

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ГУБЕРТ АНАСТАСІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 631.37

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ МТА
ПРИ ВИКОНАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Губерт А.С.

Керівник роботи

Куликівський В.Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2022

АНОТАЦІЯ

Анастасія Сергіївна Губерт. Підвищення ефективності робочого процесу МТА при виконанні сільськогосподарських операцій. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2022.

В магістерській роботі встановлено, що для отримання достовірних результатів про експлуатаційні параметри МТА кращим є використання засобів безпосереднього вимірювання витрати палива (витратомірів) перед засобами непрямого контролю, такими як облік витрати палива відповідно до прийнятих нормативів та показання тахоспідометра (роботоміру).

Дослідження проведені на МТЗ-82 із застосуванням засобів інструментального контролю показали, що витрата палива є об'єктивним параметром для діагностики та оцінки експлуатаційних характеристик тракторів, так як сукупний технічний стан систем і механізмів кожного трактора є індивідуальним.

Виробничі випробування поршневого витратоміра, проведені у господарствах Житомирської області при виконанні сільськогосподарських робіт показують, що використання поршневого витратоміру палива з відображенням поточної та сумарної витрати палива МТА на робочому місці тракториста, при виконанні операцій призводить до зниження витрат палива. Наприклад, різниця між розрахунковою витратою та фактичною на транспортних роботах склала 5 % у першому господарстві та 8 % у другому. На оранці різниця склала 7,31%.

Ключові слова: машино-тракторний агрегат, паливо, витрата, технічний стан, витратомір.

ANNOTATION

Anastasia Sergeyevna Hubert. Increasing the efficiency of the farm machinery work process when performing agricultural operations. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2022.

In the master's thesis, it was established that in order to obtain reliable results about the operational parameters of the machine-tractor unit, it is better to use means of direct measurement of fuel consumption (flow meters) before indirect control measures, such as accounting for fuel consumption in accordance with accepted standards and readings of the tachometer (robotometer).

Research conducted on the MT3-82 with the use of instrumental control tools showed that fuel consumption is an objective parameter for diagnosing and evaluating the operational characteristics of tractors, since the overall technical condition of the systems and mechanisms of each tractor is individual.

Production tests of the piston flow meter, carried out in the farms of the Zhytomyr region during agricultural work, show that the use of a piston fuel flow meter with a display of the current and total fuel consumption of the machine-tractor unit at the tractor driver's workplace during operations leads to a decrease in fuel consumption. For example, the difference between the estimated cost and the actual cost of transport works was 5% in the first farm and 8% in the second. On plowing, the difference was 7.31%.

Key words: machine-tractor unit, fuel, consumption, technical condition, flow meter.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	22
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. В основі сучасного сільськогосподарського виробництва лежить технологія. Її невід'ємною частиною є машинно-тракторний агрегат (МТА), що включає мобільну машину з джерелом енергії (енергетичний засіб) та комплекс навісного чи причіпного обладнання для виконання сільськогосподарських робіт. Сучасний етап розвитку сільськогосподарського виробництва нашої країни характеризується зростаючим значенням енергозберігаючої політики, як одного з найважливіших факторів підвищення ефективності виробництва. У міру зростання енергонасиченості сільськогосподарського виробництва, вартості основних засобів та експлуатаційних матеріалів оцінка ефективності функціонування машинно-тракторних агрегатів виходить на передній план. Це питання однаково актуальне як для великого, так і для дрібного сільськогосподарського виробника. Основним напрямом підвищення продуктивності праці в сільському господарстві є комплексна механізація робочих процесів та операцій, що стало можливим завдяки впровадженню енергонасичених тракторів з більш високими робочими швидкостями та застосування широкозахватних машинно-тракторних агрегатів. У зв'язку з цим актуальним є питання про ефективність використання МТА [1-4].

Значне ускладнення енергозасобів, що застосовуються в сільськогосподарському виробництві, призвело до того, що визначення завантаження силового агрегату МТА «на око» (по димності вихлопу та по тональності роботи силового агрегату) призводить до його недовантаження і, як наслідок, до зростання матеріальних витрат. Оцінка ефективності функціонування тракторів може проводитися за двома напрямками [5-9]:

1) шляхом збільшення контрольно-вимірювальної бази, що встановлюється в робочі системи МТА та постійно відображає інформацію на робочому місці оператора;

2) шляхом удосконалення методів оцінки питомої витрати палива, засобів контролю, що постійно діють у системі живлення силового агрегату МТА, підвищенням їх надійності.

Як показує аналіз літературних джерел, витрата палива двигунів тракторів має достатню інформативність для того, щоб визначати зону найбільш ефективної роботи машинно-тракторного агрегату, оптимальні швидкісні та навантажувальні режими роботи трактора. Облік витрати палива наростаючим результатом дозволяє планувати проведення технічного обслуговування техніки. Для цього трактори необхідно оснастити недорогими, але досить точними витратомірами. Без сучасних методів та засобів оцінки ефективності функціонування сільськогосподарської техніки взагалі, та тракторів зокрема, вирішити цю проблему не вдається. Рівень цін на паливо і екологічні вимоги, що посилюються, роблять проблему ще актуальнішою. По комплексу параметрів, що задовольняють вимогам, які висувуються до контрольно-вимірювальних приладів, призначених для постійної установки на трактор, на перше місце виходять прилади обліку палива – витратоміри [8]. При сучасному розвитку електроніки позиціонування та управління електромагнітними клапанами для перемикання потоку палива не представляє великої складності, тому основним питанням при розробці витратоміра є підвищення його точності та надійності. У зв'язку з цим тема дослідження є актуальною та присвячена питанням удосконалення методу, підвищенню точності та надійності функціонування пристрою для безперервного контролю витрат палива МТА.

Мета роботи – підвищення ефективності робочого процесу МТА при виконанні сільськогосподарських операцій шляхом обґрунтування основних конструктивних параметрів пристрою для безперервного контролю витрати палива двигуном трактора.

Об'єкт дослідження - енергозасоби, МТА, пристрій безперервного контролю витрат палива (витратомір).

Предмет дослідження – закономірності процесу витрати палива МТА.

Наукова новизна. Виконані в роботі дослідження дозволили отримати сукупність нових положень і результатів:

- вирішено завдання щодо вдосконалення пристрою для безперервного контролю витрати палива МТА;
- експериментально підтверджено конструктивні параметри пристрою безперервного контролю витрати палива МТА.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання:**

- розробити конструктивно-технологічну схему будови безперервного контролю витрати палива двигуном МТА;
- теоретично обґрунтувати та експериментально підтвердити конструктивно-технологічні параметри пристрою безперервного контролю витрати палива.

Методи дослідження. Дослідження проведені з використанням загальнонаукових методів пізнання, прикладної фізики та землеробської механіки. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики. Експериментальні дослідження виконані за стандартними методиками, на верифікованому обладнанні.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Куликівський В.Л, Губерт А.С. Лабораторна установка для випробування поршневого витратоміра в ламінарному потоці. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «НАУКОВІ ЧИТАННЯ – 2022» 20 травня 2022 року Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 16-18.

2. Куликівський В.Л, Губерт А.С. Експлуатаційні параметри мта як об'єкт контролю. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування

України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022.С. 293-294.

3. **Губерт А.С.** Огляд технічних засобів індивідуального контролю витрати палива енергозасобом МТА. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 240-243.

Практичне значення одержаних результатів. Впровадження результатів роботи дозволить прогнозувати і визначати оптимальну періодичність операцій ТО.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 50 сторінок комп'ютерного тексту, містить 37 рисунків.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Експлуатаційні параметри МТА як об'єкт контролю

Експлуатаційні властивості агрегатів характеризуються властивостями робочих машин, енергетичної частини (тракторів, самохідних шасі, двигунів самохідних агрегатів) та властивостями, зумовленими поєднанням машин (зчіпка, допоміжні пристрої тощо) [17].

Розрізняють такі експлуатаційні властивості агрегатів: агротехнічні, енергетичні, маневрові, технічні, техніко-економічні, ергономічні.

Агротехнологічні властивості агрегатів зумовлюють якість виконання технологічної операції. До них відносяться передбачені конструкцією машин технологічна здатність, граничні технологічні параметри, гранично допустимі за умовами якості роботи швидкості руху, допустимі втрати, об'єм технологічних ємностей та ін. [17].

Ці властивості грають вирішальну роль при виборі необхідних для даної операції і в даних умовах робочих машин для комплектування агрегатів.

Енергетичні властивості машин полягають у їх здатності споживати при роботі певну механічну енергію (опір робочих машин) або наприклад для тракторів розвивати певну механічну енергію (потужність) [17].

У процесі комплектування агрегатів енергетичні властивості мають вирішальне значення щодо кількісного складу машин в агрегаті, під час виборів експлуатаційних (зокрема, швидкісних) режимів роботи тощо [17].

Маневрові властивості агрегатів – це їх поворотливість, прохідність, стійкість руху, пристосованість до транспортування і т.д. Маневрові властивості слід враховувати при виборі агрегатів для даних конкретних умов (при малих ділянках і коротких гонах, при необхідності суворої прямолінійності ходів і т.д.).

Технічні властивості машин і агрегатів визначає головним чином їх надійність (довговічність, ремонтпридатність, безвідмовність, збереження), а також інші технічні показники – маса, форма і т.п.

Ці властивості необхідно враховувати в першу чергу при організації технічної експлуатації машин [17].

Техніко-економічні властивості агрегатів – це їх продуктивність та необхідні витрати праці, коштів, палива тощо. До цих властивостей часто відносять метало- і енергоємність, не виділяючи в окрему групу.

Ергономічні властивості машин та агрегатів зумовлюють санітарно-фізіологічні умови праці, зручність обслуговування, безпеку праці, естетичні показники тощо.

На практиці застосовують різні способи та засоби для оцінки ефективності функціонування МТА, де як вхідні параметри використовуються витрата палива та ефективна потужність двигуна, діапазон вимірювання яких дозволяє з достатньою точністю контролювати режими функціонування МТА [17].

Існуючі способи визначення експлуатаційних параметрів МТА (ефективна потужність та витрата палива) поділяються на вимірювання прямої та непрямой дії [17].

До основних способів прямого виміру потужності двигуна відносяться:

- спосіб, заснований на визначенні величини деформації пружного елемента, за допомогою якого відбувається вимірювання моменту, що крутить. Деформація пружного елемента перетворюється за допомогою електричних величин і подається на інтегруючий елемент. Інтегруючий елемент перетворює відповідним чином сигнали з пружного елемента та частоти обертання колінчастого валу, видаючи сигнали показника потужності. До приладів цього типу відносяться вимірювач потужності ІМР-1 [17].

спосіб визначення потужності кута закручування торсійного валу, встановленого між муфтою зчеплення і коробкою зміни передач трактора. Деформація торсійного валу перетворюється за допомогою електричних величин

і подається на інтегруючий елемент. Інтегруючий елемент перетворює відповідним чином сигнали з торсійного валу та частоти обертання колінчастого валу, видаючи сигнали показника потужності. До приладів даного типу належить роботомір РЕСК – АФІ дискретної дії [17].

Основні способи непрямої оцінки засновані на вимірі ефективної потужності по задроселованому тиску, температурі і тиску вихлопних газів. До приладів даного типу належать: показчик завантаження з термоперетворювачем УЗТГ та вихровий вимірювач потужності ВІМ [17].

