

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

**Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису**

**Савчук Володимир Андрійович**

**УДК 631.173**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**ОПЕРАТИВНИЙ КОНТРОЛЬ ВТРАТ ПАЛИВО-  
МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ТЕХНІЧНОМУ  
ОБСЛУГОВУВАНІ ТРАКТОРІВ**

**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

\_\_\_\_\_ Савчук В.А.

**Керівник роботи**

**Савченко В.М.**

**кандидат технічних наук, доцент**

**Житомир – 2023**

## АНОТАЦІЯ

**Савчук Володимир Андрійович. Оперативний контроль втрат паливо-мастильних матеріалів при технічному обслуговуванні тракторів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В магістерській роботі розроблено методи оцінки втрат ПММ із застосуванням обраних засобів їх контролю: один з них – на основі вимірювання втрат за питомою масою ПММ у плямі на екрані; інший – за зміною маси екрана.

Встановлено, що середні втрати ПММ за цикл ТО тракторів (1000 мотогодин) становлять: по МТЗ-80 – 1170 г; МТЗ-1221 – 1195 г; К-700 – 1445 г; ДТ-75 – 2321 г.

Виробнича перевірка основних результатів досліджень було здійснено в умовах аграрних підприємствах Житомирської області у 2022-2023 роках. Отримано статистичні дані для оцінки величини втрат ПММ і коефіцієнтів визначення втрат ПММ під час ТО тракторів МТЗ-80, МТЗ-1221, К-744 і ДТ-75.

Проведено статистичну оцінку математичної моделі за коефіцієнтом, отриманим на основі порівняння показників контрольованих тракторів (МТЗ-1221, К-700, ДТ-75) і їхнього аналога з найменшими втратами ПММ під час ТО (МТЗ-80). Закон розподілу коефіцієнта втрат ПММ за критерієм Пірсона  $P(\chi^2)$  – нормальний; відносна помилка його визначення – не більше 5 % (4,6 %) при довірчій ймовірності  $\alpha$ , що дорівнює 0,95. Встановлено, що відносна похибка розрахункового методу стосовно розрахунково-експериментального не перевищує 8 % (7,7 %).

*Ключові слова:* паливо-мастильні матеріали, втрати, технічне обслуговування, трактор, ремонт.

## ANNOTATION

**Savchuk Volodymyr Andriyovych. Operational control of fuel and lubricants losses during tractor maintenance.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering.  
– Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

The master's thesis developed methods for assessing fuel and lubricant losses using selected means of their control: one of them is based on measuring losses by the specific gravity of fuel and lubricants in the screen spot; the other is based on the change in screen weight.

It was established that the average fuel and lubricant losses per tractor maintenance cycle (1000 man-hours) are: for MTZ-80 - 1170 g; MTZ-1221 - 1195 g; K-700 - 1445 g; DT-75 - 2321 g.

The production verification of the main research results was carried out in the conditions of agricultural enterprises of Zhytomyr region in 2022-2023. Statistical data were obtained to estimate the amount of fuel and lubricant losses and the coefficients for determining fuel and lubricant losses during the maintenance of MTZ-80, MTZ-1221, K-744, and DT-75 tractors.

A statistical evaluation of the mathematical model was carried out by the coefficient obtained on the basis of comparing the indicators of the controlled tractors (MTZ-1221, K-700, DT-75) and their analog with the lowest fuel and lubricant losses during maintenance (MTZ-80). The law of distribution of the coefficient of fuel and lubricant losses according to Pearson's criterion  $P(\chi^2)$  - is normal; the relative error of its determination is no more than 5 % (4.6 %) with a confidence level  $\alpha$  equal to 0.95. It has been established that the relative error of the calculated method in relation to the calculated-experimental method does not exceed 8 % (7.7 %).

*Keywords: cleaning, cleaning solution, concentration, contamination, repair.*

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                                                                                                     | 5  |
| РОЗДІЛ 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ВТРАТ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ<br>ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ВТРАТ ПАЛИВНО-<br>МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ<br>ТРАКТОРІВ..... | 8  |
| РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО<br>ДОСЛІДЖЕННЯ. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                                                                                  | 16 |
| РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....                                                                                                                                         | 35 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                                                                                                                                  | 52 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                                                                                                                                                | 53 |

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** У структурі собівартості продукції АПК близько 50% - це витрати на експлуатацію машинно-тракторного парку (МТП), у структурі втрат від 5 до 10 % припадає на паливно-мастильні матеріали (ПММ). Отже, зниження витрат праці та коштів на забезпечення працездатності МТП є актуальним.

Упродовж багатьох років цю проблему розв'язують за різними напрямками, один із них - зниження втрат на паливно-мастильні матеріали під час технічного обслуговування (ТО) тракторів. Втрати ПММ під час ТО тракторів – це витрати ПММ, які не передбачені посібником з експлуатації, але можуть бути в разі відмови людино-машинної системи. Вони призводять до додаткових витрат ПММ на ТО, витрат праці на усунення наслідків відмов, а також до втрат від простоїв тракторів під час усунення наслідків відмов.

Нині облік втрат ПММ під час ТО тракторів не проводиться, а їхня кількість невідома. Крім цього, у науково-технічній літературі відсутні дані, що регламентують втрати ПММ. Тому виникає необхідність контролю величини втрат ПММ, що спрямовано як на їх зниження, так і на поліпшення якості ТО. Однак до теперішнього часу інженерно-технічні служби господарств АПК не мають у своєму розпорядженні відповідні способи і методи контролю. У зв'язку з цим дослідження з обґрунтування способів і методів оцінки контролю втрат ПММ під час ТО тракторів є актуальними, мають наукове і практичне значення для АПК.

**Об'єкт дослідження** – процес оперативного контролю втрат ПММ під час технічного обслуговування тракторів.

**Предмет дослідження** – залежності процесу оперативного контролю втрат ПММ під час технічного обслуговування тракторів.

Як гіпотезу прийнято припущення про те, що зниження втрат ПММ під час ТО тракторів можливе завдяки оперативному застосуванню вдосконалених методів і технічних засобів їх вимірювання.

**Метою** роботи є скорочення втрат ПММ за рахунок застосування оперативного контролю під час технічного обслуговування тракторів з використанням удосконалених методів і технічних засобів.

У зв'язку з поставленою метою в цій роботі вирішувалися такі науково-практичні завдання:

- обґрунтувати та розробити метод оперативного контролю втрат ПММ під час ТО тракторів і технічні засоби для його здійснення;
- провести виробничу перевірку основних результатів досліджень та оцінити ефективність їх застосування.

**Методи наукового дослідження.** Дослідження проводилися на основі застосування методів кореляційного та регресійного аналізу, математичного моделювання, теорії планування експериментів, теорії ймовірностей і математичної статистики.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко В., **Савчук В.** Класифікація втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 401-403.

2. Савченко В., **Савчук В.** , Марусенко Д.Г. Розробка способів оперативного контролю величини втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-24 листопада 2023 р.)*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 245-251

3. Савчук В.А. Методи та засоби обліку втрат паливно-мастильних матеріалів в процесі технічного обслуговування. *Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р.* Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 51-53.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для виробництва представляє розроблені методи оперативного контролю втрат ПММ під час ТО тракторів і технічні засоби для їх здійснення.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 54 сторінки комп'ютерного тексту, містить 11 рисунків і 13 таблиць.

## РОЗДІЛ 1

### КЛАСИФІКАЦІЯ ВТРАТ ПАЛИВНО-МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ВТРАТ ПАЛИВНО- МАСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТРАКТОРІВ

Під втратами ПММ під час технічного обслуговування (ТО) тракторів слід розуміти такі втрати, що зумовлені порушенням технічних вимог до виконання мастильно-заправних операцій (МЗО), які призводять до їх розливу [19].

Нехай ТО тракторів виконують у повній відповідності до керівництва з експлуатації (КЕ), що вимагає ДСТУ. При цьому витрата ПММ також відповідає КЕ. У разі відмови системи "людина-машина-засіб обслуговування" (ЛМЗ) вимоги КЕ порушуються і, як наслідок, виникають втрати ПММ. Втрати ПММ під час ТО тракторів - це витрати ПММ під час ТО, які не передбачені посібником з експлуатації тракторів, але можуть бути в разі відмови людино-машинної системи. Відмова ЛМЗ під час ТО - це подія, внаслідок якої виникають втрати ПММ у будь-якій формі. Загальну класифікацію втрат ПММ під час ТО представлено на рис. 1.1 [19].

Загальна витрата ПММ під час ТО тракторів представлена двома блоками: перший - витрата ПММ відповідно до КЕ; другий - втрати ПММ у разі відмови ЛМЗ [19].

Втрати ПММ під час доливання і заміни оливи в агрегатах тракторів. Обсяг ПММ, що заправляються в картери за цикл ТО (1000 мотогод.) при обслуговуванні основних марок тракторів, які використовуються в АПК Житомирської області, наведено в таблиці 1.1. Характеристики заправних ємностей відповідають КЕ тракторів, без урахування витрати мастил на долив, і пов'язані з періодичністю ТО-1 і ТО-2. З даних таблиці впливає на трактор К-744 - 276,5 л, на МТЗ-1221 - 121,6 л, на МТЗ-80 - 90,5 л. Середня витрата мастил

за цикл ТО (за річного напрацювання 1000 мотогод.) із розрахунку на один трактор за цими марками – 148 л [19].

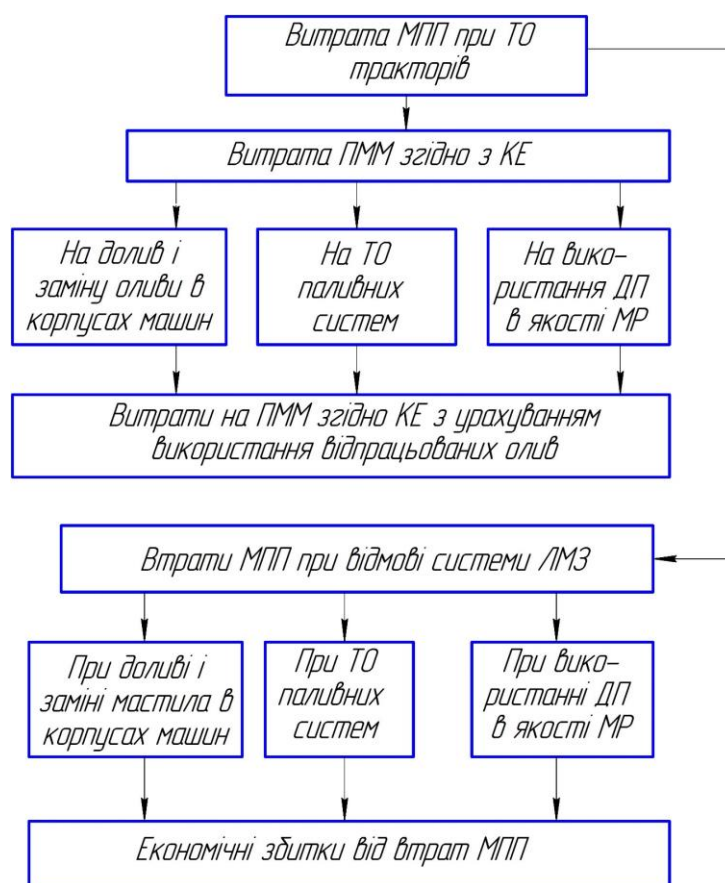


Рис. 1.1. Аналіз витрат паливно-мастильних матеріалів (ПММ) під час технічного обслуговування (ТО) тракторів: ДП – дизельне паливо; МР – мийна рідина; МЗЗ - мастильно-заправні засоби (інші позначення в тексті) [19].

Таблиця 1.1 – Обсяг заправних ємностей тракторів [19].

| Найменування заправної ємності | Об'єм, що заправляється під час технічного обслуговування тракторів, л: |          |        |        |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------|--------|--------|
|                                | МТЗ-80                                                                  | МТЗ-1221 | К-700  | ДТ-75  |
| Двигун                         | 16,0×2                                                                  | 22,0×2   | 32,0×2 | 22,0×2 |
| Картери трансмісії             | 41,0                                                                    | 53,6     | 38,5   | 33,6   |
| Бак гідросистеми               | 21,5                                                                    | 26,0     | 176,0  | 28,0   |
| Всього:                        | 91,5                                                                    | 122,6    | 277,5  | 104,5  |

З урахуванням значного обсягу робочих рідин (трансмісійних і моторних олив), що заповнюються і замінюються, під час ТО істотно виникає ризик їхніх втрат. До основних робочих рідин використання, згідно з хімітологічною картою тракторів, належать: для ДВЗ товарні моторні оливи групи експлуатаційної придатності М8Г<sub>2</sub>, М10Г<sub>2</sub>, М8Г<sub>2К</sub>, М10Г<sub>2К</sub>; для механічної

трансмисії оливи групи експлуатаційної придатності ТС<sub>П</sub>-15К, ТА<sub>П</sub>-15КВ, ТЕ<sub>П</sub>-15; для гідросистеми оливи групи експлуатаційної придатності МГ8-8А, МГЕ-46В [19].

