5 та є підтвердженням ефективності пристрою повітропідготовки.

У порівнянні з розрахунковими показниками витрата палива на практиці знизився на 11.6%, теоретично цей параметр знизився на 12%.

Розбіжність теоретичного та практичного значення витрати палива 3.44%.

Таблиця 4.5 – результати проведення натурних випробувань трактора МТЗ-80, оснащеного пристроєм повітропідготовки

№ експерименту	Витрата палива по заправці	Пройдена дистанція км.	Тиск у шинах МПа.	Атмосферний тиск мм рт.ст.
1.2.1	7,8	14,2	0,2	743
1.2.2.	7,8	14,2	0,2	743
1.2.3.	7,75	14,2	0,2	747
1.2.4.	20	41,9	0,2	747

Виходячи з проведених натурних випробувань, що містять у собі експериментальні досліді, лабораторні випробування, та натурні випробування, були отримані чисельні показники витрати повітря та витрати палива як у режимі роботи двигуна без навантаження, так і під навантаженням, у вигляді тракторного причепа 2 ПТС-4 с вантажем масою 1800 кг.

Таблиця 4.6 – Зведена таблиця результатів

Параметр.	Серійний двигун	Модернізований двигун	Різниця в одиницях	Різниця в %
Середня витрата палива із заправки	8,8	7,78	1,02	-11,5
Середня витрата палива по баку	8,8	7,77	1,03	-11,7
Середня витрата повітря	178	195,5	17,5	9,55
Тиск у шинах	0,2	0,2	-	-
Атмосферний тиск	743,5	745	1,5	0,27

У рамках підготовки даної роботи вдалося провести повноцінні натурні дослідження в умовах робіт, що реально виконуються, з фіксацією параметрів роботи двигуна Д-241. Дані представлені на рисунку 4.6.

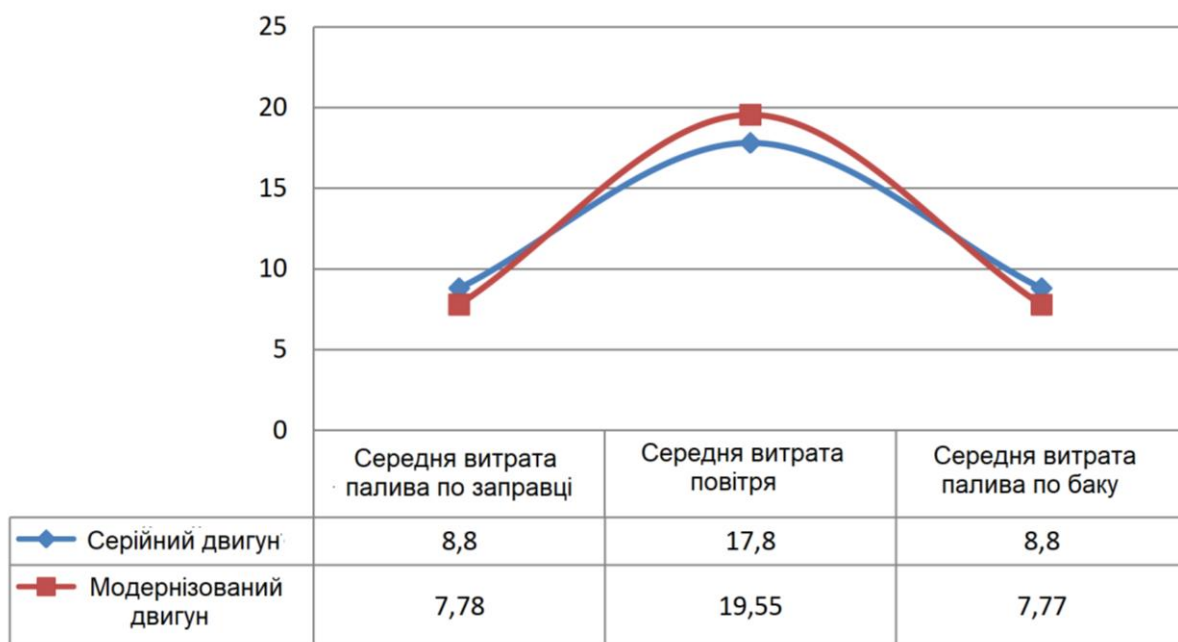


Рисунок 4.6 – Діаграма порівняння основних показників серійного та модернізованого двигуна.