До приладів прямої дії для вимірювання витрати палива належать: вимірювальний бачок з поплавцями; поршневий витратомір РТА-1 – ЛСХІ; імпульсні витратоміри типу РРЕ-2 - НАТІ, ІП60М КубНДІ-ТІМу; поршневий витратомір типу ДРТ - ЛСХІ.

При визначенні витрат непрямыми способами використовують: тахометричні витратоміри РРТ і РПРТ, засновані на вимірюванні рівня вихідної напруги датчика, що знімається з ротора; індуктивні витратоміри ІРТ, ІВА-2, що здійснюють вимірювання витрати палива по ходу рейки паливного насоса. Специфіка тракторних двигунів не дозволяє широко експлуатувати дані витратоміри для безперервного контролю роботи МТА з необхідною точністю.

Інтенсивний розвиток електроніки та, насамперед, мікропроцесорних систем управління, з середини 80-х років ХХ століття дав поштовх щодо створення вбудованих систем та засобів контролю. В даний час провідні західні фірми оснащують трактори вбудовуваними бортовими системами контролю, що забезпечують автоматичний, прямий, безпосередній контроль параметрів їх функціонування та технічного стану з видачею результатів на панель приладів в кабіні водія і в бортовий накопичувач. Контроль цими системами технічного стану тракторів проводиться найчастіше окремо по кожному з параметрів, а контроль ефективності функціонування – за вихідними експлуатаційними параметрами, що безпосередньо відображають контрольований процес.

Закордоном бортові системи контролю використовуються як штатне або рекомендоване обладнання, що містить вбудовані у вузли та агрегати енергозасоби: датчики, електричні комунікації, пов'язані з електронним блоком та панеллю електронних індикаторів [17].

Розвиток бортових систем контролю є послідовне укрупнення об'єктів контролю та розширення їх номенклатури, поступове охоплення всіх життєво важливих вузлів трактора (екологічність, паливна економічність, надійність пуску та ін.) і номенклатури їх можливих несправностей. Бортові системи контролю пройшли шлях від найпростіших пристроїв роздільного контролю параметрів стану окремих вузлів до комплексних систем, що контролюють основні функціональні параметри ряду спільно контрольованих критеріїв.

Багатофункціональні бортові системи автоматичного контролю та реєстрації даних про роботу, технічний стан та обслуговування енергозасобів стали комерційною продукцією провідних зарубіжних фірм Daimler - Benz, BMW, Rockwell та ін.

При експлуатації енергозасобів бортові системи контролю є стимулятором інтенсифікації використання ресурсу працездатності машинно-тракторного парку. Із засобів контролю технічного стану вони все більшою мірою стають елементом оперативного управління енергозасобом у складі МТА, процесами його ремонту та технічного обслуговування, бортовим компонентом перспективних автоматизованих систем управління, підтримки працездатності машинно-тракторного парку [17].

До недоліків іноземних систем контролю можна віднести: відносно висока вартість вимірювального комплексу, низька адаптивність вітчизняних енергозасобів до іноземних систем контролю, високі вимоги до культури обслуговування та експлуатації енергозасобу обладнаних такими системами.

Що стосується вітчизняних бортових систем контролю, то в даний час вони практично не розвинені і далі дослідних зразків не просунулися.

Незважаючи на суттєвий прогрес і ефективність застосування на імпортних енергозасобах бортових систем контролю, пряме копіювання їх аналогів мікропроцесорних програмних та апаратних засобів не завжди виправдане, зважаючи на універсальність машинно-тракторного парку та специфіки вітчизняного сільськогосподарського виробництва, низької кваліфікації персоналу та недотримання вимог щодо експлуатації та ремонту, а також дорожнечі та складності застосовуваних елементів.

Аналіз існуючих методів і засобів контролю експлуатаційних параметрів МТА показує, що в умовах експлуатації найбільш прийнятними є способи, засновані на вимірі поточних значень реєстрованого параметра. Огляд експлуатаційних параметрів МТА як об'єкта контролю, показує, що найбільш технологічним та інформативним параметром, що дозволяє дати якісну оцінку ефективності використання МТА при виконанні сільськогосподарських операцій є витрата палива [17].

1.2 Огляд технічних засобів індивідуального контролю витрати палива енергозасобом МТА

У попередньому розділі розглядалися різні експлуатаційні параметри МТА, які можна виміряти та провести за ними оцінку ефективності використання МТА при виконанні сільськогосподарських робіт. Одні параметри інформативні, але досить складні для вимірювань, інші – прості, але не мають достатньої інформативності. При всьому різноманітність робочих параметрів МТА слід використовувати техніко-економічний критерій, кількісною оцінкою якого служить мінімум наведених питомих витрат. Найбільш повно цій умові відповідає витрата палива. Сучасні МТА здебільшого оснащені дизельними двигунами. Для індивідуального контролю витрати палива застосовують витратоміри турбінного, мембранного, шестерного і поршневого типу. Кожна вимірювальна система витратоміра має свої переваги і недоліки, які розглянемо

для подальшого дослідження відповідно до поставлених завдань у магістерській роботі [18].

Витратомір палива DFM має об'ємну камеру вимірювання кільцевого типу. Принцип роботи заснований на вимірюванні обсягу палива, що протікає через вимірювальну камеру витратоміра. Паливо надходить у вимірювальну камеру через вхідний отвір та повертає кільце камери. Один оберт кільця камери відповідає протіканню через витратомір обсягу палива, рівного обсягу вимірювальної камери і супроводжується генерацією одного імпульсу. Підрахунок кількості імпульсів та їх переведення в одиниці об'єму здійснюється мікропроцесором електронної плати (у моделях з дисплеєм) або зовнішнім пристроєм (рис. 1.1) [18].



Витратомір палива DFM з інтерфейсним кабелем



Диференціальний витратомір палива DFM



Автономний витратомір DFM

Рис. 1.1. Витратоміри з кільцевим (обертвовим) поршнем

Принцип роботи диференціального витратоміра DFM (з двома вимірювальними камерами) полягає у обчисленні витрати палива, як різниці між витратами в камерах, прямого та зворотного потоку палива [18].

Однією з особливостей ДВЗ тракторів та автомобілів є нерівномірна витрата палива. Також в паливній системі є гідродари, які можуть вносити суттєві похибки в роботу DFM. Тому рекомендується встановлювати зворотний клапан на ділянці паливної системи після витратоміра. Необхідна точність фільтрування вимірюваної рідини – 0,08 мм. Опір вибраного DFM при номінальній витраті палива не повинен бути більше 5 % від тиску в системі.

Установка DFM за схемою «На тиск» передбачає встановлення витратоміра на ділянці паливної системи після насоса, що підкачує і штатного фільтра тонкого очищення палива двигуна [18].

Установка DFM за схемою "На розрідження" передбачає встановлення витратоміра на ділянці паливної системи, де протікання палива здійснюється за рахунок розрідження, створюваного паливним насосом. Установка DFM за схемою "На розрідження" вимагає обов'язкового застосування додаткового фільтра тонкого очищення на ділянці паливопроводу від бака до витратоміра.

Лічильник рідкого палива СРТ-8 – це паливний витратомір для прямого вимірювання (рис. 1.2). Перетворювач витрати складається з таких основних вузлів: перетворювача первинного, електронного зчитувача. У склад перетворювача первинного входить вимірювальна камера. Корпус вимірювальної камери є виріб з алюмінієвого сплаву з двома патрубками для штуцерного (різьбового) з'єднання з магістраллю. Вимірювальна камера з торця закрита кришкою. У циліндричних розточування корпусу вимірювальної камери знаходяться овальні шестерні [18].



Рис. 1.2. Лічильник рідкого палива СРТ-8

Магніти, розташовані один навпроти іншого в одній із шестерень, при обертанні передають сигнал про рух рідини на датчик Холла. Облік кількості рідини, що пройшла через перетворювач витрати, заснований на відліку кількості обертів овальних шестерень. Потік вимірюваної рідини, надходячи в лічильник через вхідний патрубок і проходячи через вимірювальну камеру,

втрачає частину напору на створення крутного моменту, що приводить овальні шестерні в обертання. Залежно від положення шестерні кожна з них поперемінно є то провідною, то веденою. Зміна кількості рідини відбувається рахунок періодичного відсікання певних її об'ємів, укладених у порожнинах між циліндричними поверхнями корпусу вимірювальної камери поверхнями овальних шестерень. За один повний оберт шестерень відсікається чотири такі об'єми. Сума цих об'ємів складає об'єм вимірювальної камери[18].

Перетворювач витрати може бути змонтований на горизонтальному трубопроводі. При монтажі перетворювач витрати має бути встановлений так, щоб осі овальних шестерень були розташовані горизонтально, напрямок потоку рідини повинен збігатися з напрямком стрілки на корпусі перетворювача витрати.

Перед перетворювачем витрати обов'язково повинен бути встановлений фільтр, фільтруючі елементи не повинні пропускати частинки більше 0,005 мм. Втрата тиску в системі при найбільшій витраті не повинна перевищувати 20 КПа.

У паливній системі із встановленим перетворювачем витрати не повинно бути гідравлічних ударів та вібрацій трубопроводів (для їх усунення використовується подвійна петля або інший механізм гасіння) [18].

Установка перетворювача витрати рідини типу СРТ-8 здійснюється за схемою «На тиск» і передбачає встановлення витратоміра на ділянці паливної системи після насоса і штатного фільтра тонкого очищення палива двигуна.

Термостабільний електронний витратомір палива (ТЕРТ) призначений для реалізації допускового контролю за поточними значеннями витрати пального тракторів (тягового класу 6...30 кН), що функціонують у складі МТА[18].

ТЕРТ складається з первинного вимірювального перетворювача (датчика) 1, включеного в паливну магістраль на ділянці між помпою, що підкачує і фільтром грубого очищення (рис. 1.3), за допомогою паливо-проводів з бензостійкої гуми 3 і електронного блоку 2 на мікропроцесорній основі.

З'єднання датчика з електронним блоком здійснюється за допомогою екранованого п'ятипровідного кабеля 4.

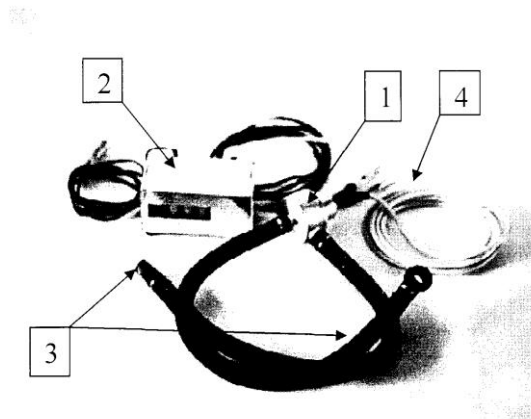


Рис. 1.3. Термостабільний електронний витратомір палива: 1 – первинний вимірювальний перетворювач (датчик); 2 – електронний блок; 3 – паливопроводи; 4 – з'єднувальний кабель [18].