Втрати ПММ під час операцій ТО (заповнення втрачених робочих рідин або їхньої заміни) внаслідок недосконалості конструкції та системи контролю заправного пристрою можуть становити від 2 до 5 літрів на 100 літрів заправляваних робочих рідин [19].

Втрати ПММ під час ТО паливних систем. Ці операції включають злив відстою палива з паливних фільтрів грубого і тонкого очищення і з паливних баків. Злив відстою супроводжується втратами палива, здебільшого, через його проливання поза приймальним пристроєм або під час його переливу в спеціальну ємність. Крім того, після промивання фільтра грубого очищення палива і заміни фільтрувальних елементів паливного фільтра тонкого очищення порушується герметичність паливної системи, що також супроводжується його втратами. На підставі даних дослідження кількість палива, що зливається, становить від 14 до 100 літрів, що відображено в табл. 1.2 [19].

Таблиця 1.2 – Об'єм палива, що зливається під час ТО тракторів[19].

| Марка трактора | Об'єм палива, л: |      |      |      |        | За цикл: |          |
|----------------|------------------|------|------|------|--------|----------|----------|
|                | ФГО              | ФТО  | ПБ   | ПК   | Всього | частота  | об'єм, л |
| К-700          | 1,29             | 0,55 | 4,02 | 0,51 | 6,33   | 17       | 102,12   |
| Т-150          | 1,18             | 0,81 | 2,01 | 0,51 | 4,48   | 5        | 18,89    |
| ДТ-75          | 0,61             | 0,81 | 2,01 | 0,51 | 3,91   | 17       | 64,40    |
| МТЗ-82         | 0,48             | 0,73 | 2,01 | 0,51 | 3,71   | 5        | 15,77    |

Позначення: ФГО, ФТО – фільтри грубого і тонкого очищення палива, ПБ – паливний бак, ПК – прокачування палива (видалення повітря з паливоподачі)

Втрати ПММ під час використання дизельного палива як мийної рідини - під час очисних і мийних операцій ТО. До них відносяться операції, наприклад, з очищення та миття ротора відцентрового масляного фільтра дизеля, фільтра грубого очищення палива (МТЗ-80, МТЗ-1221), фільтроелементів гідравлічних систем та ін. У стаціонарних умовах мийку цих деталей здійснюють у ванні з дизельним паливом. У польових умовах, під час використання пересувних агрегатів ТО, цю операцію виконують також у відкритій ванні, що є складовою

частиною цього агрегату. Названа ванна знизу оснащена зливним отвором, що закривається пробкою, через який на завершення роботи зливають рідину в каністру. Представлені технології не виключають втрат дизельного палива у вигляді його протоки, вихлюпування з ванни або розбризкування [19].

Втрати ПММ під час ТО тракторів неприпустимі. Однак здійснити це практично вельми складно: по-перше, внаслідок недостатньої надійності пристроїв (їхні відмови неминучі з об'єктивних причин), по-друге, через недостатню пристосованість тракторів до проведення ТО в польових умовах, по-третє, через низьку технічну культуру оператора, і, по-четверте, через невідповідність умов праці.

Збиток від втрат ПММ виражений цільовою функцією

$$Y_{\text{ПММ}}(Y_{\text{М}}, Y_{\text{П}}) = Y_{\text{П}} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де  $Y_{\text{ПММ}}$  - сумарний збиток від втрат ПММ під час ТО тракторів;

$Y_{\text{М}}, Y_{\text{П}}$  - збитки у зв'язку з втратами ПММ, усуненням наслідків відмов.

Таким чином, втрати ПММ у процесі ТО тракторів можуть бути під час доливання і заміни оливи в агрегатах тракторів, під час ТО паливних систем. Вони зумовлені відмовами людино-машинної системи, які призводять до збитків у зв'язку з втратами ПММ, усуненням наслідків відмов.

Також відсутні або недостовірні, або мають застарілі значення: нормативно-технічні дані щодо обсягу втрат ПММ під час ТО; методики і технічні засоби оперативного контролю втрат ПММ. Відповідно потрібне їх коригування і на підставі статистичних даних обґрунтування допустимих втрат під час ТО.

Удосконалення технологій і технічних засобів ТО тракторів розглянуто в багатьох роботах. В.А. Аллілуєва, Г.В. Веденяпіна, С.А. Іофінова, О.В. Ленського, В.М. Лівшиця, В.М. Міхліна, М.С. Пасєчнікова, О.І. Селіванова, О.П. Соломкіна, К.Ю. Скібневського, І.П. Терських, С.С. Черепанова, В.І. Чорноіванова та ін. Значний внесок у розробку технології ТО внесли: В.В. Альт, Д.М. Воронін, І.П. Добролюбов, О.П. Картошкін, Г.М. Крохта, Л.І. Кушнар'ов,

С.Л. Нікітченко, С.П. Озорнин, О.М. Плаксін, П.В. Привалов, Є.А. Пучін, Г.В. Редреєв, В.О. Семьйкін, О.П. Уткін, М.М. Хмелевой та ін.

Нині не повною мірою узагальнено досвід технологічних засобів оперативного контролю під час проведення ТО тракторів. Оскільки ПММ у вигляді втрат надходять у навколишнє середовище, то виникає необхідність їхнього врахування при оцінці якості ТО тракторів. Тому надалі братимемо до уваги й такі НІР, які стосуються питань екології у зв'язку із застосуванням ПММ під час ТО тракторів.

У роботі А. П. Уткіна було присвячено створенню вбудованих засобів контролю рівня в масляних корпусах різних систем тракторів ДТ-75 і К-701. Ці засоби являли собою прозорі рівнеміри з вимірювальними шкалами, виконані з оргскла і вбудовані в корпуси тракторів або гідробаки гідравлічних систем. Вони давали змогу візуально контролювати рівень оливи в корпусах тракторів: без порушення їхньої герметичності. Крім того, автором цієї роботи було запропоновано датчики відстою палива з індикатором на воду у фільтрах-відстійниках системи живлення дизельних двигунів. Недоліком таких засобів є відносно низька достовірність оцінки втрат ПММ. Водночас слід зазначити, що вбудовані найпростіші прилади контролю, запропоновані О. П. Уткіним, є невід'ємною частиною конструкції агрегатів тракторів вітчизняних і зарубіжних тракторів.

В основу технічної експлуатації тракторів покладено концепцію ресурсозбереження, зокрема МПП. У роботі викладено вимоги до паливної економічності тракторів і методи її забезпечення.

В.І. Черноівановим запропоновано концепцію щодо вдосконалення нормативів з обліку втрат ПММ під час ТО тракторів. У роботі досить докладно розглянуто і систематизовано питання обліку та оперативного контролю втрат ПММ під час ТО тракторів і ремонту в сільському господарстві.

В. М. Хабардіним уперше було сформульовано концепцію якості ТО тракторів з урахуванням використання та контролю ПММ.

М.В. Петренко запропонував стратегію чистого виробництва. Однак в Україні ця стратегія поки що не є складовою частиною технічної політики.

Аналіз публікацій показав, що в сучасних умовах інтенсивно розвиваються процеси ТО тракторів: діагностування під час обслуговування тракторів; умови праці оператора - друге місце; засоби ТО - третє місце; технологія ТО - четверте місце; далі - використання ПММ під час ТО тракторів.

Втрати паливно-мастильних матеріалів (ПММ) – здебільшого свіжі мастила, а також дизельне пальне - це та їхня частина, що в процесі ТО з різних причин надходить у навколишнє середовище [21].

Під методом зазвичай розуміють форму реалізації способу. При цьому спосіб – це цілеспрямований процес впливу на матеріальний об'єкт, здійснюваний за допомогою матеріальних об'єктів [21].

Засоби обліку втрат ПММ - це пристрої для фіксування ПММ і визначення їхньої кількості [21].

Нині в теорії та практиці технічної експлуатації тракторів питанням визначення, обліку та оцінки втрат ПММ під час ТО тракторів приділено недостатньо уваги. Це обумовлено тим, що потрапляння нафтопродуктів на ґрунт не допускається і, отже, втрат ПММ не повинно бути зовсім. Однак виключити ці втрати неможливо з цілої низки причин [21].

Одним із методів обліку втрат ПММ на практиці є візуальний метод, за якого втрати ПММ фіксують за фактом їхнього протікання поза заправною або зливною лійкою, а також за наявністю плям нафтопродуктів на основі або майданчику для ТО [21].

Оскільки ПММ у вигляді втрат надходять у навколишнє середовище, то виникає необхідність їхнього врахування під час оцінювання якості ТО тракторів за комплексними показниками [21].

Відомий спосіб визначення втрат ПММ полягає в тому, що матеріал, який використовується під час ТО тракторів, фіксують на екран, розміщений під цим трактором. Після проведення ТО проводять оцінку наявності плям на екрані, що

утворилися від потрапляння на нього матеріалів під час обслуговування. При цьому знаходять сумарну масу матеріалів на екрані, за якою потім визначають сумарні втрати ПММ під час ТО [21].

На рис. 1.2 схема ілюструє спосіб визначення втрат ПММ під час ТО тракторів.

Цей спосіб може бути здійснений у стаціонарних умовах або ремонтних майстернях [21].

Сутність способу полягає в такому.

На майданчик ТО встановлюють трактор 3, під який розташовують екран 2. Проводять ТО тракторів. На завершення обслуговування знімають екран 2. Проводять оцінку наявності плям на екрані, що утворилися від потрапляння на нього ПММ під час обслуговування тракторів. При цьому всі плями підрозділяють по відношенню до матеріалів, наприклад, до бензину, дизельного пального, мастила моторного і трансмісійного, до охолоджувальної рідини, електроліту. Потім планіметром вимірюють площу цих плям [21].

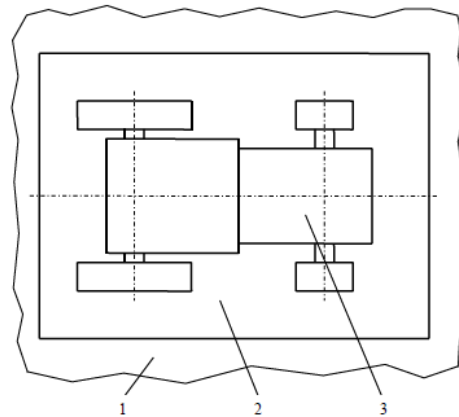


Рис. 1.2. Ілюстрація способів визначення втрат ПММ під час ТО тракторів та пристрою (екрану) для їх здійснення: 1 – основа; 2 – екран; 3 – трактор [21].

У результаті знаходять сумарну масу матеріалів на екрані за формулою:

$$Q_M = \sum_{i=1}^k S_{Ci} q_{Mi}, \quad (1.2)$$

де  $Q_M$  - сумарна маса матеріалів на екрані, кг;

$Sc_i$  – сумарна площа плям і-того матеріалу (бензину, дизельного палива, мастила, охолоджувальної рідини, електроліту),  $m^2$ ;

$qm_i$  – маса і-того матеріалу в плямі в розрахунку на одиницю її площі,  $kg/m^2$ ;

$k$  – кількість матеріалів, що застосовуються під час технічного обслуговування тракторів.

За сумарною масою матеріалів  $Q_m$  на екрані визначають втрати ПММ під час ТО тракторів. Однак цей спосіб дуже трудомісткий на практиці.

Відомий спосіб визначення втрат ПММ під час ТО тракторів.

Спосіб передбачає зважування екрана та визначення маси втрат ПММ за залежністю ПММ за залежністю:

$$Q_{mi} = Q_{\Xi i}^{\Pi} - Q_{\Xi i}^{\Delta}, \quad (1.3)$$

де  $Q_{mi}$  - маса матеріалу на екрані під час виконання і-тої операції;

$Q_{\Xi i}^{\Pi}$ ,  $Q_{\Xi i}^{\Delta}$  - маса екрана до і після проведення і-тої операції, отримана під час його зважування [21].

### **Висновки по розділу**

Таким чином, встановлено, що втрати ПММ під час ТО тракторів можуть бути оцінені візуально, аналітично та експериментально під час оцінки якості ТО. При цьому візуальний метод може дати лише орієнтовні уявлення про втрати ПММ, аналітичний метод дає змогу врахувати втрати ПММ тільки в складі комплексних показників якості процесу ТО, експериментальний метод передбачає можливість кількісної оцінки втрати ПММ. У зв'язку з цим кращим є експериментальний метод, він запропонований на рівні нових технічних рішень, подальший розвиток яких можливий на основі наукових досліджень [21].

## РОЗДІЛ 2

### ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

Програма дослідження передбачає:

1. Розроблення способів оперативного контролю величини втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів.
2. Порівняльні випробування способів оперативного контролю визначення кількості паливно-мастильних матеріалів на екрані.
3. Метод оперативного контролю величини втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів у стаціонарних і польових умовах.
4. Методика обробки експериментальних даних.
5. Прилади та обладнання для проведення досліджень.
6. Методика оцінки похибок експериментальних досліджень.