Вдалося отримати збіжність теоретичних розрахунків тягово-експлуатаційних, економічних та екологічних параметрів на рівні 96,5%. Визначено ефективність пристрою за умови вироблених транспортних робіт.

1. На основі експериментальних досліджень встановлено раціональні значення параметрів пристрою підготовки повітря, кількість лопаток 8, перший коефіцієнт зміни площі перерізів 1.768, другий коефіцієнт зміни площі перерізу 1,33. висота пристрою 180 мм.

2. З матеріалів теоретичних досліджень з урахуванням даних експерименту виконано розрахунок теоретичних експлуатаційних показників. У двигуні, обладнаному пристроєм повітропідготовки в порівнянні з серійним двигуном підвищується коефіцієнт надлишку повітря на 0,1509, коефіцієнт наповнення на 0,087, індикаторний ККД на 0,02481, ефективна потужність на 6,173 кВт, ефективний ККД на 0,12 ,3 Нм, і знижується показник питомої ефективної витрати палива на 28г/кВт*год.

3. Зафіксоване зниження інтенсивності зносу при проведенні довгострокових випробувань показали різницю в інтенсивності зниження компресії на 1,4585 Атм/1000 мотогодин у порівнянні з серійним, зниження параметра залишкового вакууму на 0,0647 од/1000 мотогодин, зниження значення залишкового вакууму 0242 од/1000 мотогодин.

ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеного аналізу причин та факторів зниження надійності автотракторних дизельних двигунів узагальнено види зносу сільськогосподарських машин. Фактором підвищення надійності та зниженням зносу техніки є вдосконалення системи повітропідготовки.

2. Розроблено конструктивно-технологічну схему оснащення пристроєм повітропідготовки для автотракторних дизельних двигунів, що встановлюється в каналі впуску, що містить вертикальні напрямні лопатки, виконані у вигляді пластин прямокутної форми та встановлені по дотичній до циліндричної поверхні, утвореної верхнім і нижнім підставами у формі кільця.

3. На основі теоретичних досліджень визначено значення параметрів улаштування повітропідготовки. Діаметр основи пристрою 78 мм, висота пристрою 180 мм, кількість лопаток 8, кут сходження лопаток 300 перший коефіцієнт зміни площі перерізів 1.768 другий коефіцієнт зміни площі перерізу 1,33.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Валерій Байдулін Проблеми впровадження енергозберігаючих технологій в Україні. Режим доступу:

https://lib.iitta.gov.ua/165908/1/%D0%A2%D0%B5%D0%B7%D0%B8_%D0%BC%D0%BEi_2016.pdf

2. Лупаренко Г. В. Становлення тракторобудування в Україні / Г. В. Лупаренко : Держ. Політес. музей при НТУУ «КПІ» ; Центр пам'яткознавства НАН України і УТОПІК. – Ніжин: ПП Лисенко М.М., 2015. – 176 с.

3. ДСТУ 7588:2014 Сільськогосподарська техніка. Установки біогазові. Методи випробування.

4. Васюта В. Б. Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва / В.Б. Васюта, В.В. Мормуль // Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975)

5. Режим доступу: <http://www.golos.com.ua/article/18818>

6. Скоцик В.Є. Організаційно-економічні засади формування інфраструктурного забезпечення ринку сільськогосподарської техніки України. Журнал “Агросвіт” - наукове фахове видання з питань економіки. №14, 2018, С. 9-15.

7. Аграрний сектор економіки: підсумки 2022 та прогноз на 2023 рік. Режим доступу: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/ahraryy-sektor-ekonomiky-pidsumky-2022-ta-prohnoz-na-2023-rik>

8. Сідун О.Я. Лізинг як ефективна форма оновлення техніко-технологічної бази малих підприємств. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Економіка. Випуск 19, 2006. С. 109-115.

9. . Скрипник В. В Інноваційний розвиток аграрних підприємств України: сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку. «Економічний вісник НТУУ "Київський політехнічний інститут"». № 20, 2021. С. 19-24.

10. Іванишин В.В. Перспективи розвитку ринку вторинної техніки в Україні. Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку

наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975).