Корпус датчика (рис.1.4) складається з двох частин. Обидві частини корпусу 1 і 2 стягуються гвинтами і ущільнюються прокладкою 9 з бензостійкої гуми. Вхідний штуцер 6 вкручений у корпус тангенційно. У внутрішній порожнині датчика в потоці палива обертається легка чотирьох лопатева крильчатка 3, виготовлена з дюралюмінію. По колу диска крильчатки, на рівній відстані один від одного, просвердлені 22 отвори. Сталева вісь 4 (від годинникового механізму) впресована в крильчатку. Вісь обертається у двох підп'ятниках 5 із сапфіровими вставками, що застосовуються у вимірювальних приладах. У корпусі датчика по обидва боки крильчатки розміщені світлодіод 7 і фотодіод 8, що працюють на інфрачервоній ділянці світлового спектру, термодатчик 10, а також транзисторний підсилювач, призначений для посилення сигналу фотодіода [18].

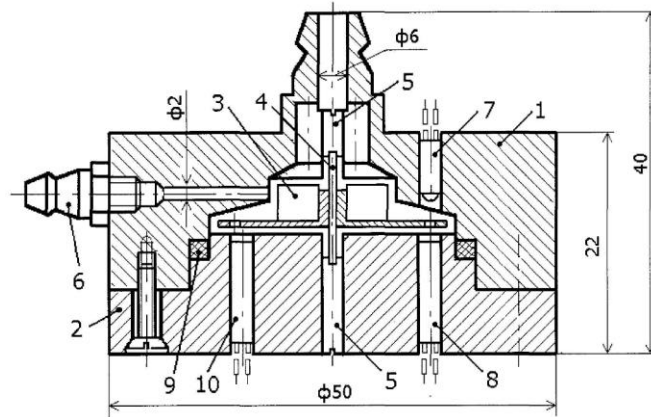


Рис. 1.4. Структурна схема датчика ТЕРТ: 1 – верхня частина корпусу датчика; 2 – нижня частина корпусу датчика; 3 – крильчатка; 4 - вісь крильчатки; 5 - підп'ятник; 6 – вхідний штуцер; 7 – світлодіод; 8 – фотодіод; 9 - ущільнювальна прокладка; 10 – термодатчик.

Із вказаними на рис. 1.4. розмірами датчика, прилад може виміряти швидкість витрати палива до 10 г/с. При обертанні крильчатки, диск періодично перериває потік випромінювання світлодіода, що падає на фотодіод. Оскільки безперервний потік ІЧ – випромінювання, що формується світлодіодом, переривається крильчаткою, в ланцюзі фотодіода діє імпульсний струм. Сигнал з датчика посилюється і надходить на вхід електронного блоку, що здійснює облік витраченого палива.

Об'ємний витратомір палива (ОРТ) призначений для вимірювання сумарної витрати палива тракторів (тягового класу 6...50 кН), що функціонують у складі МТА, і може бути використаний як засіб контролю напрацювання тракторів, що вимірюється в літрах витраченого палива. Загальний вигляд приладу представлено на рис. 1.5. ОРТ складається з датчика 1, включеного в паливну магістраль на ділянці між помпою і фільтром грубого очищення за допомогою паливопроводів з бензостійкої гуми 3; електронного блоку на мікропроцесорній основі 5 розташованого на верхній кришці датчика 1 під захисним ковпаком 6; лічильника імпульсів 2 і двох електромагнітних клапанів (П-РЕ 3/2,5-1 112) 7. З'єднання датчика з джерелом живлення (аккумуляторною батареєю) і лічильником імпульсів здійснюється за допомогою екранованого

чотирипровідного кабелю 4. Для включення датчика в паливну магістраль за допомогою паливопроводів 3 передбачені два штуцери на корпусі датчика 1 [18].

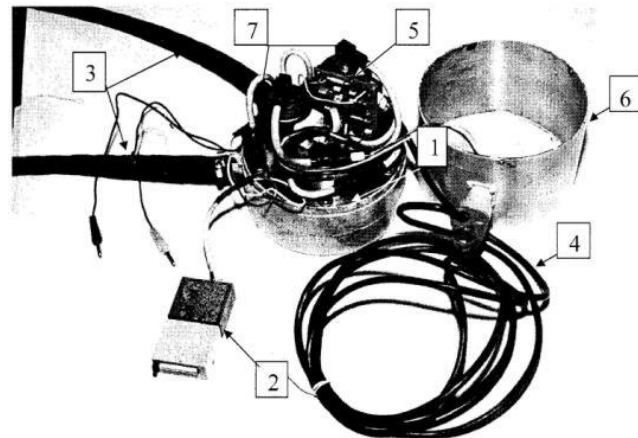


Рис. 1.5. Загальний вигляд ОРТ: 1 – датчик; 2 – лічильник імпульсів; 3 – паливопроводи; 4 – кабель; 5 – електронний блок; 6 – захисний ковпак; 7 – електромагнітні клапани.

Корпус датчика (рис. 1.6) можна виготовити з металу.

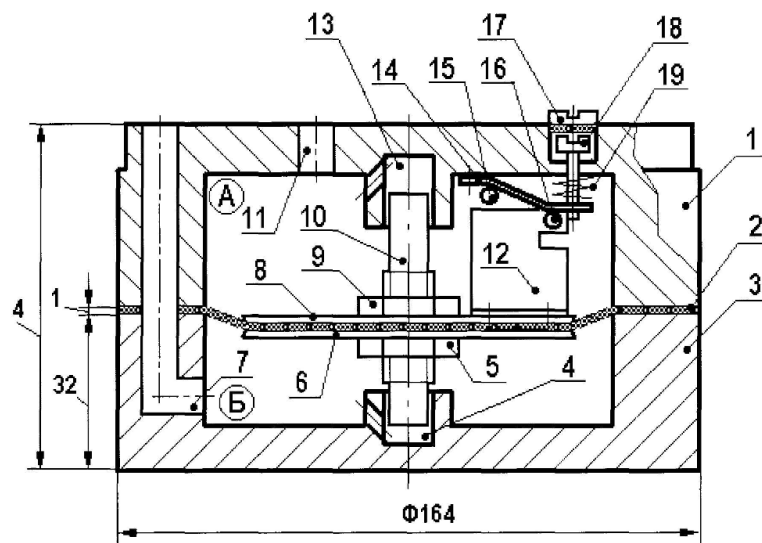


Рис. 1.6. Структурна схема датчика ГРТ: 1 – верхня частина корпусу датчика; 2 – діафрагма; 3 – нижня частина корпусу датчика; 4 - нижня направляюча втулка; 5, 9 – гайка; 6, 8 – шайба; 7 – канал порожнини Б; 10 – стрижень; 11 – канал порожнини; 12 – прапорець; 13 – верхня напрямна втулка; 14 – вилка кріплення пристрою тарування; 15 – перша оптичара; 16 – друга оптичара; 17 – пробка з ущільнюючою прокладкою; 18 – тарувальний гвинт; 19 – пружина

Обидві частини корпусу 1 і 3 стягуються шістьма гвинтами М8. У внутрішній порожнині датчика, в потоці палива розміщується діафрагма 2 з бензостійкої гуми товщиною 1 мм, що ділить весь внутрішній об'єм на дві ізольовані один від одного порожнини А і Б. Стрижень 10 вільно переміщається у верхній 13 і нижній напрямних 4 втулках. Діафрагма 2 затиснута двома шайбами 6, 8 і гайками 5, 9. У верхнє положення діафрагма переходить під дією тиску палива, що надходить від насоса, через канал 7 порожнини Б, а в нижнє – через канал 11 порожнини А. Пристрій тарування складається з прапорця 12, закріпленого на діафрагмі 2; кріпильної вилки 14 з розміщеними на ній першою 15 і другою оптопарами 16 і кріпиться з внутрішньої сторони до верхньої частини корпусу 1 датчика; тарувального гвинта 18 з пружиною 19. Для усунення витoku палива по різьбі гвинта тарування у верхню частину корпусу 1 датчика вкручуються пробка 17 з ущільнюючою прокладкою. Зі вказаними на рис. 1.6 розмірами датчика, оптимальний хід діафрагми дорівнює 6 мм, що відповідає одиничному об'єму 50 см. Цей об'єм встановлюють при таруванні датчика за допомогою пристрою тарування. Вкручуючи або викручуючи гвинт 18 відповідно змінюють відстань $h_{тр}$ між першою 15 і другою 16 оптопарами. Пружина 19 призначена для повернення у вихідне положення кріпильної вилки 14 при збільшенні відстані $h_{тр}$. Прапорець 12 призначений для переривання потоку ІЧ – випромінювання між оптопарами 15 і 16. Сигнал з оптопар посилюється і надходить на вхід електронного блоку, що здійснює облік витраченого палива [18].

Крім перерахованих вище типів витратомірів, для експериментально-дослідних робіт використовувалися: вимірювальний бачок з поплавцями; поршневі витратоміри типу ДРТ – ЛСХІ, РТА-1 – ЛСХІ; імпульсні витратоміри типу РПЕ-2 - НАТІ, ПІ60М; тахометричні витратоміри РРТ, РПРТ, засновані на вимірюванні рівня вихідної напруги датчика, що знімається з ротора; індуктивні витратоміри ІРТ, ІВА-2, що здійснюють вимірювання витрати палива по ходу рейки паливного насоса високого тиску; експериментальний витратомір, який

здійснює вимірювання витрати палива за кількістю робочих циклів паливоподаючої помпи паливного насоса високого тиску; експериментальні витратоміри поршневих, турбінних та мембранних типів [18].

Висновки по розділу 1

При всьому різноманітті робочих параметрів МТА слід використовувати техніко-економічний критерій, кількісною оцінкою якого є мінімум приведених питомих витрат. Найбільш повно цьому критерію відповідає витрата палива МТА [11-15].

Проведений огляд науково-технічної та патентної літератури з досліджуваної проблеми показав, що більшість досліджень виконано в лабораторних умовах за суттєвої ідеалізації процесу.

З розглянутих витратомірів палива для сільськогосподарського виробництва слід віддати перевагу витратомірам поршневого типу, що найбільше задовольняють умові "ціна - точність" вимірювання.

РОЗДІЛ 2

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма експериментальних досліджень

Для підтвердження теоретичних передумов встановлених раніше необхідно проведення експериментальних досліджень, що включають рішення наступних завдань:

1. Розробити на підставі аналізу літературних джерел та теоретичних досліджень пристрій для безперервного контролю витрат палива МТА.
2. Підібрати прилади та реєструючу апаратуру.
3. Провести випробування пристрою безперервного контролю витрати палива при ламінарному потоці руху палива в трубопроводі.
4. Провести випробування роботи пристрою безперервного контролю витрати палива у складі МТА у польових умовах (на транспортних роботах та оранці).

2.2 Експериментальний витратомір палива поршневого типу

Поршень в даному витратомірі є міткою для електронного блоку контролю та управління, яка вільно переміщається з потоком палива по вимірювальному циліндрі під дією потоку рідини, так як відсутні ущільнення між вимірювальним циліндром і поршнем, а сила тяжіння врівноважена архімедової силою. Витратомір встановлюється в паливну систему двигуна між фільтром грубого очищення палива і паливопідкачуючим насосом. Електромагнітні клапани, електронний блок контролю та керування підключаються до бортової мережі.

Загальний вигляд експериментального поршневого витратоміра, представлений на рис. 3.1. Корпус витратоміра виготовлений із алюмінію. Усередині корпусу є канали для встановлення клапанів управління потоком палива, гільзи та ємнісних датчиків позиціонування поршня. Ущільнення між

корпусом витратоміра та склянками клапанів здійснюються за допомогою гумових кілець з маслобензостійкої гуми, встановлених у проточки стаканів.