У методиці за етапом 1 передбачено експериментальну перевірку на функціонування способів визначення кількості ПММ на екрані, а також перевірку та уточнення умов застосування цих способів. Зокрема, методика містить у собі: умови перевірки, властивості об'єктів, що перевіряються, методи їх перевірки, повторність вимірювань і обсяг випробувань, а також критерії функціонування об'єктів.

У методиці за етапом 2 представлено порядок проведення порівняльних випробувань способів визначення кількості ПММ на екрані з метою отримання статистичних оцінок за похибкою та трудомісткістю їхньої практичної реалізації. Методика містить у собі: вказівку способів визначення кількості МПП на екрані, умови та обсяг випробувань, порядок їхнього проведення та обліку інформації, а також математичне опрацювання експериментальних даних.

У методиці за етапом 3 передбачено визначення показників втрат ПММ під час ТО і містить: методи оперативного контролю визначення показників

втрат ПММ під час ТО тракторів; вихідні дані та джерела їхнього одержання; математичний апарат для обчислення показників; марки тракторів, прийняті для реалізації методів; умови й обсяг випробувань; база даних; порядок проведення випробувань; опрацювання експериментальних даних; оцінювання точності й достовірності визначення показників; оцінювання похибки.



Рис. 2.1. Етапи експериментального дослідження

В основу опрацювання результатів експериментальних досліджень покладено теорії: ймовірностей і математичної статистики, аналізу та синтезу, а також теорію надійності та планування експерименту.

Методика передбачає експериментальну перевірку на функціонування способів визначення кількості витрат паливно-мастильних матеріалів (ПММ) на екрані, а також перевірку та уточнення умов застосування цих способів (таблиця 2.1). Методикою також визначено склад ПММ, технічні засоби та вимоги до них, правила обліку та зберігання інформації.

Властивості об'єктів, що перевіряються, методи їх перевірки, а також критерії функціонування об'єктів – за табл. 2.1.

Число контрольних точок - не менше восьми.

Повторність вимірювань і обсяг випробувань у кожній контрольній точці - не менше трьох.

Правило ухвалення рішень за результатами випробувань: рішення ухвалюють, якщо під час трьох випробувань отримано два однакові результати.

Ухвалення рішень (висновків щодо правильного або неправильного функціонування об'єктів, що перевіряються) - на підставі критеріїв функціонування (таблиця 2.1) [20].

Тепер перейдемо до опису властивостей функціонування об'єктів, що підлягають перевірці за таблицею 2.1. Контрольовані параметри і контрольні точки під час дослідження цих властивостей - за таблицею 2.2. При цьому слід мати на увазі, що в таблиці 2.1 наведено тільки такі властивості, під час дослідження яких потрібно кілька контрольних точок [20].

Умови перевірки – лабораторні, нормальні.

Таблиця 2.1 – Досліджувані властивості, методи їхньої перевірки та критерії функціонування об'єктів [20].

| Найменування властивостей, що підлягають перевірці                              | Методи перевірки                        | Критерії функціонування                                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Спосіб визначення кількості ПММ за питомою масою матеріалу в плямі на екрані |                                         |                                                                                            |
| 1.1 Тривалість витримки плями                                                   | Дослідження, спостереження, вимірювання | Відсутність ознак зростання плями - збільшення її лінійних розмірів                        |
| 1.2. Герметичність екрану                                                       | Дослідження, спостереження              | Протікання ПММ через екран не спостерігається                                              |
| 1.3. Можливість вимірювання площі плями після її витримки                       | Дослідження, спостереження              | Прилад не забруднюється ПММ, контур плями добре проглядається через нього                  |
| 1.4. Похибка визначення питомої маси матеріалу в плямі                          | Дослідження, спостереження, вимірювання | Відносна похибка - не більше $\pm 5\%$                                                     |
| 2. Спосіб визначення кількості ПММ за зміною маси екрану                        |                                         |                                                                                            |
| 2.1. Тривалість витримки плями                                                  | Дослідження, спостереження, вимірювання | Відсутність на плямі рідини, що не вбралася в екран                                        |
| 2.2. Герметичність екрану                                                       | По п. 1.2                               | По п. 1.2                                                                                  |
| 2.3. Можливість зважування екрану на вагах                                      | Дослідження, спостереження              | Екран після підготовки розміщується на вагах, що мають абсолютну похибку не більше 0,01 кг |

Ухвалення рішень (висновків щодо правильного або неправильного функціонування об'єктів, що перевіряються) - на підставі критеріїв функціонування (таблиця 2.1) [20].

Додаткові пояснення та вимоги до таблиці 2.1.

Тривалість витримки плями або екрана (таблиця 2.1) визначають для кожного способу, оскільки при цьому пред'являються різні критерії функціонування.

При експериментальній перевірці способу визначення кількості ПММ на основі питомої маси матеріалу в плямі тривалість витримки плями знаходять за відсутністю ознак зростання плями - за зміною її лінійного розміру в горизонтальному напрямку. Для цього витримують плями в часі, забезпечуючи рівну тривалість витримки. Після кожної витримки визначають вимірювальним приладом лінійний розмір плями в горизонтальному напрямку і зіставляють його з попереднім вимірюванням. Для цього прокреслюють названий напрямок олівцем по вимірювальному приладу, відмічають точки перетину країв плями з утвореною лінією і знаходять відстань між точками з точністю  $\pm 1$  мм. На завершення кожної наступної витримки аналогічним чином отримують нові точки, якщо вони можуть бути утворені за результатами зростання плями. Якщо результати трьох послідовних вимірювань однакові (відрізняються один від одного в межах  $\pm 3$  мм), то вважають, що ріст плями завершено і за часом, з якого зафіксовано зупинку росту, рахують тривалість витримки плями [20].

Матеріали ПММ, до яких належать: масло моторне марки М8Г<sub>2</sub> або М8В<sub>2</sub>; паливо дизельне літнє марки Л-0,5-40 або зимове З-0,5-мінус 35 [20].

Вимоги до матеріалів: моторне мастило і дизельне пальне експериментують за температури 18...22 °С.

Облік і зберігання інформації - здійснювалася у вигляді бази даних. База даних являла собою таблицю 2.2, де кожен рядок, призначений для відображення інформації [20].



|                                                                                                                                                            |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 7                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.3. Можливість вимірювання площі плями після її витримки                                                                                                  |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.3.1. Прилад не забруднюється ПММ (так) або забруднюється (ні)                                                                                            | Так чи ні         |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.3.2. Контур плями добре проглядається через прилад (так) чи ні                                                                                           | Так чи ні         |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.3.3. Прилад формату А4 накриває площу плями (так) чи ні                                                                                                  | Так чи ні         |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.4. Питома маса $q_{mi}$ $i$ -того матеріалу в плямі та похибка її визначення                                                                             |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.4.1. Маса каплі                                                                                                                                          | кг                |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.4.2. Середня площа плями                                                                                                                                 | м <sup>2</sup>    |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.4.3. Питома маса $q_{mi}$ $i$ -того матеріалу                                                                                                            | кг/м <sup>2</sup> |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1.4.4. Похибка визначення питомої маси матеріалу в плямі                                                                                                   | %                 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2. Спосіб визначення кількості ПММ за зміною маси екрану                                                                                                   |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1. Тривалість витримки плями                                                                                                                             |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.1. У центрі плями спостерігається (так) чи ні ПММ у вигляді рідини - після витримки в год:                                                               | Так чи ні         |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8                                                                                                                                                          |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.2. Герметичність екрана - за п. 1.2 цієї таблиці                                                                                                         |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2.3. Можливість зважування екрану на вагах                                                                                                                 |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Примітка - У цій таблиці кожен рядок, призначений для відображення інформації, має бути розділений на три рядки - за кількістю спостережень за параметром. |                   |  |  |  |  |  |  |  |  |

Обсяг крапель відповідав контрольним точкам: 4, 8, 12, 16, 20, 24, 28, 32 мл. При цьому загальний час витримки становив 1 год. Заміри проводили між контрольними точками, отриманими в результаті перетину ліній контуру плями

(на рис. 2.2 вони нанесені навколо плями) і горизонтальної лінії, обраної для замірів цього параметра в горизонтальному напрямку. Зазначені точки наносили на лініях контуру плями після закінчення 0,5 години витримки, після чого за допомогою вимірювального приладу проводили вимірювання відстані між цими точками, як показано на рис. 2.2. Слід зазначити, що викладена методика вимірювань лінійного розміру плями прийнятна для дослідження плями, утвореної зі свіжого моторного мастила і дизельного палива [20].

При перевірці способу визначення кількості ПММ за зміною маси екрана тривалість витримки плями встановлюють за фактом відсутності на плямі рідини, що не вбралася в екран після заданої витримки за часом [20].

Похибку визначення питомої маси і  $q_{m_i}$  і-того матеріалу в плямі визначали в такому порядку [20].



Рис. 2.2. Фрагмент вимірювання розміру плями в горизонтальному напрямку лінійкою: (ПММ – свіже моторне мастило) [20].

Визначили масу і  $m_i$  і-того матеріалу (ПММ) за залежністю:

$$m_i = V_{m_i} \rho_{m_i} \quad (2.1)$$

де і  $V_{m_i}$  - об'єм ПММ у м<sup>3</sup>;

$\rho_{m_i}$  - густина і-того матеріалу, кг/м<sup>3</sup> (приймають за довідковими даними).

Середню площу плями і-того матеріалу визначили за залежністю:

$$\bar{S}_{\Pi i} = \frac{1}{n} \sum_1^n S_{\Pi i}, \quad (2.2)$$

де  $S_{\Pi i}$  - площа плями і-того матеріалу в контрольній точці, м<sup>2</sup>;

$n$  - число спостережень (плям) у цій точці.

Визначили питому масу  $q_{Mi}$  ПММ за залежністю:

$$q_{Mi} = \frac{m_{Mi}}{\bar{S}_{\Pi i}}. \quad (2.3)$$

Середнє значення питомої маси за  $m$ -контрольними точками (число контрольних точок  $m$  дорівнює 8).

$$\bar{q}_{Mi} = \frac{1}{m} \sum_1^m q_{Mi} \quad (2.4)$$

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_1^N x_i. \quad (2.5)$$

Середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}. \quad (2.6)$$

Нижні  $m_H$  і верхні  $m_B$  довірчі межі визначено за:

$$m_H = \bar{x} - t_\alpha \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}, \quad (2.7)$$

$$m_B = \bar{x} + t_\alpha \frac{\sigma_x}{\sqrt{N}}, \quad (2.8)$$

де  $t_\alpha$  - квантиль розподілу (критерій  $t$ ) Ст'юдента за заданої довірчої ймовірності  $\alpha$  ( $\alpha$  не менше ніж 0,95) і числа ступенів свободи  $K = m - 1$ .

Методика передбачає проведення порівняльних випробувань способів визначення втрат ПММ з метою отримання статистичних оцінок щодо похибки та трудомісткості їх практичної реалізації. Методика містить у собі: зазначення способів визначення кількості ПММ на екрані, умови та обсяг випробувань, порядок їх проведення та обліку інформації, а також математичну обробку експериментальних даних.

Способи визначення кількості ПММ на екрані. До них належать два способи: перший - на основі питомої маси матеріалу в плямі ПММ; другий - за зміною маси екрана під час надходження на його поверхню ПММ. Для стислості подальшого викладу матеріалу далі за необхідності будемо називати ці способи відповідним чином: способи А і Б.

Спосіб визначення кількості ПММ спільно із засобами його реалізації розглядатимемо як вимірювальний пристрій (прилад), і основними метрологічними характеристиками будуть похибка та трудомісткість вимірювань. Дослідження проводили за умов - температура  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ , в одній і тій самій лабораторії; ідентичним обладнанням, тими самими виконавцями з трьохкратною повторністю експериментів.

Обсяг випробувань  $n$  (обсяг вибірки або кількість вимірювань, виконаних під час застосування одного об'єкта випробувань) можна визначити з рівняння:

$$n = \left( \frac{u_\alpha \sigma}{\varepsilon} \right)^2, \quad (2.9)$$

де  $u_\alpha$  - квантиль нормального розподілу - відповідно до довірчої ймовірності  $\alpha$  ;

$\sigma$  - середнє квадратичне відхилення;

$\varepsilon$  - гранична абсолютна помилка.

Після перетворення з урахуванням того, що:

$$\delta = \frac{\varepsilon}{x}, \quad (2.10)$$

$$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \quad (2.11)$$

Отримаємо:

$$n = \left( \frac{u_{\alpha} V}{\delta} \right)^2, \quad (2.12)$$

де  $\bar{x}$  - середнє значення випадкової величини;

$V$  - коефіцієнт варіації;

$\delta$  - відносна помилка.

Тепер підставимо в (2.11) такі дані:  $u_{\alpha} = 1,645$ ;  $\alpha = 0,95$ ;  $V = 0,2$  і  $\delta = 0,10$ .