11. Шейко Ю.О. Імпортзаміщення як інструмент стимулювання розвитку малого підприємництва в регіонах України. Електронний журнал «Ефективна економіка» включено до переліку наукових фахових видань України з питань економіки (Категорія «Б», Наказ Міністерства освіти і науки України від 11.07.2019 № 975).

12. Лункіна Т.І. Використання фінансового лізингу на сільськогосподарських підприємствах – запорука ефективного господарювання / Т.І. Лункіна, А.В. Бурковська // Фінанси та оподаткування №4, 2011, С. 125-128.

13. Маляревський Ю. Д. Організаційно-економічне забезпечення технічного переозброєння промислових підприємств : монографія / Ю. Д. Маляревський, О. В. Фартушняк, Д. І. Цибулько. – Х. : ФОП Александрова К. М., 2016. – 256 с.

15. Антощенко В. М., Загrevський Р. Ю., Галич І. В. Підвищення ефективності використання енергонасичених тракторів за рахунок баластування. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв»; Харків: ДБТУ, 2021. С. 281.

16. Домашенко, М.Д. Проблеми розвитку аграрно-промислового комплексу в Україні та шляхи їх розвитку : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції імені проф. Балацького О.Ф., м. Суми, 27 травня 2015 р. / За заг. ред.: О.В. Прокопенко, М.М. Петрушенка. - Суми: СумДУ, 2015. - С. 150-152.

17. Биба В.В. Матеріально-технічне забезпечення сільськогосподарських підприємств України / В.В. Биба, П.В. Махічева // Економіка та управління підприємствами. Економіка і регіон № 5 (66) – 2017 – ПолтНТУ, С. 69-74.

18. Канарчук Є. А., Вплив режимів роботи на зношування двигунів / Є. А. Канарчук, В. Є. Канарчук // Київ, 1970. - С.75-76.

19. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машина сільськогосподарського виробництва - Тернопіль:, 2005. - 228 с.
20. Ремонт сільськогосподарської техніки в міжсезонні: <https://traktorist.ua/articles/314-remont-silskogospodarskoyi-tehniki-v-mijsezonni>.
21. Бойко А.І. Проблеми забезпечення надійності сучасної складної сільськогосподарської техніки / А.І. Бойко, Бондаренко О.В. // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету №11 т. 2 (66), 2012. С. 307-311.
22. Blumenthal R. Traktoren: Technisches Handbuch. / Blumenthal R. // Berlin: VEB Verlag Technik, 1981. – 376 с.
23. Klein V. Estimations of Aircraft Aerodynamic Parameters from Flight Data. Klein V. // Prog. Aerospace Sci. – 1989. – V.26. – P.1-77.
24. Chiranis Nicholas. P. Bleeding. Air manifold gives more miles per gallon. / Chiranis Nicholas. P. Bleeding // "Prod Engng", 1966. – 37. – № 3. – P. 60-61.
25. Двигуни внутрішнього згоряння. Теорія [Текст]: Підручник / В.Г. Дяченко; За ред. А.П.Марченка. - Харків: НТУ "ХПІ", 2008. – 488 с.
26. ДСТУ 4397:2005 «Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування».
27. ДСТУ 2445-94 «Дизелі тракторні і комбайнові. Вібронадійність. Методи випробувань».
28. ДСТУ 2942–94 «Автотранспортні засоби. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність. Терміни та визначення».
29. ДСТУ ГОСТ 7057-2003 «Трактори сільськогосподарські. Методи випробування» (ГОСТ 7057-2001, IDT).
30. ДСТУ 2860-94. «Надійність техніки. Терміни та визначення».
31. Крижанівський Є.І. Експериментальні дослідження показників дизельного двигуна за умови його роботи на біометанолі / Крижанівський Є.І., Криштопа С.І., Криштопа Л.І., Гнип М.М., Микитій І.М. // Вісник ХНАДУ, вип. 86, 2019, т. I. С. 90-100.

32. Керованість та стійкість рух тракторів : навчальний посібник / О. О. Островерх, В. М. Краснокутський, Т. О. Крюкова. – Харків : Друкарня Мадрид. – 156 с.

33. Трактори "БЕЛОРУСЬ" МТЗ-80, МТЗ-80Л, МТЗ-82, МТЗ-82Л / Ксеневич І.П. // Посібник з експлуатації та догляду. - Мінськ, 1973.

ДОДАТКИ