Рис. 2.1. Загальний вигляд експериментального поршневого витратоміра

2.3 Лабораторна установка для випробування поршневого витратоміра в ламінарному потоці

Для створення ламінарного руху палива в трубопроводах зібрано лабораторну установку, принципову схему якої представлено на рис. 2.2. Резервуар зі стисненим повітрям 1 з'єднаний з регулятором тиску 2 типу ДКП-1-65. За допомогою регулятора задається і підтримується необхідний тиск повітряної подушки в резервуарі для дизельного палива 3. Тиск контролюється повітряним манометром 4. Далі паливо через паливний фільтр 5 надходить у поршковий витратомір 6. Необхідний тиск підпору задається кульовим краном 7 і контролюється по гідравлічному манометру 8. Потім паливо направляється в мірний циліндр 9 [16].

Для виявлення впливу площі поршня на точність вимірювання, використовується друга вимірювальна система "гільза - поршень". При діаметрі

гільзи 20,00 мм, діаметри поршні складуть $D_{n1} = 19,85$ мм; $D_{n2} = 19,70$ мм; $D_{n2} = 19,55$ мм, однаковою довжиною $l = 41$ мм [16].

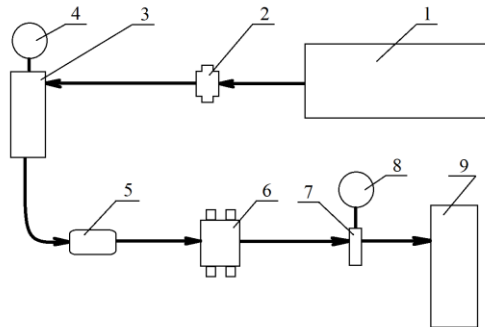


Рис. 2.2. Схема установки для створення ламінарного потоку руху палива: 1 – резервуар зі стислим повітрям; 2 – регулятор тиску ДКП-1-65; 3 – резервуар для дизельного палива; 4 – манометр повітряний; 5 – фільтр паливний; 6 – поршневий витратомір; 7 –кран; 8 – манометр гідравлічний; 9 – мірний циліндр [16].

Загальний вид установки для створення ламінарного потоку руху палива представлений рис. 2.3 [16].



Рис. 2.3. Загальний вид установки для створення ламінарного потоку руху палива [16].

Випробування проводилися з урахуванням рекомендацій щодо перевірки витратомірів, наступним чином. У паливному резервуарі лабораторної установки

створюється та підтримується заданий тиск газової подушки. При відкритті видаткового крана, паливо через витратомір прямує у мірний циліндр. При цьому витратомір виконує 100 циклів вимірювальних, після чого видатковий кран закривається. Знаючи обсяг вимірювальної камери витратоміра (одного циклу), наприклад $\approx 25 \text{ см}^3$, при діаметрі гільзи 27,00 мм, для 100 вимірювальних циклів витратоміра розраховується теоретичний обсяг палива. Він порівнюється з фактичним обсягом, що знаходиться у мірному циліндрі лабораторної установки. Далі здійснюється випорожнення мірного циліндра наступного досліду. Число повторень досліду на одному режимі витрати прийнято рівне трьом, з наступним усередненням під час обробки результатів досліду [16].

Зміна тиску газової подушки від 9,8 до 98 кПа дозволяє регулювати швидкість витікання палива через витратомір. Відносна похибка вимірювання витрати палива ε , розраховується за формулою:

$$\varepsilon = \left(\Delta / V_{\phi} \right) \times 100\% \quad (2.1)$$

де Δ - абсолютна похибка витратоміра; V_{ϕ} - фактичний об'єм палива, що пройшов через витратомір і виміряний мірною ємністю.

Абсолютна похибка витратоміра визначитися з виразу:

$$\Delta = V_p - V_{\phi} \quad (2.2)$$

де V_p – розрахунковий об'єм палива, що пройшов через витратомір, за 100 циклів; V_{ϕ} – фактичний об'єм палива, що пройшов через витратомір і виміряний мірною ємністю.

2.4 Лабораторна установка для випробування поршневого витратоміра на моделі системи живлення ДВЗ

Для створення режимів реального руху палива в трубопроводах використовували модель системи живлення ДВЗ на паливному стенді ДД 10 - 01, принципова схема якої представлена на рис. 2.4.

На паливному стенді зібрана одноконтурна (так звана «тупикова») система живлення паливом, аналогічна системі живлення двигуна Д-240. Поршковий витратомір встановлений між мірною ємністю і паливно-підкачуючим насосом. Важіль управління подачею палива ПНВТ виведений у максимальне положення, до упору в обмежувальний гвинт і зафіксований. Привід стенду передавав ПНВТ частоту обертання від 250 хв^{-1} до 1100 хв^{-1} .

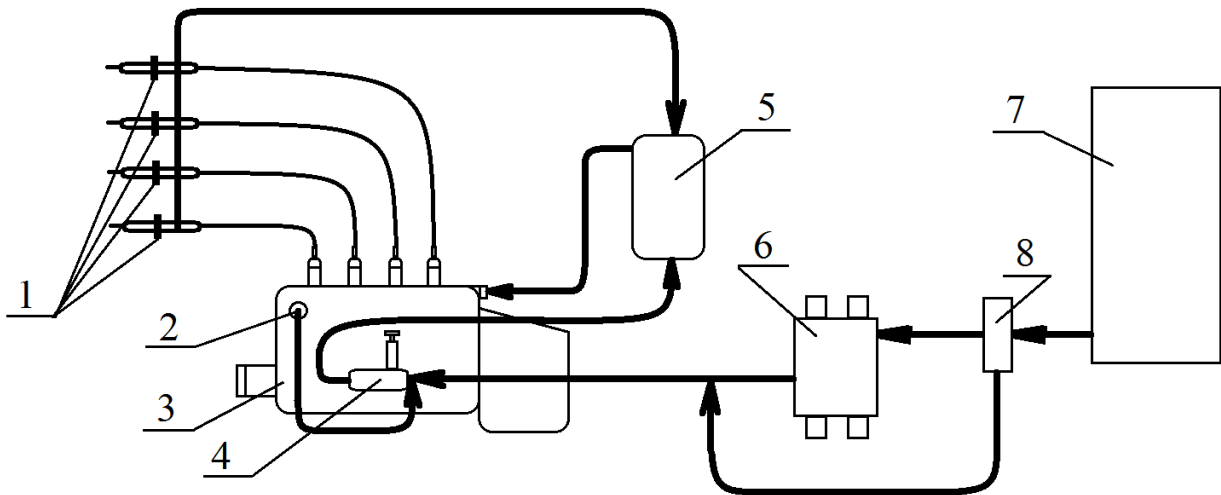


Рис. 2.4. Модель системи живлення ДВЗ (на паливному стенді ДД 10 - 01): 1 – форсунки; 2 – редукційний клапан ТНВД; 3 – ТНВД (паливний насос високого тиску); 4 – паливопідкачуючий насос (помпа); 5 - фільтр тонкої очистки палива; 6 – поршковий витратомір; 7 – мірна ємність; 8 – витратний кран.

Для виявлення впливу зазору на точність роботи вимірювальної системи "гільза - поршень", використовувалися три типорозмірні групи поршнів. При діаметрі гільзи 27,00 мм, діаметри поршнів складуть: $D_{n1}=26,85 \text{ мм}$; $D_{n2} = 26,70 \text{ мм}$; $D_{n3} = 26,55 \text{ мм}$, при однаковій довжині $l = 41 \text{ мм}$.

Загальний вигляд моделі системи живлення ДВЗ (на паливному стенді ДД 10 – 01) представлений рис. 2.5. Випробування проводилися з урахуванням рекомендацій з технічного обслуговування та ремонту паливної апаратури автотракторних дизелів, що регламентує методи стендових випробувань тракторних та комбайнових дизелів, наступним чином. Приводом паливного стенду задається необхідна частота обертання ПНВТ, при цьому важіль

керування подачею палива виведений у максимальне положення, до упору обмежувального гвинта і зафіксований. Паливо з мірної ємності подається в ПНВТ, минаючи витратомір. Потім при відкритті випускного крана паливо через витратомір направляється в ПНВТ. При цьому витратомір виконує 100 вимірювальних циклів, після чого видатковий кран закривається. Одночасно фіксується початковий та кінцевий об'єм у мірній ємності. Знаючи об'єм вимірювальної камери витратоміра (одного циклу), наприклад $\approx 25\text{см}^3$, при діаметрі гільзи 27,00 мм, для 100 вимірювальних циклів витратоміра розраховується теоретичний об'єм палива. Він порівнюється з фактичним об'ємом, витраченим із мірної ємності лабораторної установки. Далі здійснюється заповнення мірної ємності для наступного досліду. Число повторень досліду одному режимі витрати прийнято рівним трьом, з наступним усередненням під час обробки результатів досліду.

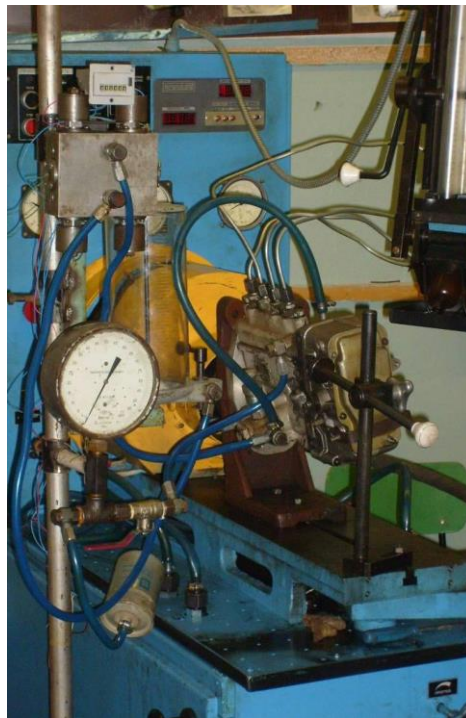


Рис. 2.5. Загальний вигляд моделі системи живлення ДВЗ (на паливному стенді ДД 10 - 01)

2.5. Випробування МГА, оснащеного поршневим витратоміром на барабанному стенді

У паливній системі низького тиску дизельного двигуна виникають пульсації, викликані роботою паливопідкачувального насоса (помпою). Крім того, на них накладаються пульсації викликані роботою секцій ПНВТ (паливного насоса високого тиску).

Для отримання інформації про характер руху палива в системі живлення дизельного двигуна та обґрунтування оптимального місця для встановлення поршневого витратоміра, були проведені дослідження за допомогою датчиків динамічного тиску рис. 2.6 та електронного осцилоскопа рис. 2.7 на тракторі МТЗ-82 з двигуном Д-240.