Після обчислень отримаємо:

$$n = \left( \frac{1,645 \cdot 0,2}{0,10} \right)^2 = 10,8 \approx 11.$$

Було застосовано індексацію даних у вигляді бази даних. База даних включає такі показники: і  $V_{Mi}$  - об'єм матеріалу (наприклад, моторного мастила), що надійшов на екран під час і-го дослідів, мл;  $m_{Mi}$  - маса матеріалу в об'ємі  $V_{Mi}$ , що відповідає масі  $X_{\Xi i}$ (кг), визначеній еталонним приладом (на достатньо точних вагах);  $\Sigma S_{\Pi i}$  - сумарна площа всіх плям на екрані під час і-того дослідів;  $X_{1i}$ , і  $X_{2i}$  - маса матеріалу на екрані під час реалізації способів А і Б, кг;  $m'_{\Xi i}$ ,  $m''_{\Xi i}$  - маса екрана до і після нанесення на нього матеріалу, кг;  $\Delta X_{1i}$ ,  $\Delta X_{2i}$  - абсолютна похибка визначення маси матеріалу на екрані під час і-го дослідів абсолютна похибка визначення маси матеріалу на екрані за способами А і Б, кг;  $T_{1i}$ , і  $T_{2i}$  - трудомісткість способів А і Б, люд-год.

При цьому абсолютна похибка (кг):

$$\Delta X_{1i} = |X_{\Xi i} - X_{1i}|, \quad (2.13)$$

$$\Delta X_{2i} = |X_{\Xi i} - X_{2i}|. \quad (2.14)$$

Тоді відносна похибка:

$$\delta_{1i} = \frac{\Delta X_{1i}}{X_{\Sigma i}}, \quad (2.15)$$

$$\delta_{2i} = \frac{\Delta X_{2i}}{X_{\Sigma i}}. \quad (2.16)$$

Готують екрани, число яких з урахуванням обсягу спостережень становить 24, а також необхідний об'єм свіжого моторного масла.

Екрани зважують і їхню масу фіксують.

На кожен екран виливають порції ПММ і робочих рідин згідно з планом експерименту (таблиця 2.3). Після витримки протягом 0,5 години проводять вимірювання. Під час визначенні втрат ПММ за способом А проводимо визначення сумарної площі всіх плям на кожному екрані, за способом Б - визначаємо показники шляхом зважування екрана. Формули для їх обчислення такі:

$$X_{1i} = \sum S_{\Pi i} \cdot \bar{q}_{\Pi i}, \quad (2.17)$$

$$X_{2i} = m''_{\Sigma i} - m'_{\Sigma i}. \quad (2.18)$$

Для отримання даних щодо трудомісткості (  $T_{1i}$ , і  $T_{2i}$  ) способів А і Б у додатковій таблиці (у протоколі) фіксують час початку і закінчення виконання кожної операції. Трудомісткість визначення втрат ПММ оцінювали як різницю часу початку і закінчення виконання кожної операції.

Зміст методики в цілому, складений з її елементів, представлено на схемі (рис. 2.3).

Дослідження проводилися під час ТО тракторів - МТЗ-80, МТЗ-1221, К-700, ДТ-75.

Слід зазначити, що трактор МТЗ-80 прийнято за аналог із найменшими втратами ПММ під час ТО у зв'язку з тим, що з узятих тут до уваги тракторів він

має найменшу кількість точок обслуговування із застосуванням ПММ, обчислену на одиницю наробітку.

Отримують вихідні дані за джерелами, позначеними в таблиці 2.4. Для цього необхідні операції ТО проводять і застосовують при цьому відповідні технічні засоби ТО. Операції із застосуванням ПММ виконують механізатори або майстри-налагоджувальники під час проведення операцій ЩТО, ТО-1, ТО-2 і ТО-3.

Таблиця 2.3 – Експериментальні дані порівняльних випробувань способів визначення кількості ПММ на екрані.

| № досліду | $V_{Mi}$ , мл | $m_{Mi}$ ( $X_{эi}$ ) кг | Маса ПММ на екрані по способу А |          | $\Delta X_{1i}$ , кг | $T_{1i}$ , люд.-год | Маса ПММ на екрані по способу Б |            |          | $\Delta X_{2i}$ , кг | $T_{2i}$ , люд.-год |
|-----------|---------------|--------------------------|---------------------------------|----------|----------------------|---------------------|---------------------------------|------------|----------|----------------------|---------------------|
|           |               |                          | $\Sigma S_{Pi}$                 | $X_{1i}$ |                      |                     | $m'_{эi}$                       | $m''_{эi}$ | $X_{2i}$ |                      |                     |
| 1         | 2             | 3                        | 4                               | 5        | 6                    | 7                   | 8                               | 9          | 10       | 11                   | 12                  |
| 1         | 10            |                          |                                 |          |                      |                     |                                 |            |          |                      |                     |
| 2         | 20            |                          |                                 |          |                      |                     |                                 |            |          |                      |                     |
| 3         | 30            |                          |                                 |          |                      |                     |                                 |            |          |                      |                     |
| ...       | ...           |                          |                                 |          |                      |                     |                                 |            |          |                      |                     |
| 24        | 240           |                          |                                 |          |                      |                     |                                 |            |          |                      |                     |

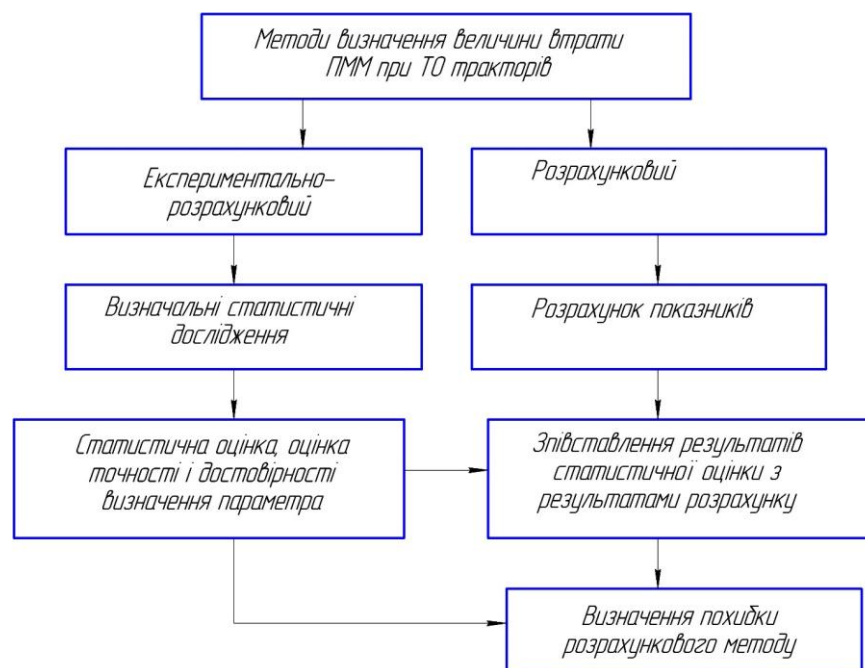


Рис. 2.3. Методика визначення величини втрат ПММ під час ТО тракторів

Фіксування даних за цими операціями проводять окремо - за кожною маркою випробовуваних тракторів за таблицею 2.4.

Практично випробування зводяться до отримання даних за масою пролитих ПММ під час ЩТО, ТО-1, ТО-2 і ТО-3. Види ТО і випробовувані тракторів вибирають випадковим чином.

Такий підхід зумовлений тим, що дані за масою ПММ є випадковими незалежними величинами.

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для обчислення коефіцієнтів втрат ПММ під час ТО тракторів.

| Вихідні дані                                                                   | Позначення             | Належність даних до методів |   | Джерела отримання даних    |
|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------------------------|---|----------------------------|
|                                                                                |                        | Э                           | Р |                            |
| 1. Маса пролитих ПММ при, кг:                                                  |                        | +                           | - | Експеримент                |
| ЩТО                                                                            | $m_{EO}^И, m_{EO}^Э$   |                             |   |                            |
| ТО-1 (через 125 мотогод)                                                       | $m_{T1}^И, m_{T1}^Э$   |                             |   |                            |
| ТО-1 (через 250 мотогод)                                                       | $m_{T1Д}^И, m_{T1Д}^Э$ |                             |   |                            |
| ТО-2                                                                           | $m_{T2}^И, m_{T2}^Э$   |                             |   |                            |
| ТО-3                                                                           | $m_{T3}^И, m_{T3}^Э$   |                             |   |                            |
| 2. Кількість точок обслуговування із застосуванням (у середовищі) ПММ при, од: |                        | -                           | + | Керівництво з експлуатації |
| ЩТО                                                                            | $n_{EO}^И, n_{EO}^Э$   |                             |   |                            |
| ТО-1 (через 125 мотогод)                                                       | $n_{T1}^И, n_{T1}^Э$   |                             |   |                            |
| ТО-1 (через 250 мотогод)                                                       | $n_{T1Д}^И, n_{T1Д}^Э$ |                             |   |                            |
| ТО-2                                                                           | $n_{T2}^И, n_{T2}^Э$   |                             |   |                            |
| ТО-3                                                                           | $n_{T3}^И, n_{T3}^Э$   |                             |   |                            |
| 3. Періодичність, мотогод:                                                     |                        | +                           | + | Керівництво з експлуатації |
| ЩТО                                                                            | $\tau_{EO}$            |                             |   |                            |
| ТО-1 (через 125 мотогод)                                                       | $\tau_{T1}$            |                             |   |                            |
| ТО-1 (через 250 мотогод)                                                       | $\tau_{T1Д}$           |                             |   |                            |
| ТО-2                                                                           | $\tau_{T2}$            |                             |   |                            |
| ТО-3                                                                           | $\tau_{T3}$            |                             |   |                            |

Умови випробувань – виробничі, нормальні (температура  $20 \pm 5$  °С, атмосферний тиск  $760 \pm 20$  мм рт. ст.), ідентичні - у стаціонарі або польових

умовах; при використанні одних і тих самих засобів ТО і дотримання технічних вимог до виконання операцій з обслуговування, прописаних у керівництві обслуговування, прописаних у посібниках з експлуатації випробовуваних тракторів; виконавці - механізатори і (або) майстри-налагоджувальники; вибір тракторів для випробувань - випадковий.

При цьому спостереження велося тільки за виконанням тих операцій ТО, які були виявлені в процесі аналізу технологій ТО, як операції або їх частини, що проводяться з використанням ПММ або в їх середовищі.

Методика кількості випробувань  $n$  (обсяг вибірки) - за формулою (2.9). Для визначення  $n$  підставимо в (2.9) такі дані:  $u_{\alpha} = 1,645$  рівним 30.

Облік інформації – у спеціальній таблиці, в якій фіксують результати випробувань (вимірювань) при застосуванні кожного об'єкта (таблиця 2.5).

Математичний апарат для обчислення коефіцієнтів втрат ПММ під час ТО - за методом на статистичних випробуваннях контрольованого трактора і трактора з найменшими втратами паливно-мастильних матеріалів (ПММ).

| Трактори          | МТЗ-1221 |   |     |   | К-700 |    |     |    | ДТ-75 |    |     |    |
|-------------------|----------|---|-----|---|-------|----|-----|----|-------|----|-----|----|
| Номер дослідження | 1        | 2 | ... | 8 | 9     | 10 | ... | 16 | 17    | 18 | ... | 24 |
| Дані по ЦТО       |          |   |     |   |       |    |     |    |       |    |     |    |
| Дані по ТО-1      |          |   |     |   |       |    |     |    |       |    |     |    |
| Дані по ТО-2      |          |   |     |   |       |    |     |    |       |    |     |    |
| Дані по ТО-3      |          |   |     |   |       |    |     |    |       |    |     |    |

При технічному обслуговуванні із заданим числом спостережень визначають математичні очікування втрат ПММ за обома тракторами. На завершення проводять обчислення показників, що характеризують втрати ПММ під час ТО контрольованого трактора.

Коефіцієнт рівня втрат ПММ за цикл ТО, кратний ТО-3  $K_2$ :

$$K_2 = \frac{\frac{\overline{M}_{BO}^K}{\tau_{BO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^K}{\tau_{T3}}}{\frac{\overline{M}_{BO}^A}{\tau_{BO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{M}_{T3}^A}{\tau_{T3}}} \quad (2.19)$$

Таблиця 2.5 – Обсяг випробувань за марками тракторів, маса ПММ, що проливаються під час ТО, гр.

При

$$\overline{M}_{EO}^K = \overline{M}_{CM-EO}^K + \overline{M}_{ДТ-EO}^K, \quad (2.20)$$

$$\overline{M}_{T1}^K = \overline{M}_{CM-T1}^K + \overline{M}_{ДТ-T1}^K, \quad (2.21)$$

$$\overline{M}_{T2}^K = \overline{M}_{CM-T2}^K + \overline{M}_{ДТ-T2}^K, \quad (2.22)$$

$$\overline{M}_{T3}^K = \overline{M}_{CM-T3}^K + \overline{M}_{ДТ-T3}^K, \quad (2.23)$$

$$\overline{M}_{EO}^A = \overline{M}_{CM-EO}^A + \overline{M}_{ДТ-EO}^A, \quad (2.24)$$

$$\overline{M}_{T1}^A = \overline{M}_{CM-T1}^A + \overline{M}_{ДТ-T1}^A, \quad (2.25)$$

$$\overline{M}_{T2}^A = \overline{M}_{CM-T2}^A + \overline{M}_{ДТ-T2}^A, \quad (2.26)$$

$$\overline{M}_{T3}^A = \overline{M}_{CM-T3}^A + \overline{M}_{ДТ-T3}^A, \quad (2.27)$$

при  $\overline{M}_{EO}^K \geq 0, \overline{M}_{T1}^K \geq 0, \overline{M}_{T2}^K \geq 0, \overline{M}_{T3}^K \geq 0, \overline{M}_{EO}^A \geq 0, \overline{M}_{T1}^A \geq 0, \overline{M}_{T2}^A \geq 0, \overline{M}_{T3}^A \geq 0,$   
 $\tau_{EO} > 0, \tau_{T1} > 0, \tau_{T2} > 0, \tau_{T3} > 0;$

де  $K_2$ - коефіцієнт рівня втрат ПММ за цикл ТО, кратний ТО-3, отриманий при порівнянні показників контрольованого трактора та її аналога з найменшими втратами ПММ;

$\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  — математичні очікування маси втрат ПММ

(тут і далі під математичними очікуваннями маси втрат ПММ також розумітимемо їхні середні значення) усіх видів відповідно під час ЩТО, ТО-1, ТО-2 і ТО-3 за контрольованим трактором;

$\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$  — те саме по трактору-аналогу;

$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  — напрацювання між ЩТО, періодичність ТО-1, ТО-2 і

ТО-3;  $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K; \overline{M}_{ДГ-EO}^K, \overline{M}_{ДГ-T1}^K, \overline{M}_{ДГ-T2}^K, \overline{M}_{ДГ-T3}^K$  —

математичні очікування маси втрат свіжих олив, а також втрат дизельного палива під час ЩТО, ТО-1, ТО-2 і ТО-3 за контрольованим трактором;

$\overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A; \overline{M}_{ДГ-EO}^A, \overline{M}_{ДГ-T1}^A, \overline{M}_{ДГ-T2}^A, \overline{M}_{ДГ-T3}^A$  —

математичні очікування маси втрат свіжих олив, а також втрат дизельного палива під час ЩТО, ТО-1, ТО-2 і ТО-3 за трактором-аналогом.

Коефіцієнт величини втрат ПММ за цикл ТО, кратний ТО-2  $K_{2-2}$ :

$$K_{2-2} = \frac{\frac{\overline{M}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^K}{\tau_{T2}}}{\frac{\overline{M}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{M}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{M}_{T2}^A}{\tau_{T2}}}, \quad (2.28)$$

де  $K_{2-2}$  - коефіцієнт рівня втрат ПММ за цикл ТО, кратний ТО-2, отриманий під час порівняння показників контрольованого трактора та її аналога з найменшими втратами ПММ.

Коефіцієнти  $K_2$  та  $K_{2-2}$  з метою зменшення обсягу експериментальних робіт або за відсутності необхідності можуть бути обчислені на основі сумарних значень втрат  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  і  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$ , ПММ

тобто без урахування їхніх видів - математичних очікувань маси втрат:

$$\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K; \overline{M}_{ДП-EO}^K, \overline{M}_{ДП-T1}^K, \overline{M}_{ДП-T2}^K, \overline{M}_{ДП-T3}^K; \\ \overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A; \overline{M}_{ДП-EO}^A, \overline{M}_{ДП-T1}^A, \overline{M}_{ДП-T2}^A, \overline{M}_{ДП-T3}^A$$

Сумарна величина втрат ПММ  $M_{T2}$  за цикл ТО, кратний ТО-3:

$$M_{T3} = K_2 M_{qД} \tau_{T3}. \quad (2.29)$$

Сумарні втрати ПММ  $M_{T2}$  за цикл ТО, кратний ТО-2:

$$M_{T2} = K_{2-2} M_{qД} \tau_{T2}. \quad (2.30)$$

Сумарні втрати ПММ  $M_\tau$  під час ТО трактора за довільний період наробітку  $\tau$ :

$$M_\tau = K_1 M_{qД} \tau. \quad (2.31)$$

У разі використання представленого методу дані по  $\overline{M}_{EO}^K, \overline{M}_{T1}^K, \overline{M}_{T2}^K, \overline{M}_{T3}^K$  ( $\overline{M}_{CM-EO}^K, \overline{M}_{CM-T1}^K, \overline{M}_{CM-T2}^K, \overline{M}_{CM-T3}^K; \overline{M}_{ДП-EO}^K, \overline{M}_{ДП-T1}^K, \overline{M}_{ДП-T2}^K, \overline{M}_{ДП-T3}^K$ ), а також по  $\overline{M}_{EO}^A, \overline{M}_{T1}^A, \overline{M}_{T2}^A, \overline{M}_{T3}^A$  ( $\overline{M}_{CM-EO}^A, \overline{M}_{CM-T1}^A, \overline{M}_{CM-T2}^A, \overline{M}_{CM-T3}^A; \overline{M}_{ДП-EO}^A, \overline{M}_{ДП-T1}^A, \overline{M}_{ДП-T2}^A, \overline{M}_{ДП-T3}^A$ ) (у кг) знаходять експериментально - під час проведення визначальних статистичних випробувань (у процесі виконання обслуговувань), а регламентовані значення  $\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$  (у мото-год) - з посібників з експлуатації

цих тракторів. Розрахунки необхідних показників виконують за наведеними формулами.

Оброблення експериментальних даних здійснювали за правилом композиції нормальних законів, яке може бути узагальнено на випадок довільного числа незалежних випадкових величин.

У разі якщо є  $n$  незалежних випадкових величин:  $X_1, X_2, \dots, X_n$ , підпорядкованих нормальним законам із центрами розсіювання  $m_{x1}, m_{x2}, \dots, m_{xn}$  і середніми квадратичними відхиленнями  $\sigma_{x1}, \sigma_{x2}, \dots, \sigma_{xn}$ , то величина

$$Z = \sum_{i=1}^n X_i \quad (2.32)$$

$$m_z = \sum_{i=1}^n m_{xi}, \quad (2.33)$$

$$\sigma_z^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_{xi}^2. \quad (2.34)$$

Тоді отримаємо залежності для визначення показників  $\overline{M}_q^K$  і  $\overline{M}_q^A$

$$\overline{M}_q^K = \frac{\overline{m}_{EO}^K}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{m}_{T1}^K}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{m}_{T2}^K}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{m}_{T3}^K}{\tau_{T3}}, \quad (2.35)$$

$$\overline{M}_q^A = \frac{\overline{m}_{EO}^A}{\tau_{EO}} + \frac{\overline{m}_{T1}^A}{\tau_{T1}} + \frac{\overline{m}_{T2}^A}{\tau_{T2}} + \frac{\overline{m}_{T3}^A}{\tau_{T3}}, \quad (2.36)$$

де  $\overline{M}_q^K, \overline{M}_q^A$  — математичне очікування (середнє значення) питомої сумарної маси ПММ, що проливаються при виконанні всіх видів ТО за цикл, кратний ТО-3, контрольованого (досліджуваного) трактора і трактора-аналога з найменшими втратами ПММ, кг/мотогод;

$\overline{m_{EO}^K}, \overline{m_{T1}^K}, \overline{m_{T2}^K}, \overline{m_{T3}^K}; \overline{m_{EO}^A}, \overline{m_{T1}^A}, \overline{m_{T2}^A}, \overline{m_{T3}^A}$  – математичне очікування

(середнє значення) сумарної маси ПММ, що проливаються при виконанні ЩТО, ТО-1, ТО-2 і ТО-3 контрольованого трактора і трактора-аналога, кг;

$\tau_{EO}, \tau_{T1}, \tau_{T2}, \tau_{T3}$ , - періодичність операцій ЩТО, ТО-1 і ТО-2 і ТО-3, мотогод.

При цьому сумарне значення середньоквадратичного відхилення  $\sigma_{qC}$

- за формулою (2.34):

$$\sigma_{qC} = \sigma_{qEO} + \sigma_{qT1} + \sigma_{qT2} + \sigma_{qT3} , \quad (2.37)$$

де  $\sigma_{EO}, \sigma_{T1}, \sigma_{T2}, \sigma_{T3}$ , - середні квадратичні відхилення питомої маси втрат ПММ під час ЩТО, ТО-1, ТО-2 і ТО-3, кг/мотогод.

### РОЗДІЛ 3

#### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Порівняльні випробування способів визначення кількості паливно-мастильних матеріалів (ПММ) були проведені за відомою методикою. При цьому було досліджено два способи визначення кількості ПММ на екрані: перший (А) - за питомою масою матеріалу в плямі на екрані і другий (Б) - за зміною маси екрана. Експериментальні дані з дослідження зазначених способів були отримані. Вони містять: дані щодо маси ПММ у плямі, похибки та трудомісткості її визначення. Як ПММ було прийнято свіже моторне масло марки М10Г<sub>2</sub>. Таким чином, у процесі випробувань за обома способами було отримано в ідентичних умовах два показники: похибка і трудомісткість визначення маси матеріалу на екрані. Проаналізуємо ці показники надалі.

Відносна похибка  $\delta$  визначення маси матеріалу на екрані була обчислена на завершення експериментів. У результаті статистичного опрацювання встановлено, що математичне сподівання відносної похибки  $\delta$  визначення маси матеріалу на екрані за способом А становить 9,3 %, за способом Б - 2,0 % (статистична похибка не перевищує 6,5 % при довірчій імовірності 0,95). Похибка способу А майже в 5 разів більша за похибку способу Б, що пояснюється великою похибкою визначення питомої маси матеріалу в плямі  $g_M$  під час реалізації способу А (вона становить понад 40 %).

Далі, за обома способами встановлено залежність виду  $y = kx + b$  похибки  $\delta$  від об'єму  $V$  ПММ на екрані (рис. 3.1): значення достовірності апроксимації  $R^2$  близьке до 1. Однак можна вважати, що ця залежність несуттєва: при зміні об'єму  $V$  ПММ в інтервалі від 10 до 240 мл похибка  $\delta$  підвищується не більше ніж на 1 %. (1,2 люд.-хв.): статистична помилка не перевищує 0,2 % при довірчій імовірності 0,95. Трудомісткість реалізації способу А майже в 12 разів більша за трудомісткість способу Б. Це пояснюється в основному великою трудомісткістю вимірювання площі плями ПММ на екрані палеткою. Про це свідчать графіки на

рис. 3.2: прямолінійні залежності виду  $y = kx + b$  трудомісткості  $T$  від об'єму ПММ на екрані (значення достовірності апроксимації  $R^2$  дорівнює 1 або близьке до 1).

З рис. 3.2 випливає, що трудомісткість  $T$  способу Б майже не залежить від об'єму ПММ. Трудомісткість  $T$  способу А має прямо пропорційну залежність від об'єму ПММ, оскільки чим більший об'єм, тим більша площа плями і, отже, вища трудомісткість вимірювання її площі.