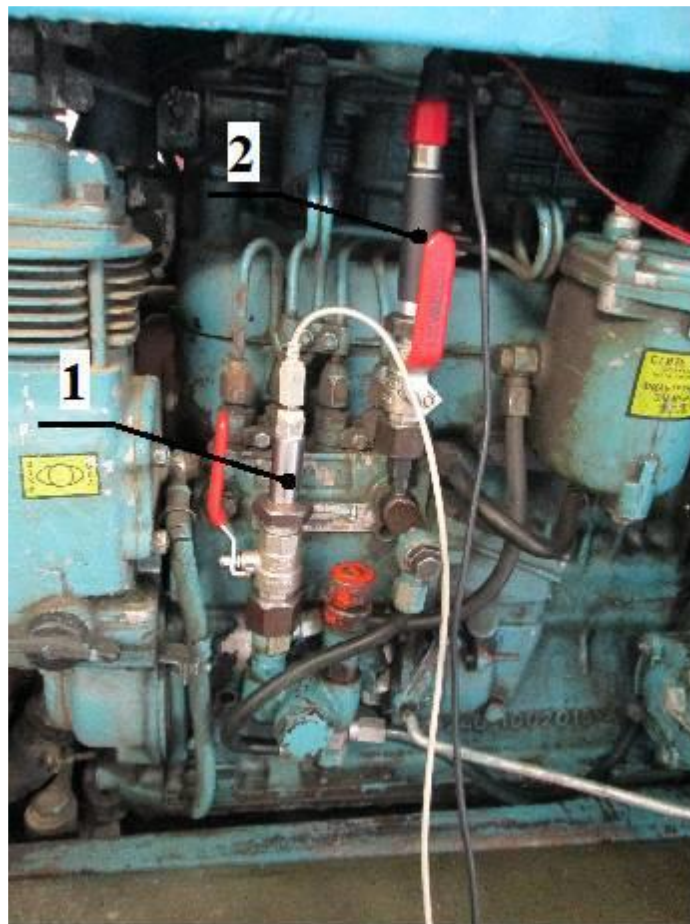


Рис. 2.6. Розташування датчиків динамічного тиску: 1 - на паливопідкачуючій помпі; 2 - у П - подібному каналі ПНВТ.



Рис. 2.7. Електронний осцилоскоп

Для прив'язки процесів, що відбуваються в системі живлення двигуна паливом, до положення колінчастого валу, використовувався датчик Холла рис. 2.8. Встановлений у оглядовий люк кожуха зчеплення рис. 2.9.



Рис. 2.8 Датчик Холла з кріпленням



Рис. 2.8. Установка датчика Холла в оглядовий люк кожуха зчеплення

Характеристики були записані на двигуні Д-240 трактора МТЗ-82, що має одноконтурну систему живлення паливом. Зміна оборотів двигуна проводилася від стійкого холостого ходу до 2000 хв^{-1} без навантаження на двигун (вхолосту). Всі діаграми мають одну і ту ж тимчасову розмірність, встановлену в 150 мс.

На рис. 2.10 наведено приклад фрагмента осцилограми вимірюваних параметрів при стійких оборотах холостого ходу двигуна Д-240, трактора МТЗ-82.

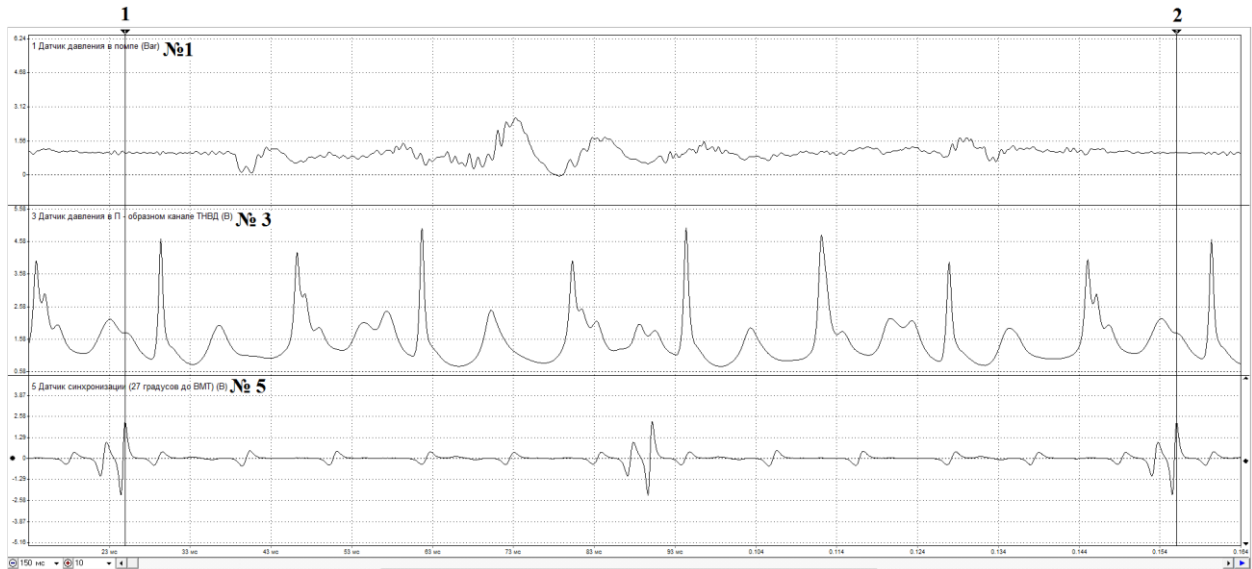


Рис. 2.10. Фрагмент осцилограми зміни тиску в системі живлення двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 700 \text{ хв}^{-1}$: № 1 - датчик тиску в pompі; № 3 – датчик тиску в П – подібному каналі ПНВТ; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ)

На першому каналі осцилоскопа (№ 1), зроблено запис зміни тиску на виході з паливопідкачувальної помпи (датчик 1). Він був у штатній комплектації осцилоскопа, відтарований разом з ним на заводі та видає фактичний тиск/розрядження у барах.

На третьому каналі осцилоскопа (№ 3), здійснено запис зміни тиску в П – образному каналі ПНВТ (датчик 2). Датчик не тарувався, тому показання тиску представлені у вольтах, а не в барах.

На п'ятому каналі осцилоскопа (№ 5), зроблено запис із датчика Холла. Він зазначає синхронізацію, тобто початок подачі палива до першого циліндра двигуна (260 до ВМТ). На осцилограмах вертикальними маркерами № 1 і № 2 відзначені межі одного циклу роботи двигуна (два повних обороти колінчастого валу).

Як показали дослідження динамічних процесів, в системі живлення паливом дизельного двигуна, чим далі розташована точка контролю параметрів від джерел динамічного збудження (ПНВТ і паливоподаючої помпи), тим

спокійніше протікає процес руху палива через цю точку. На рис. 2.11 показано місце встановлення датчика динамічного тиску на фільтрі грубої очистки палива.



Рис. 2.11. Місце установки датчика динамічного тиску на фільтрі грубої очистки при проведенні експериментів.

На рис. 2.12 представлений приклад осцилограми вимірних параметрів при стабільних обертах холостого ходу двигуна Д-240, трактора МТЗ-82.



Рис. 2.12. Фрагмент осцилограми зміни розрядження у фільтрі грубої очистки палива двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 700 \text{ хв}^{-1}$: № 1 – датчик тиску у фільтрі грубого очищення палива; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ)

Характеристики були записані на двигуні Д-240 трактора МТЗ-82, що має одноконтурну систему живлення паливом. Зміна оборотів двигуна проводилася

від стійкого холостого ходу до 2000 хв^{-1} без навантаження на двигун (вхолосту).
Всі діаграми мають одну і ту ж часову розмірність, встановлену в 150 мс.

На першому каналі осцилоскопа (№ 1) зроблено запис зміни розрядження у фільтрі грубого очищення палива двигуна Д-240. На п'ятому каналі осцилоскопа (№ 5) зроблено запис із датчика Холла. Він зазначає синхронізацію, тобто початок подачі палива до першого циліндра двигуна (260 до ВМТ). На осцилограмах вертикальними маркерами № 1 і № 2 відзначені межі одного циклу роботи двигуна (два повні обороти колінчастого валу). У правій частині діаграм показані значення контрольованих параметрів у точці перетину осцилограми з вертикальним маркером 1.

Для визначення експлуатаційних характеристик групи тракторів МТЗ-82 проведено дослідження із застосуванням засобів інструментального контролю на барабанному стенді КІ – 8937, з урахуванням рекомендацій ДСТУ. Трактор встановлюється на барабанний випробувальний стенд, електродвигун якого працює в режимі автономного генератора на резистивне навантаження. У КПП трактора включається 9-я передача і визначається частота обертання двигуна трактора (n_e) 1000 хв^{-1} або 1500 хв^{-1} . Контроль за частотою обертання здійснюється оптичним тахометром ДО-03-02. Для дослідження встановлюється розрахункова електрична потужність (P), яка теоретично (за розрахунками) має бути отримана при частоті обертання двигуна 1000 хв^{-1} та 1500 хв^{-1} . Електрична потужність навантаження визначається зміною опору резистивного навантаження (ступінчасто, грубо) і зміною струму збудження (плавно). При цьому фіксується фактична електрична потужність, що віддається в навантаження і фактична витрата палива (G_T). На рис. 2.13 – трактор МТЗ-82 із експериментальним поршнеvim витратоміром на барабанному стенді.



Рис. 2.13. Трактор МТЗ-82 на барабанному стенді

2.6 Випробування МТА з експериментальним поршневим витратоміром у польових умовах

Випробування поршневого витратоміра, як засобу індивідуального контролю МТА, здійснено при виконанні транспортних робіт трактором МТЗ-82 з причепом 2ПТС-6 та на оранці трактором Т-150К з плугом ППО – 4+1. При проведенні випробувань та оцінці ефективності використання МТА керувалися рекомендаціями ДСТУ, а також нормативно-довідковими матеріалами.

На рис. 2.14 трактор МТЗ-82 оснащений експериментальним поршневим витратоміром на транспортуванні органічних добрив. Трактор Т-150К з плугом ППО – 4+1, оснащений експериментальним поршневим витратоміром, на оранці представлений на рис. 2.15.



Рис. 2.14. Трактор МТЗ-82 на транспортуванні органічних добрив.



Рис. 2.15. Трактор Т-150К з плугом ППО-4+1

Висновки по розділу

В другому розділі магістерської роботи розроблено програму та методику експериментальних досліджень.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Дослідження роботи пристрою безперервного контролю витрати палива при фіксованих режимах завантаження трактора на випробувальному стенді

У паливній системі низького тиску дизельного двигуна виникають пульсації, спричинені роботою паливопідкачувального насоса (помпи). Крім того, на них накладаються пульсації, викликані роботою секцій ПНВТ (паливного насоса високого тиску). Як було зазначено вище, динамічні явища в паливній системі низького тиску дизельного двигуна викликають приріст відносної похибки вимірювання витрати палива.

Для зниження впливу динамічної складової відносної похибки вимірювання витрати палива необхідно визначити оптимальне місце установки витратоміра в систему живлення двигуна. Для отримання інформації про характер руху палива в системі живлення дизельного двигуна були проведені дослідження за допомогою датчиків динамічного тиску на тракторі МТЗ-82 з двигуном Д-240. Методика проведення експерименту представлена в 2 розділі, а розташування датчиків динамічного тиску на паливопідкачувальній pompі і ПНВТ. Параметри датчиків фіксувалися за допомогою електронного осцилоскопа DiaMag 2. Для прив'язки процесів, що відбуваються в системі живлення двигуна паливом до положення колінчастого валу, використовувався датчик Холла, встановлений у оглядовому люку кожуха зчеплення.