Таблиця 3.1 - Результати опрацювання даних щодо похибки та трудомісткості визначення маси ПММ на екрані, отриманих при випробуваннях способів: А - за питомою масою ПММ у плямі, Б - за зміною маси екрана.

| Параметри                         | Результати за трудомісткістю при реалізації способів: |                                     | Результати щодо похибки при реалізації способів: |                                              |
|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|                                   | А                                                     | А                                   | А                                                | Б                                            |
| 1. Обсяг спостережень, шт.        | $N = 24$                                              | $N = 24$                            | $N = 24$                                         | $N = 24$                                     |
| 2. Математичне очікування         | $X = 0,234$ (люд.-год)                                | $X = 9,3$ (%)                       | $X = 9,3$ (%)                                    | $X = 0,02$ (люд.-год)                        |
| 3. Середнє квадратичне відхилення | $S = 0,12$ (люд.-год)                                 | $S = 0,15$ (%)                      | $S = 0,15$ (%)                                   | $S = 0,002$ (люд.-год)                       |
| 4. Коефіцієнт варіації            | $V = 0,51$                                            | $V = 0,02$                          | $V = 0,02$                                       | $V = 0,25$                                   |
| 5. Довірчі межі: нижні, верхні    | $m_H = 0,018$<br>$m_B = 0,43$<br>(люд.-год)           | $m_H = 8,64$<br>$m_B = 9,52$<br>(%) | $m_H = 8,64$<br>$m_B = 9,52$<br>(%)              | $m_H = 0,005$<br>$m_B = 0,011$<br>(люд.-год) |
| 6. Статистична помилка, %         | $\delta_c = 0,1$                                      | $\delta_c = 6,5$                    | $\delta_c = 6,5$                                 | $\delta_c = 0,2$                             |
| 7. Закон розподілу                | Гауса                                                 | Гауса                               | Гауса                                            | Гауса                                        |
| 8. Критерій згоди Пірсона         | $P(\chi^2) = 2,4$                                     | $P(\chi^2) = 14,3$                  | $P(\chi^2) = 14,3$                               | $P(\chi^2) = 2,1$                            |

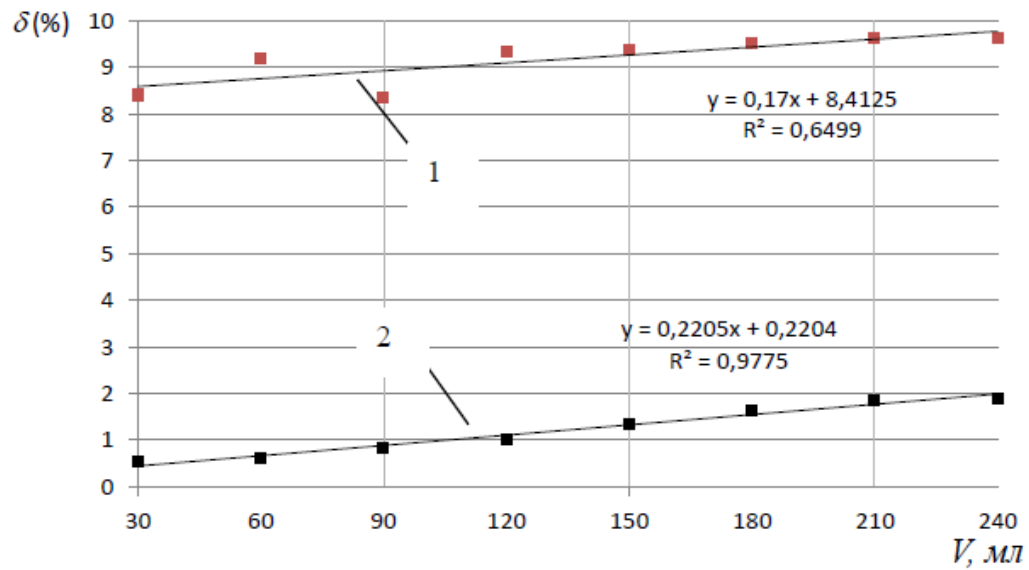


Рис. 3.1. Зміна відносної похибки  $\delta$  (%) визначення маси матеріалу на екрані залежно від його об'єму  $V$  ПММ (точки – експериментальні дані): 1, 2 - способи А і Б визначення маси за питомою масою матеріалу в плямі на екрані та за зміною маси екрана.

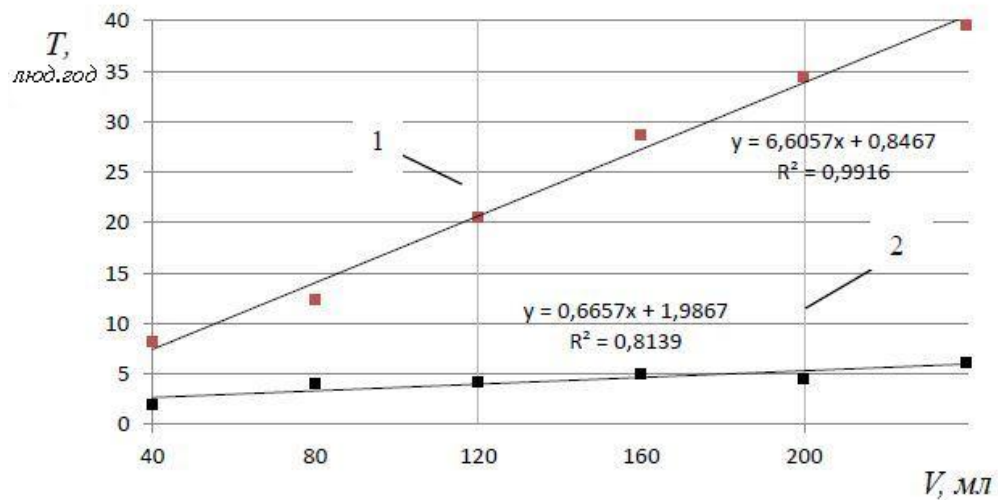


Рис. 3.2. Зміна трудомісткості визначення маси матеріалу на екрані залежно від об'єму ПММ (точки – експериментальні дані): 1, 2 - способи визначення маси за питомою масою матеріалу в плямі на екрані та за зміною маси екрана.

Трудомісткість визначення маси матеріалу на екрані за способом А склала 0,234 люд.-год (14 люд.хв.), за способом Б - 0,02 люд.-год.

Таким чином, проведені порівняльні випробування способів визначення кількості ПММ на екрані показують таке. Відносна похибка  $\delta$  визначення маси ПММ на екрані при її обліку за зміною маси екрана становить 2 %, що в 5 разів менше, ніж при обліку ПММ за питомою масою матеріалу в плямі. Це пояснюється невеликою похибкою ваг порівняно з істотною похибкою (понад 40 %) визначення питомої маси матеріалу в плямі. Трудомісткість реалізації способу зі зміни маси екрану - 0,02 люд. год (1,2 люд. хв), що майже в 12 разів менше трудомісткості способу на основі врахування питомої маси матеріалу в плямі. Це зумовлено великою трудомісткістю вимірювання площі плями ПММ на екрані палеткою.

Загалом, можна вважати, що за результатами порівняльних випробувань способів визначення кількості ПММ на екрані - під час визначення їхньої відносної похибки та трудомісткості - найкращим є спосіб визначення кількості ПММ за зміною маси екрана.

Експериментальні дослідження з визначення показників величини втрат паливно-мастильних матеріалів (ПММ) під час технічного обслуговування (ТО) тракторів проведено за методикою в розділі 2.

Експериментально-розрахунковий і розрахунковий методи оцінки величини втрат ПММ під час ТО тракторів наведено в методиці 2.4. Вони зводяться до отримання експериментальних і розрахункових значень, що відповідають величині маси втрат ПММ і коефіцієнтів втрат ПММ у стаціонарних і польових умовах.

Втрати ПММ можливі під час операцій, пов'язаних із заміною та поповненням їхніх рівнів у відповідних ємностях трактора. Отже, як такі операції потрібно брати до уваги ті, що передбачені до виконання під час технічного обслуговування відповідно до їхнього керівництва з експлуатації тракторів.

Таблиця 3.2 - Операції технічного обслуговування тракторів МТЗ-80, МТЗ-1221, К-700 і ДТ-75, що підлягають виконанню під час проведення виробничих випробувань.

| Операції                                                                            | Марка трактора | Періодичність, мотогод. |     |     |     |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-------------------------|-----|-----|-----|------|
|                                                                                     |                | 10                      | 125 | 250 | 500 | 1000 |
| 1. Перевірити рівень оливи і за необхідності долити:                                |                |                         |     |     |     |      |
| в картер дизеля                                                                     | МТЗ-80         | +                       | -   | -   | -   | -    |
|                                                                                     | МТЗ-1221       | +                       | -   | -   | -   | -    |
|                                                                                     | К-700          | +                       | -   | -   | -   | -    |
|                                                                                     | ДТ-75          | +                       | -   | -   | -   | -    |
| у паливний насос                                                                    | ДТ-75          | -                       | +   | -   | -   | -    |
| в корпус трансмісії (КП)                                                            | МТЗ-80         | -                       | -   | -   | +   | -    |
|                                                                                     | МТЗ-1221       | +) )                    | -   | -   | -   | -    |
|                                                                                     | ДТ-75          | -                       | -   | -   | +   | -    |
| в гідросистему КП                                                                   | К-700          | -                       | +   | -   | -   | -    |
| у гідросистему навісного пристрою та керування поворотом                            | К-700          | -                       | +   | -   | -   | -    |
| в корпус заднього моста                                                             | ДТ-75          | -                       | -   | -   | +   | -    |
| у картери головних передач ведучих мостів                                           | К-700          | -                       | +   | -   | -   | -    |
| у картери кінцевих передач ведучих мостів                                           | К-700          | -                       | +   | -   | -   | -    |
| у корпуси кінцевих передач                                                          | ДТ-75          | -                       | -   | -   | +   | -    |
| в корпус редуктора ВВП                                                              | ДТ-75          | -                       | -   | -   | +   | -    |
| в корпус гідропідсилювача керма                                                     | МТЗ-80         | -                       | -   | -   | +   | -    |
| у корпус редуктора пускового двигуна                                                | МТЗ-80         | -                       | -   | -   | +   | -    |
|                                                                                     | ДТ-75          | -                       | -   | -   | +   | -    |
| у бак гідронавісної системи та ГОРУ (ГОРУ - тільки для МТЗ-1221)                    | МТЗ-80         |                         |     |     | +   |      |
|                                                                                     | МТЗ-1221       | +) )                    | -   | -   | -   | -    |
|                                                                                     | ДТ-75          |                         | +   | -   | -   | -    |
| 2. Замінити масло:                                                                  |                |                         |     |     |     |      |
| у картері дизеля                                                                    | МТЗ-80         | -                       | -   | -   | +   | -    |
|                                                                                     | МТЗ-1221       | -                       | -   | +   | -   | -    |
|                                                                                     | К-700          | -                       | -   | +   | -   | -    |
|                                                                                     | ДТ-75          | -                       | -   | -   | +   | -    |
| у паливному насосі                                                                  | МТЗ-80         | -                       | -   | -   | +   | -    |
|                                                                                     | ДТ-75          | -                       | -   | -   | +   | -    |
| у трансмісії, баку гідросистеми, ГОРУ, головній передачі та колісних редукторів ПВМ | МТЗ-1221       | -                       | -   | -   | -   | +    |
| 3. Замінити фільтрувальні елементи:                                                 |                |                         |     |     |     |      |

|                                                                                                                               |          |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|
| фільтрувальний елемент фільтра бака бака гідросистеми                                                                         | MT3-80   | - | - | - | + | - |
| БФЕ (фільтроелементи) масляного фільтра дизеля                                                                                | MT3-1221 | - | - | + | - | - |
|                                                                                                                               | K-700    | - | - | + | - | - |
| масляний фільтр гідросистеми                                                                                                  | MT3-1221 | - | - | - | + | - |
| масляний фільтр ГОРУ                                                                                                          | MT3-80   | - | - | - | + | - |
|                                                                                                                               | MT3-1221 | - | - | - | + | - |
| фільтра тонкого очищення палива                                                                                               | K-700    | - | - | - | - | + |
|                                                                                                                               | MT3-80   | - | - | - | - | + |
|                                                                                                                               | ДТ-75    |   | - | - | - | + |
| 4. Обслуговування повітроочисника                                                                                             | -        |   |   |   |   |   |
| перевірити рівень і стан мастила в піддоні повітроочисника, за необхідності долити або замінити                               | MT3-80   | - | + | - | - | - |
| зняти з дизеля повітроочисник, розібрати його, очистити внутрішню порожнину, промити фільтрувальні елементи (або замінити їх) | MT3-80   | - | - | - | + | + |
|                                                                                                                               | ДТ-75    | - | + | - | - | - |
| 5. Злити:                                                                                                                     |          |   |   |   |   |   |
| Відстій з паливних фільтрів грубої очистки                                                                                    | MT3-80   | - | + | - | - | - |
|                                                                                                                               | MT3-1221 | - | + | - | - | - |
|                                                                                                                               | K-700    | - | + | - | - | - |
|                                                                                                                               | ДТ-75    | - | + | - | - | - |
| Відстій з паливних фільтрів тонкої очистки                                                                                    | MT3-80   | - | + | - | - | - |
|                                                                                                                               | MT3-1221 | - | - | - | + | - |
|                                                                                                                               | K-700    | - | + | - | - | - |
| Відстій з паливних баків                                                                                                      | MT3-80   | - | - | - | + | - |
|                                                                                                                               | MT3-1221 | - | + | - | - | - |
|                                                                                                                               | ДТ-75    | - | + | - | - | - |
| Відстій оливи із кожуха                                                                                                       | MT3-80   | - | - | - | - | + |
| 6. Очистити та промити:                                                                                                       |          |   |   |   |   |   |
| ротор відцентрового масляного фільтра дизеля                                                                                  | MT3-80   | - | - | - | + | - |
|                                                                                                                               | MT3-1221 | - | - | + | - | - |
|                                                                                                                               | K-700    | - | - | + | - | - |

|                                                                               |          |   |   |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|---|---|---|---|---|
|                                                                               | ДТ-75    | - | - | - | + | - |
|                                                                               | МТЗ-1221 | - | - | - |   |   |
| фільтр грубого очищення палива                                                | МТЗ-1221 | - | - | - | - | + |
|                                                                               | МТЗ-80   | - | - | - | - | + |
| сапун і сітку маслозаливної горловини дизеля                                  | МТЗ-80   | - | - | - | - | + |
| кришки та фільтри баків пускового й основного двигунів                        | МТЗ-80   | - | - | - | - | + |
| паливопідвідний штуцер карбюратора пускового двигуна, що підводить паливо     | МТЗ-80   | - | - | - | - | + |
| карбюратор пускового двигуна                                                  | ДТ-75    | - | - | - | - | + |
| сапун дизеля                                                                  | ДТ-75    | - | - | - | - | + |
| зливний фільтр гідронавісної системи                                          | ДТ-75    | - | - | + | - | - |
| зливні фільтри гідронавісної системи та гідропідсилювача керма                | МТЗ-1221 | - | - | - | - | + |
| фільтр попереднього очищення масла дизеля                                     | МТЗ-80   | - | - | - | + | - |
| фільтрувальний елемент регулятора тиску повітря в пневмосистемі пневмосистемі | МТЗ-80   | - | - | - | + | - |
|                                                                               | МТЗ-1221 | - | - | - | + | - |
| повітроочисник пускового двигуна                                              | МТЗ-80   | - | - | - | + | - |
|                                                                               | ДТ-75    | - | + | - | - | - |
| повітроочисник дизеля                                                         | МТЗ-1221 | - | - | - | - | + |
| відцентровий фільтр КП                                                        | МТЗ-1221 | - | - | + | - | - |
| сітчастий масляний фільтр КП                                                  | МТЗ-1221 | - | - | + | - | - |

Примітка - Знаком плюс із дужкою "+" позначено операції ЩТО, необхідність виконання яких контролюється за масломірним склом (МТЗ-1221).

Вихідні експериментальні та розрахункові дані для їх обчислення - за таблицею наведеною вище. При цьому до експериментальних даних належить маса ПММ, що проливаються під час ТО випробовуваних тракторів (МТЗ-80, МТЗ-1221, К-744 і Агромаш-90 ТГ). Трактор МТЗ-80, обраний як трактор-аналога, як такий, що має найменші втрати ПММ під час їх ТО. Аналогічні розрахункові дані (для розрахункового методу) - число точок обслуговування із застосуванням ПММ. Крім того, для реалізації обох методів взято до уваги періодичності виконання операцій із застосуванням ПММ. Ці дані були знайдені

в результаті аналізу технологій ТО тракторів, викладених у посібниках з їх експлуатації.

На етапі теоретичного дослідження (аналізу математичної моделі та вибору її варіантів) було встановлено, що варіант моделі, заснований на статистичних (визначальних) випробуваннях контрольованого трактора, є найбільш трудомістким і тому він не був прийнятий до експериментування. Експериментальні дані щодо маси втрат ПММ під час реалізації способу і застосування екрану показано на рис. 3.3 для трактора МТЗ-80.

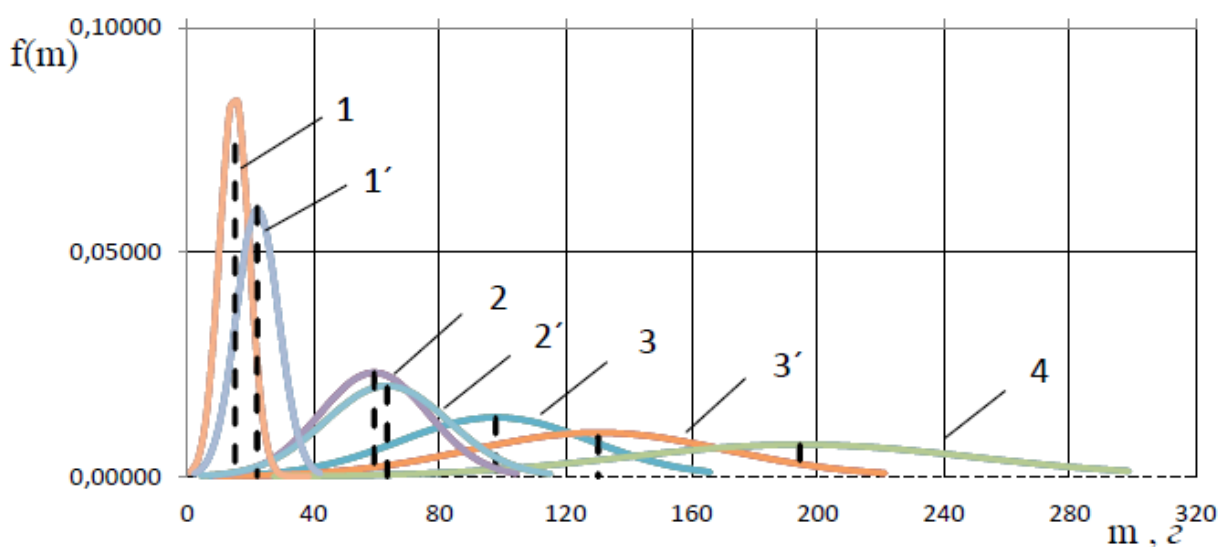


Рис. 3.3. Функції густини  $f(m)$  розподілу втрат  $m$  ПММ за видами ТО трактора МТЗ-80: 1, 1' - під час ЩТО; 2, 2' - під час ТО-1; 3, 3' - під час ТО-2 відповідно в стаціонарних і польових умовах; 4 - під час ТО-3 в стаціонарних умовах

Залежність функції розподілу втрат ПММ за видами ТО для трактора МТЗ-80 у табл. 3.3.

Експериментальні дані щодо маси ПММ, що проливаються під час виконання окремих видів ТО отримано по трактору моделі МТЗ-80, прийнятим за трактор-аналог з найменшими втратами ПММ під час ТО, оскільки число операцій із застосуванням ПММ за цією моделлю найменше з прийнятих до уваги МТЗ-1221, К-744 і Агромаш-90 ТГ.

Результати обробки даних для трактора К-700, отримані при кількості спостережень, що дорівнює 30, представлені в таблиці 3.3 і на рис. 3.4.

Таблиця 3.3 – Залежність функції густини  $f(m)$  розподілу втрат  $m$  ПММ за видами ТО трактора МТЗ-80: 1, 1' - під час ЩТО; 2, 2' - під час ТО-1; 3, 3' - під час ТО-2 відповідно в стаціонарних і польових умовах; 4 - під час ТО-3 в стаціонарних умовах.

| № | Позначення | Залежність функції розподілу втрат ПММ за видами ТО                        | Математичне очікування маси втрат ТСМ $\bar{m}$ | Середнє квадратичне відхилення $\sigma$ | Коефіцієнт варіації $v$ | Закон розподілу |
|---|------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|-----------------|
| 1 | 1          | $f(m) = \frac{1}{2,1\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(7,02-m)^2}{2 \cdot 2,1^2}}$    | 7,13                                            | 2,12                                    | 0,32                    | нормальний      |
| 2 | 1'         | $f(m) = \frac{1}{3,8\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(12,10-m)^2}{2 \cdot 3,8^2}}$   | 13,10                                           | 3,82                                    | 0,30                    | нормальний      |
| 3 | 2          | $f(m) = \frac{1}{9,1\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(28,87-m)^2}{2 \cdot 9,1^2}}$   | 29,87                                           | 8,91                                    | 0,33                    | нормальний      |
| 4 | 2'         | $f(m) = \frac{1}{10,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(35,48-m)^2}{2 \cdot 10,2^2}}$ | 36,48                                           | 11,3                                    | 0,30                    | нормальний      |
| 5 | 3          | $f(m) = \frac{1}{14,9\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(49,7-m)^2}{2 \cdot 14,9^2}}$  | 50,70                                           | 16,5                                    | 0,30                    | нормальний      |
| 6 | 3'         | $f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m-m_0)^2}{2\sigma^2}}$      | 66,5                                            | 19,2                                    | 0,30                    | нормальний      |
| 7 | 4          | $f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(m-m_0)^2}{2\sigma^2}}$      | 99,0                                            | 30,5                                    | 0,31                    | нормальний      |

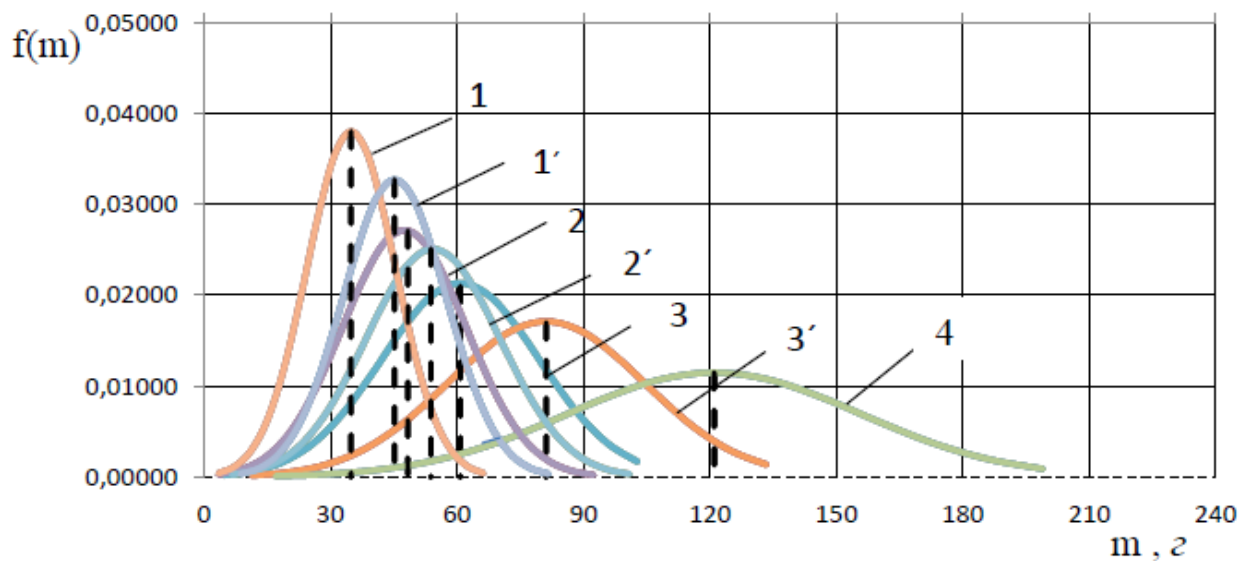


Рис. 3.4. Функції густини  $f(m)$  розподілу втрат  $m$  ПММ за видами ТО трактора К-700: 1, 1' – під час ЩТО; 2, 2' – під час ТО-1; 3, 3' – під час ТО-2 відповідно в стаціонарних і польових умовах; 4 – під час ТО-3 в стаціонарних умовах.

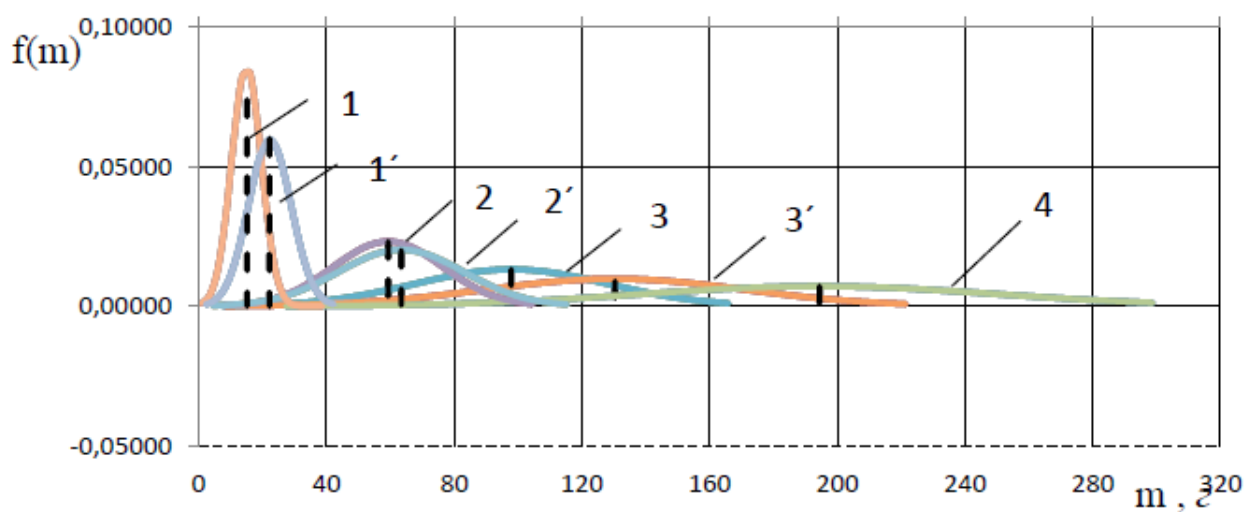


Рис. 3.5. Диференціальні функції розподілу втрат ПММ за видами ТО: 1, 1' - під час ЩТО; 2, 2' – під час ТО-1; 3, 3' – під час ТО-2 відповідно в стаціонарних і польових умовах; 4 – під час ТО-3 в стаціонарних умовах трактора ДТ-75