Характеристики записано на двигуні Д-240 трактора МТЗ-82, що має одноконтурну систему живлення паливом. Зміна оборотів двигуна проводилася від стійкого холостого ходу до 2000 хв^{-1} без навантаження на двигун. Усі діаграми рисунки 3.1...3.4 мають одну й ту саму тимчасову розмірність, встановлену 150 мс.

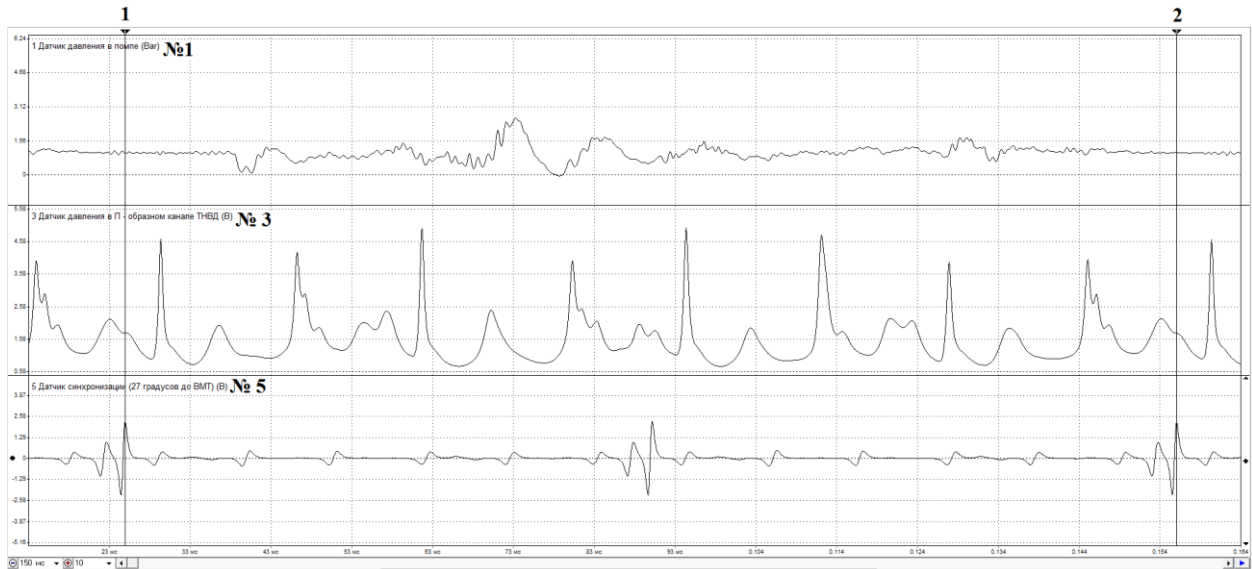


Рис. 3.1. Фрагмент осцилограми зміни тиску в системі живлення двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 700 \text{ хв}^{-1}$: № 1 - датчик тиску в помпі; № 3 – датчик тиску в П - подібному каналі ПНВТ; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ)

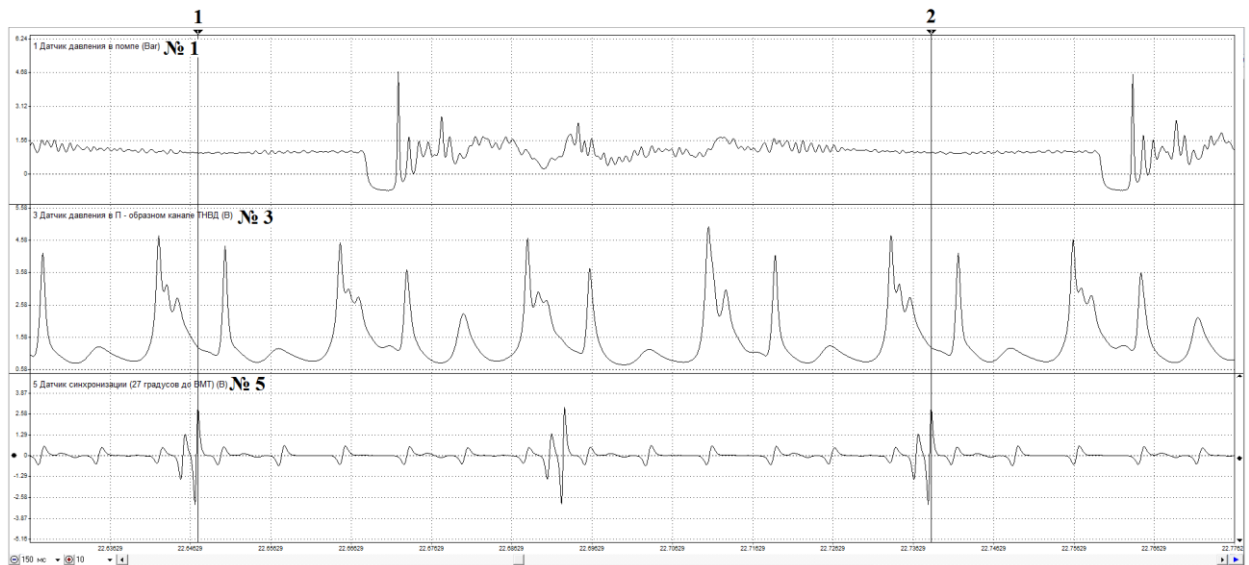


Рис. 3.2. Фрагмент осцилограми зміни тиску в системі живлення двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 1000 \text{ хв}^{-1}$: № 1 – датчик тиску в помпі; № 3 – датчик тиску в П - подібному каналі ПНВТ; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ)

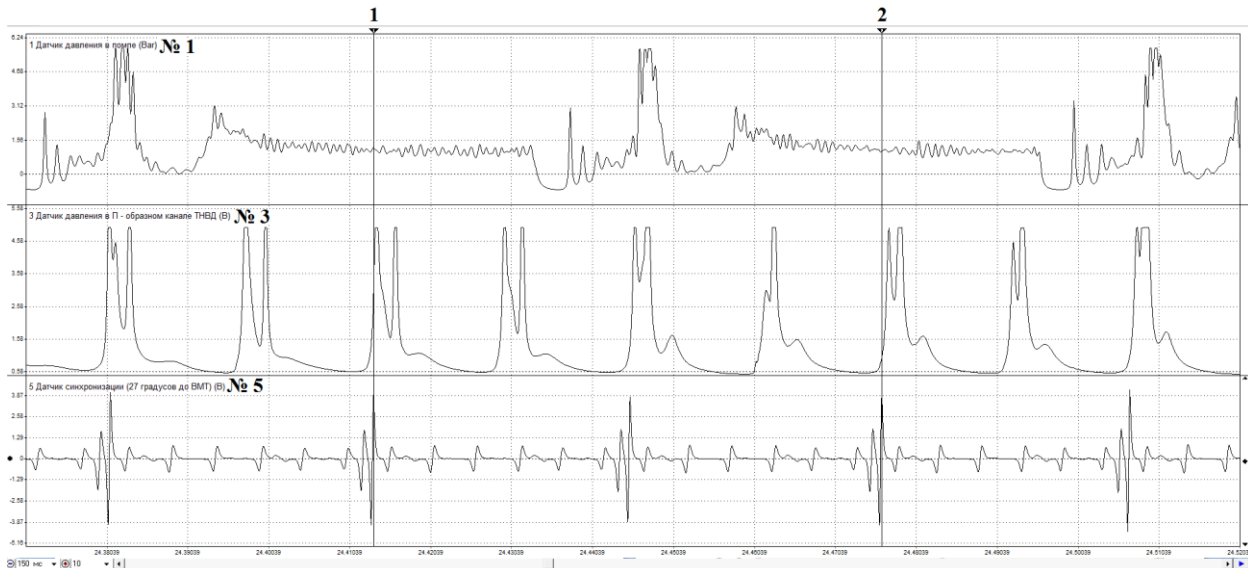


Рис. 3.3. Фрагмент осцилограми зміни тиску в системі живлення двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 1500 \text{ хв}^{-1}$: № 1 – датчик тиску в pompі; № 3 – датчик тиску в П - подібному каналі ПНВД; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ)

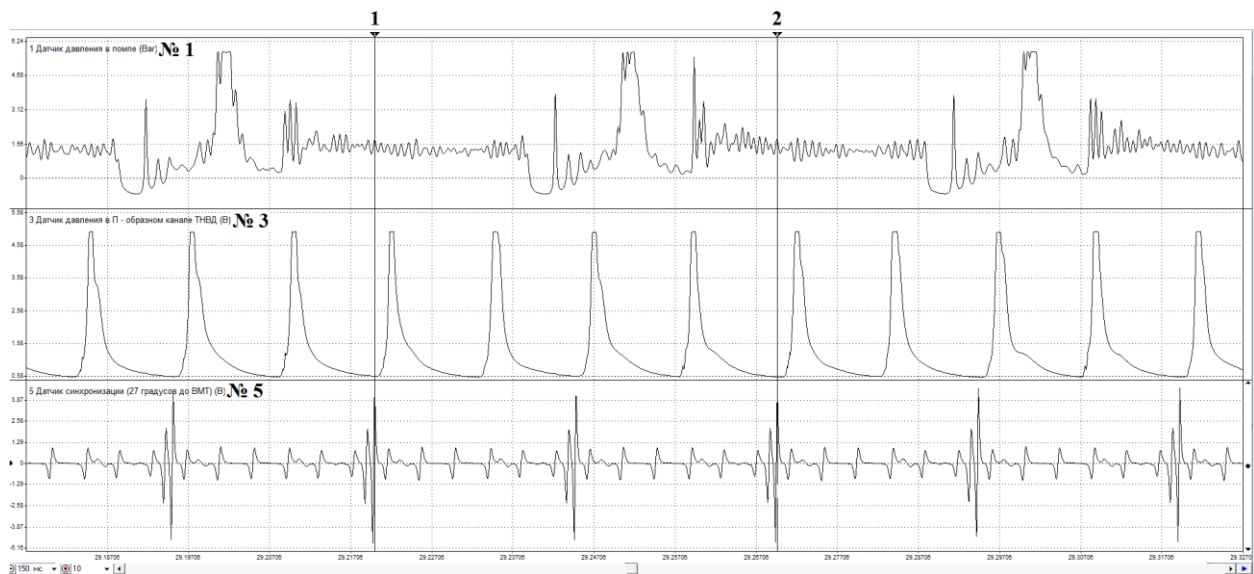


Рис. 3.4. Фрагмент осцилограми зміни тиску в системі живлення двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$: № 1 - датчик тиску в pompі; № 3 - датчик тиску в П - подібному каналі ПНВД; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ).

На першому каналі осцилоскопа (№1) зроблено запис зміни тиску на виході з паливопідкачувальної помпи (датчик 1). Він був у штатній комплектації осцилоскопа, відтарований разом з ним на заводі та видає фактичний

тиск/розрядження у барах. На третьому каналі осцилоскопа (№3) здійснено запис зміни тиску в П – образному каналі ПНВТ (датчик 2). Датчик не тарувався, тому показання тиску представлені у вольтах, а не в барах. На п'ятому каналі осцилоскопа (№5) зроблено запис із датчика Холла. Він зазначає синхронізацію, тобто початок подачі палива до першого циліндра двигуна (26° до ВМТ). На осцилограмах вертикальними маркерами № 1 і № 2 відзначені межі одного циклу роботи двигуна (два повні обороти колінчастого валу).

Як показали дослідження динамічних процесів у системі живлення паливом дизельного двигуна, чим далі розташована точка контролю параметрів від джерел динамічного обурення (ПНВТ та паливопідкачувальної помпи), тим спокійніше протікає процес руху палива через цю точку. Це можна пояснити демпферним ефектом фільтрів тонкої та грубої очистки палива та паливних магістралей. В розділі 3 вказано місце встановлення датчика динамічного тиску на фільтрі грубої очистки палива. Діаграми, отримані при різних частотах обертання колінчастого валу двигуна, представлені на рис. 3.5...3.8.



Рис. 3.5. Фрагмент осцилограми зміни розрядження у фільтрі грубої очистки палива двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 700$ хв⁻¹: № 1 – датчик тиску у фільтрі грубої очистки палива; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ)



Рис. 3.6. Фрагмент осцилограми зміни розрядження у фільтрі грубого очищення палива двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 1000$ хв⁻¹: № 1 – датчик тиску у фільтрі грубого очищення палива; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ)

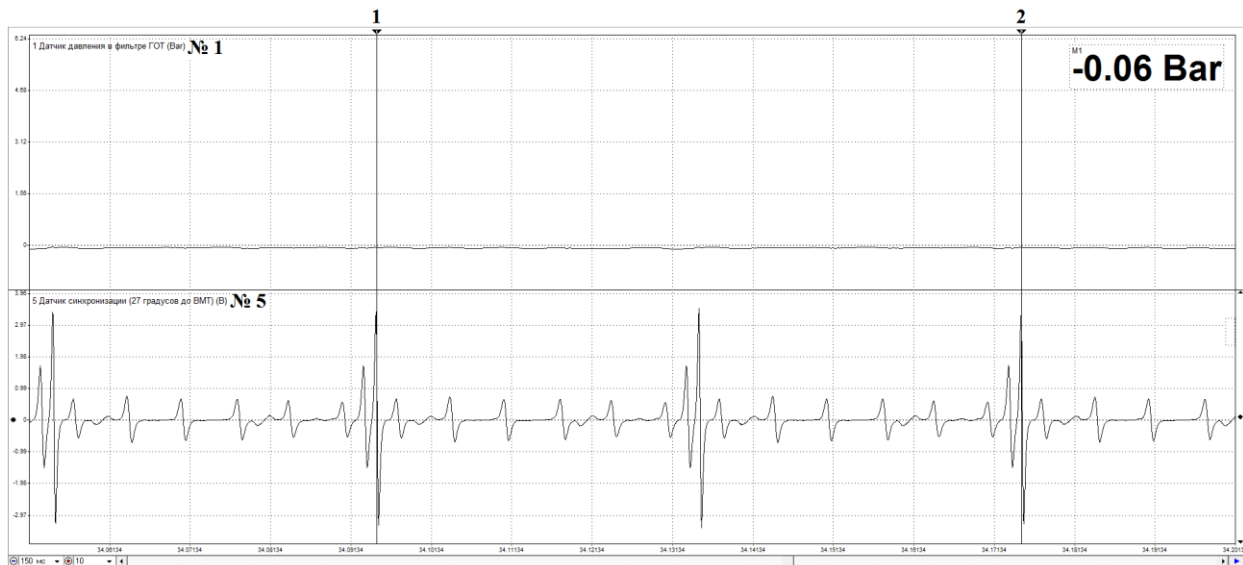


Рис. 3.7. Фрагмент осцилограми зміни розрядження у фільтрі грубої очистки палива двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 1500$ хв⁻¹: № 1 – датчик тиску у фільтрі грубої очистки палива; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ).

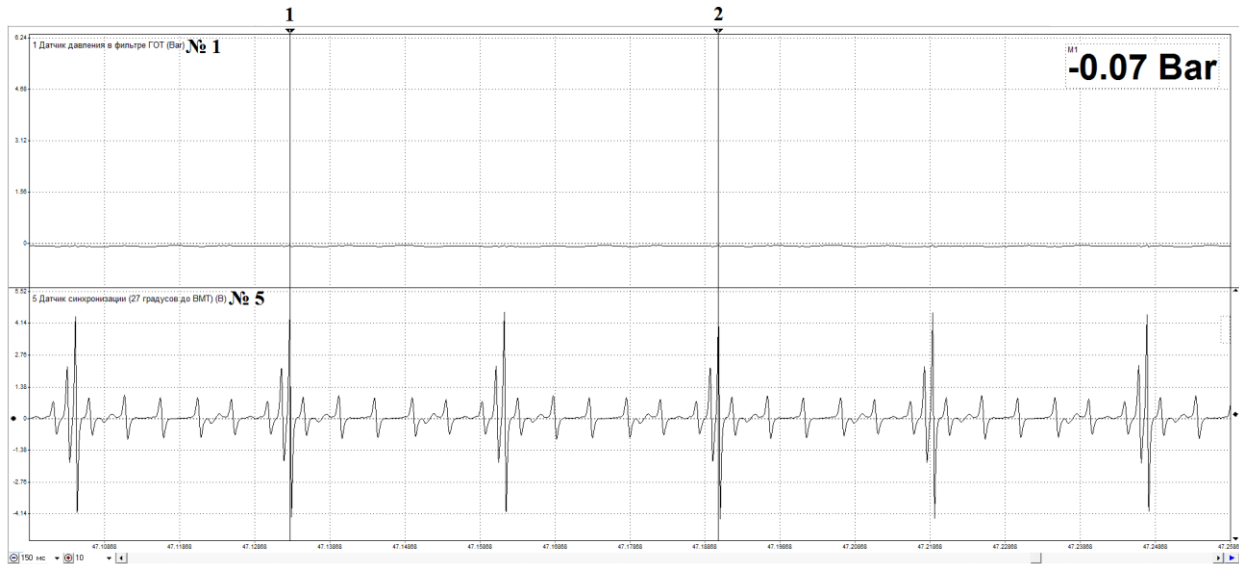


Рис. 3.8. Фрагмент осцилограми зміни розрядження у фільтрі грубої очистки палива двигуна Д-240, при частоті обертання колінчастого валу $n = 2000$ хв^{-1} : № 1 – датчик тиску у фільтрі грубої очистки палива; № 5 – датчик синхронізації (27 градусів до ВМТ).

Характеристики записано на двигуні Д-240 трактора МТЗ-82, що має одноконтурну систему живлення паливом. Зміна оборотів двигуна проводилася від стійкого холостого ходу до 2000 хв^{-1} без навантаження на двигун. Всі діаграми мають ту саму тимчасову розмірність, встановлену в 150 мс.

На першому каналі осцилоскопа (№ 1) зроблено запис зміни розрядження у фільтрі грубого очищення палива двигуна Д-240. На п'ятому каналі осцилоскопа (№ 5) зроблено запис із датчика Холла. Він зазначає синхронізацію, тобто початок подачі палива до першого циліндра двигуна (260 до ВМТ). На осцилограмах вертикальними маркерами № 1 і № 2 відзначені межі одного циклу роботи двигуна (два повні обороти колінчастого валу). У правій частині діаграм показані значення контрольованих параметрів у точці перетину осцилограми з вертикальним маркером 1.

Аналіз осцилограм дозволяє отримати наочне уявлення про характер руху палива у різних точках системи живлення паливом низького тиску двигуна Д-240. Якісну оцінку процесам дає вимірювання тиску/розрядження в різних точках системи. Середній тиск, виміряний на фільтрі тонкої очистки палива,

змінювалося в невеликих межах від 103 до 115 кПа, так як підтримується редукційним клапаном, встановленим в П - образному каналі ПНВТ. Збільшення розрядження на фільтрі грубого очищення палива обумовлено збільшенням витрати палива двигуном, зі зміною частоти обертання колінчастого валу. Збільшення амплітудних значень максимального тиску та максимального розрядження на паливо-підкачувальній pompі, також безпосередньо пов'язані зі зміною частоти обертання колінчастого валу двигуна, зважаючи на наявність жорсткого механічного зв'язку.

За результатами проведених експериментів, оптимальним місцем встановлення поршневого витратоміра в паливній системі є місце відразу за фільтром грубої очистки палива двигуна Д-240.

3.2 Дослідження роботи пристрою безперервного контролю витрати палива у складі МТА у польових умовах (на транспортних роботах та оранці)

Випробування поршневого витратоміра як засобу індивідуального контролю МТА на транспортних роботах були проведені в господарствах Житомирської області в період з 2021 по 2022 роки.

На графіку (рис. 3.9) представлені значення денних витрат палива трактором МТЗ-82 з причепом 2ПТС-6 на транспортуванні органічних добрив. Нормативні витрати пального розраховані бухгалтерією підприємства виходячи з обсягу виконаних транспортних робіт. Фактичну витрату палива отримано поршневим витратоміром.

Маршрут перевезення та тип вантажу за аналізований період ідентичні. Число виконаних рейсів за день змінювалося від 2 до 7. По осі абсцис відкладено дні роботи МТЗ-82 на транспортних роботах, по осі ординат витрат палива в літрах. Різниця між нормативною та фактичною витратою палива за аналізований період склала 5 %.

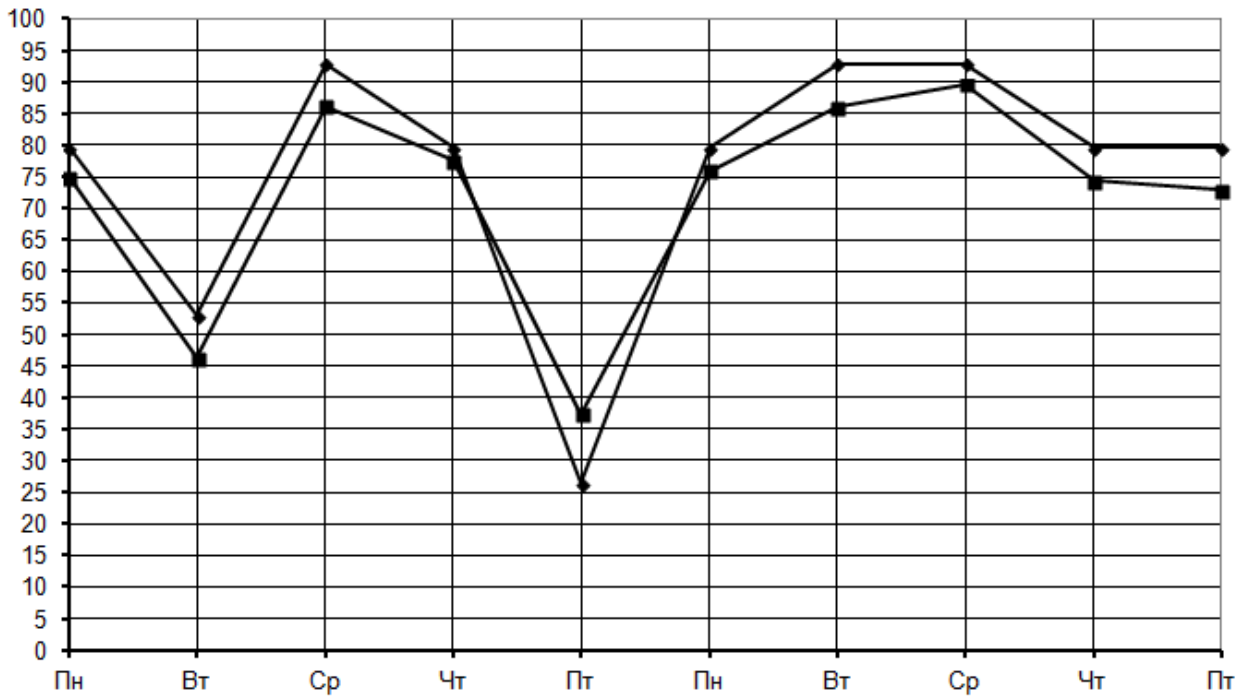


Рис. 3.9. Значення денних витрат палива трактором МТЗ-82 з причепом 2ПТС-6 на транспортуванні органічних добрив: нормативні витрати та фактичні витрати.

Установка поршневого витратоміра на трактор МТЗ-82 та трактор на транспортних роботах на рисунках 3.10 та 3.11.



Рис. 3.10 Установка поршневого витратоміра на трактор МТЗ-82



Рис. 3.11. Трактор МТЗ-81 з витратоміром на транспортних роботах

На графіку рис. 3.12 представлені значення денних витрат палива трактором МТЗ-80 з КТУ-10 на транспортних роботах з годівлі ВРХ. Нормативна витрата палива розрахована бухгалтерією підприємства виходячи з обсягу виконаних транспортні роботи. Фактичну витрату палива отримано поршневим витратоміром.

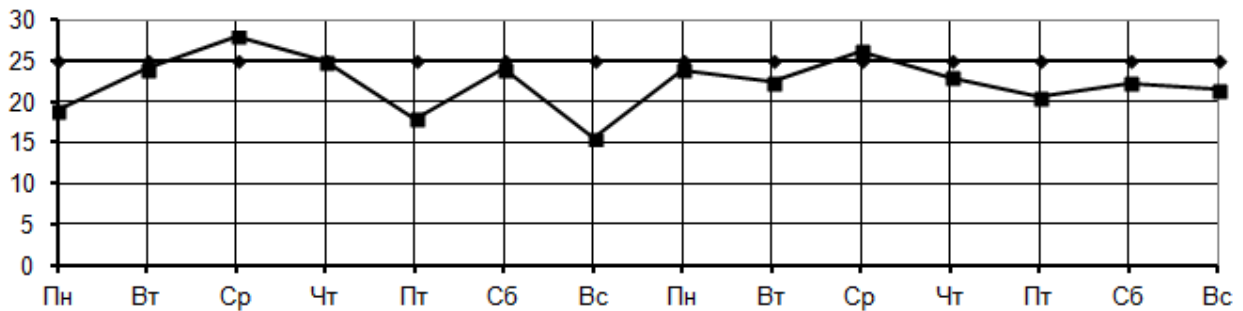


Рис. 3.12. Значення денних витрат палива трактором МТЗ-80 з КТУ-10 на транспортних роботах з годівлі ВРХ: нормативні витрати та фактичні витрати.

По осі абсцис відкладено дні роботи МТЗ-80 на транспортних роботах, по осі ординат витрата палива у літрах. Різниця між нормативною та фактичною витратою палива, за аналізований період склала 8 %.

Загальний вигляд трактора МТЗ-80 із кормороздавачем КТУ-10 представлений на рис. 3.13.



Рис. 3.13. Трактор МТЗ-80 с кормороздавачем КТУ-10.

Оранка є однією з найбільш енергоємних операцій в циклі сільськогосподарського виробництва. Оптимізація витрати ПММ за її виконанні одна із елементів зі зниження прямих витрат виробництва.

Випробування поршневого витратоміра, як засобу індивідуального контролю МТА під час оранки були проведені на тракторі Т-150К з плугом ППО – 4+1 (рис. 3.14). Оранка здійснювалася оборотним плугом ППО – 4+1 на глибину 27 см, довжина гону становила 700 метрів, агрофон поля – стерня зернових, площа поля 29,3 га.



Рис. 3.14. Трактор Т-150К з плугом ППО – 4+1 на оранці

Система живлення двигуна паливом приведена до одноконтурного (так званого «тупикового варіанта», без обернення в бак), з установкою витратоміра між фільтром грубої очистки і помпою (рис. 3.15).



Рис. 3.15. Установка поршневого витратоміра на трактор Т-150К

Як «бортовий комп'ютер» використаний велокомп'ютер AS-200, підключений паралельно до лічильника імпульсів витратоміра через тригер і гальванічну розв'язку. Прилад встановлений у кабіні і дозволяє зчитувати в режимі DST як фактичні витрати палива так і розрахункові (рис. 3.16).



Рис. 3.16. Установка AS-200 у кабіні трактора Т-150К

Нормативна витрата палива, прийнята у господарстві на оранці, становить 16,3 л/га. Фактичний на 0,8...2,3 л/га менше, залежно від конкретних ділянок поля та умов на них. Зниження витрати палива також зумовлено тим, що тракторист при виборі передач і швидкісного режиму при орані орієнтується не тільки на колір вихлопних газів і тон роботи двигуна але і на розрахункові показання AS-200.

Різниця між нормативною та фактичною витратою палива при оранні поля в 29,3 га склала 7,31%.

Висновки по розділу

Витрата палива є об'єктивним параметром для діагностики та оцінки експлуатаційних характеристик МТА, оскільки сукупний технічний стан систем та механізмів кожного трактора є індивідуальним. Внаслідок чого витрата палива різними тракторами при виконанні однотипних робіт у складі МТА також буде різною. Максимальна різниця у показаннях витрати палива становила 18%, при перевстановленні поршневого витратоміра з одного трактора на інший, на виконання однотипної роботи. При дослідженні трьох тракторів МТЗ-82 на барабанному стенді на фіксованих режимах завантаження витрата палива відрізнялася на 12,4%.

Виробничі випробування поршневого витратоміру проведені при виконанні сільськогосподарських робіт показують, що використання

поршневого витратоміру палива з відображенням поточної та сумарної витрати палива МТА на робочому місці тракториста, призводять до зниження витрати палива при виконанні сільськогосподарських операцій. Наприклад, різниця між розрахунковою витратою та фактичною на транспортних роботах склала 5 % у першому господарстві та 8 % у другому. На оранці різниця склала 7,31%.

Для ефективного використання при діагностиці та оцінці експлуатаційних характеристик МТА витрати палива необхідно проводити паспортизацію МТА із застосуванням засобів інструментального контролю, а також технічні засоби для відображення поточної та сумарної витрати палива на робочому місці тракториста.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі виконаних експериментальних досліджень досягнуто мети – підвищення ефективності експлуатації МТА, шляхом удосконалення методу та влаштування безперервного контролю витрати палива. За результатами досліджень можна зробити такі висновки:

1. Для отримання достовірних результатів про експлуатаційні параметри МТА кращим є використання засобів безпосереднього вимірювання витрати палива (витратомірів) перед засобами непрямого контролю, такими як облік витрати палива відповідно до прийнятих нормативів та показання тахоспідометра (роботоміру).

2. Дослідження проведені на МТЗ-82 із застосуванням засобів інструментального контролю показали, що витрата палива є об'єктивним параметром для діагностики та оцінки експлуатаційних характеристик тракторів, так як сукупний технічний стан систем і механізмів кожного трактора є індивідуальним.

3. Виробничі випробування поршневого витратоміра, проведені у господарствах Житомирської області при виконанні сільськогосподарських робіт показують, що використання поршневого витратоміру палива з відображенням поточної та сумарної витрати палива МТА на робочому місці тракториста, при виконанні операцій призводить до зниження витрат палива. Наприклад, різниця між розрахунковою витратою та фактичною на транспортних роботах склала 5 % у першому господарстві та 8 % у другому. На оранці різниця склала 7,31%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сацюк В.В. Експлуатація сільськогосподарських машин. Конспект лекцій. Луцьк: Луцький НТУ, 2013. 46 с.
2. Субочев О.І., Деркач О.Д., Остров І.Ф. Практикум з теорії технічної експлуатації машин. Навчальний посібник. Дніпро: Дніпровський державний аграрно-економічний університет. Літограф, 2017. 130 с.
3. Субочев О.І., Деркач О.Д., Остров І.Ф. Практикум з теорії технічної експлуатації машин. Дніпро: Дніпровський державний аграрно-економічний університет; Літограф, 2017. 130 с.
4. Практикум із машиновикористування в рослинництві. Навчальний посібник / А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський, В.В. Марченко, В.Л. Гуз, І.М. Грищенко. Київ : Кондор, 2004. 284 с.
5. Оляднічук Р.В., Мелентьєв О.Б. Експлуатація машин і обладнання. Методичні вказівки. Умань: Уманський національний університет садівництва (УНУС). 2020. 118 с.
6. Матвієнко О.О., Крилов О.В. Теоретичні основи експлуатації сільськогосподарської техніки. Методичні вказівки. Кропивницький: Центральноукраїнський національний технічний університет (ЦНТУ), 2018. 105 с.
7. Бешун О.А. (упор.) Трактори і автомобілі. Розділ 2. Основи теорії двигунів, тракторів і автомобілів. Київ: Національний університет біоресурсів і природокористування України (НУБіП України), 2019. 73 с.
8. Петров П.В., Посполітак Т.Є., Юркевич Є.О. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур. Київ : Аграрна освіта, 2009. 268 с.
9. Кубіч В.І., Щербина А.В. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни Експлуатація та обслуговування машин. Запоріжжя: ЗНТУ, 2014. 274 с.

10. Анісімов В.Ф., П'ясецький А.А. Паливні системи автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання. Методичні вказівки. Вінниця: ВНАУ, 2013. 242 с.

11. Сахно В.П., Безбородова Г.Б., та ін. Автомобілі. Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність. Навч. посібник. Київ: В-во КВІЦ, 2004, 174 с.

12. Довжик М.Я., Зубко В.М. Машини та обладнання АПК. «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі» денної форми навчання / Суми: Сумський національний аграрний університет, 2011 р. 384 с.

13. Коваленко В.М. Діагностика і технологія ремонту автомобілів. Підручник. Київ: Літера ЛТД, 2017. 224 с.

14. Дацюк Л.М. Трактори і автомобілі. Частина 3. Луцьк: Луцький НТУ, 2014. 68 с.

15. Анісімов В.Ф., П'ясецький А.А. Випробування автотракторних дизельних двигунів внутрішнього згорання. Методичні вказівки. Вінниця: ВНАУ, 2013. 237с.

16. Куликівський В.Л, Губерт А.С. Лабораторна установка для випробування поршневого витратоміра в ламінарному потоці. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики «НАУКОВІ ЧИТАННЯ – 2022» 20 травня 2022 року Житомир: Поліський національний університет, 2022. С. 16-18.

17. Куликівський В.Л, Губерт А.С. Експлуатаційні параметри МТА як об'єкт контролю. *Збірник тез доповідей XXIII Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки"* (16–18 жовтня 2022 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Житомир. 2022.С. 293-294.

18. **Губерт А.С.** Огляд технічних засобів індивідуального контролю витрати палива енергозасобом МТА. *Збірник тез VII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 31 березня 2021 року, м. Житомир. С. 240-243.