Таблиця 3.4 – Залежність функції густини  $f(m)$  розподілу втрат  $m$  ПММ за видами ТО трактора МТЗ-80: 1, 1' - під час ЩТО; 2, 2' - під час ТО-1; 3, 3' - під час ТО-2 відповідно в стаціонарних і польових умовах; 4 - під час ТО-3 у стаціонарних умовах К-700

| № | Позначення | Залежність функції розподілу втрат ПММ за видами ТО                          | Математичне очікування маси втрат ПММ | Середнє квадратичне відхилення | Коефіцієнт варіації | Закон розподілу |
|---|------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 1          | $f(m) = \frac{1}{10,5\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(34,5-m)^2}{2*10,5^2}}$          | 35,88                                 | 10,5                           | 0,31                | нормальний      |
| 2 | 1'         | $f(m) = \frac{1}{12,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(45,2-m)^2}{2*12,2^2}}$          | 45,19                                 | 12,2                           | 0,295               | нормальний      |
| 3 | 2          | $f(m) = \frac{1}{14,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(47,5-m)^2}{2*14,7^2}}$          | 46,49                                 | 14,7                           | 0,319               | нормальний      |
| 4 | 2'         | $f(m) = \frac{1}{15,9\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(54,3-m)^2}{2*15,9^2}}$          | 55,28                                 | 15,9                           | 0,292               | нормальний      |
| 5 | 3          | $f(m) = \frac{1}{18,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(60,81-m)^2}{2*18,7^2}}$         | 61,79                                 | 18,7                           | 0,318               | нормальний      |
| 6 | 3'         | $f(m) = \frac{1}{23,3\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(81,14-m_0)^2}{2*23,3\sigma^2}}$ | 81,16                                 | 23,3                           | 0,281               | нормальний      |
| 7 | 4          | $f(m) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(121,03-m_0)^2}{2*34,7^2}}$    | 131,03                                | 34,7                           | 0,287               | нормальний      |

Для трактора ДТ-75 результати статистичної обробки подано в таблиці 3.5, а їхні графіки на рис. 3.5.

Таблиця 3.5 – Залежність функції густини  $f(m)$  розподілу втрат  $m$  ПММ за видами ТО трактора ДТ-75: 1, 1' - під час ЩТО; 2, 2' - під час ТО-1; 3, 3' - під час ТО-2 відповідно в стаціонарних і польових умовах; 4 - під час ТО-3 у стаціонарних умовах.

| № | Позначення | Залежність функції розподілу втрат ПММ за видами ТО                          | Математичне очікування маси втрат ПММ | Середнє квадратичне відхилення | Коефіцієнт варіації | Закон розподілу |
|---|------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|
| 1 | 1          | $f(m) = \frac{1}{4,69\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(14,9-m)^2}{2*4,69^2}}$          | 14,9                                  | 4,65                           | 0,312               | нормальний      |
| 2 | 1'         | $f(m) = \frac{1}{6,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(22,2-m)^2}{2*6,7^2}}$            | 22,2                                  | 6,7                            | 0,301               | нормальний      |
| 3 | 2          | $f(m) = \frac{1}{17,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(59,27-m)^2}{2*17,2^2}}$         | 59,2                                  | 17,2                           | 0,290               | нормальний      |
| 4 | 2'         | $f(m) = \frac{1}{19,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(63,3-m)^2}{2*19,7^2}}$          | 63,3                                  | 19,7                           | 0,311               | нормальний      |
| 5 | 3          | $f(m) = \frac{1}{30,2\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(97,8-m)^2}{2*30,2^2}}$          | 97,8                                  | 30,2                           | 0,308               | нормальний      |
| 6 | 3'         | $f(m) = \frac{1}{40,6\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(81,14-m_0)^2}{2*40,6\sigma^2}}$ | 130,3                                 | 40,6                           | 0,311               | нормальний      |
| 7 | 4          | $f(m) = \frac{1}{55,7\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(194,4-m_0)^2}{2*55,7^2}}$       | 194,4                                 | 55,7                           | 0,286               | нормальний      |

Беручи до уваги  $\overline{Mq}$  по МТЗ-80 і маючи аналогічні дані по МТЗ-1221, К-744 і ДТ-75, відповідно були обчислені коефіцієнти  $K_2$ . Потім результати

обчислень, отримані в кількості 30 по кожній моделі трактора, що відповідало прийнятому числу спостережень, були оброблені на ПК.

На наступному етапі було визначено розрахункові коефіцієнти втрат ПММ  $K_3$  за тими ж моделями тракторів, за якими було проведено статистичні випробування. Потім було обчислено абсолютні та відносні значення похибки визначення  $K_3$  - загальна похибка розрахункового методу. Отримані результати подано в таблиці 3.6 і також показані на рис. 3.6.

Таким чином, під час статистичних випробувань, під час реалізації експериментально-розрахункового методу оцінки втрат ПММ під час ТО у виробничих умовах, визначено статистичні оцінки коефіцієнтів  $K_2$  тракторів МТЗ-1221, К-744 і ДТ-75у зіставленні з МТЗ-80. Надалі отримані результати також зіставлено з результатами визначення цих самих показників розрахунковим методом. Зрештою визначено похибку цього методу.

Проведено статистичну оцінку моделі за коефіцієнтом  $K_2$ , отриманим на основі порівняння показників контрольованих тракторів (МТЗ-1221, К-700, ДТ-75) і їхнього аналога з найменшими втратами ПММ під час ТО (МТЗ-80): закон розподілу  $K_2$  за критерієм Пірсона  $P(\chi^2)$  – нормальний; відносна помилка визначення  $K_2$  – не більше 5 % (4,6 %) за довірчої ймовірності  $\alpha$ , що дорівнює 0,95.

Похибка розрахункового методу визначена за результатами випробувань розрахунково-експериментального методу. При цьому встановлено, що загальна відносна похибка розрахункового методу за названими моделями тракторів не перевищує 12 %, до числа якої входить випадкова похибка в межах від 3,9 до 4,6 %, а також систематична похибка в межах від 5,5 до 7,7 %.

Отже, відповідно до вимоги точності практичне застосування розрахункового методу визначення втрат ПММ під час ТО тракторів за коефіцієнтом втрат ПММ цілком прийнятне. У результаті запропоновано два методи оцінки втрат ПММ під час ТО тракторів (коефіцієнтами  $K_2$  і  $K_3$ ) - експериментально-розрахунковий і розрахунковий.

Таблиця 3.6 – Результати статистичного опрацювання експериментальних даних за К<sub>2</sub>.

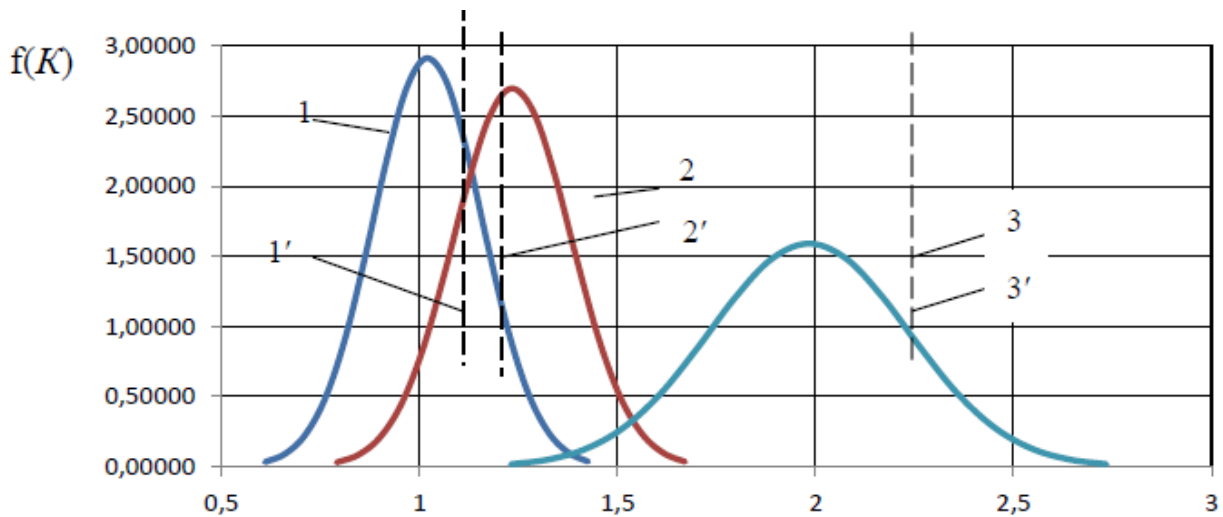
| Параметри                         | Позначення            | Результати опрацювання даних за марками тракторів: |       |       |
|-----------------------------------|-----------------------|----------------------------------------------------|-------|-------|
|                                   |                       | МТЗ-1221                                           | К-700 | ДТ-75 |
| 1. Обсяг спостережень, шт.        | $N$                   | 50                                                 | 50    | 50    |
| 2. Математичне очікування         | $\bar{K}_2$           | 1,030                                              | 1,241 | 1,991 |
| 3. Середнє квадратичне відхилення | $S$                   | 0,141                                              | 0,143 | 0,254 |
| 4. Коефіцієнт варіації            | $V$                   | 0,14                                               | 0,13  | 0,14  |
| 5. Абсолютна помилка              | $\Delta$              | 0,051                                              | 0,062 | 0,081 |
| 6. Відносна помилка, %            | $\overline{\delta}_x$ | 4,7                                                | 4,5   | 3,8   |
| 7. Закон розподілу                | Гауса                 | Гауса                                              | Гауса | Гауса |
| 8. Критерій згоди Пірсона         | $P(\chi^2)$           | 4,76                                               | 4,22  | 1,49  |

Таблиця 3.7 – Результати визначення похибки К<sub>3</sub>

| Параметри                                                         | Позначення  | Результати опрацювання даних за марками тракторів: |       |       |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|----------------------------------------------------|-------|-------|
|                                                                   |             | МТЗ-1221                                           | К-700 | ДТ-75 |
| 1. Експериментальне значення коефіцієнта (математичне очікування) | $\bar{K}_2$ | 1,022                                              | 1,241 | 1,985 |
| 2. Розрахункове значення значення коефіцієнта                     | $K_3$       | 1,082                                              | 1,150 | 2,141 |
| 3. Абсолютна похибка (модуль різниці)                             | $\Delta_c$  | 0,061                                              | 0,087 | 0,154 |
| 4. Відносна похибка, %                                            | $\delta_c$  | 5,8                                                | 7,1   | 7,8   |
| 5. Загальна похибка                                               | $\delta_o$  | 10,6                                               | 11,6  | 11,7  |

Перший із них може бути застосований під час експлуатації тракторів у сільськогосподарських підприємствах і державних приймальних випробуваннях (ДПВ), а другий - на етапі проектування і випуску тракторів з виробництва.

На завершальному етапі за наведеними результатами статистичних випробувань було визначено сумарні втрати ПММ за цикл ТО (за період напрацювання 1000 мотогод.) за марками тракторів, прийнятими для експериментального дослідження.



*Коефіцієнти втрат ПММ*

Рис. 3.6 – Коефіцієнти втрат ПММ під час ТО тракторів, отримані експериментальним  $\bar{K}_2$  (криві нормального розподілу) і розрахунковим  $K_3$  (вертикальні штрихові лінії, що відповідають  $\bar{K}_2$ ) методами: 1-1' – МТЗ-1221; 2-2' – К700Р; 3-3' – ДТ-75

Оскільки за порівняльну базу було прийнято трактор МТЗ-80 як такий, що має найменші втрати ПММ під час ТО, а також найменше число змащувально-заправних операцій, то значення  $\bar{K}_2$  за цією маркою тракторів дорівнює одиниці, а  $M_{qд}$  і  $M_{qц}$  рівні між собою. Результати розрахунків подано в таблиці 3.8.

Таблиця 3.7 – Результати визначення сумарних втрат ПММ  $M_{ц}$  за цикл ТО тракторів.

| Трактори | Показники:                        |                                                          |                                                           |                                           |
|----------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
|          | коефіцієнт втрат ПММ, $\bar{K}_2$ | питомі сумарні допустимі втрати ПММ $M_{qд}$ , г/мотогод | питомі сумарні втрати ПММ за цикл ТО $M_{qц}$ , г/мотогод | сумарні втрати ПММ за цикл ТО $M_{ц}$ , г |
| МТЗ-80   | 1,000                             | 1,170                                                    | 1,170                                                     | 1170                                      |
| МТЗ-1221 | 1,021                             | 1,170                                                    | 1,195                                                     | 1195                                      |
| К-744    | 1,235                             | 1,170                                                    | 1,445                                                     | 1445                                      |
| ДТ-75    | 1,984                             | 1,170                                                    | 2,321                                                     | 2321                                      |

Середні втрати ПММ під час ТО цих марок тракторів за цикл, кратний ТО-3, становлять 1534 г.

## Висновки по розділу

Проведено статистичну оцінку математичної моделі за коефіцієнтом, отриманим на основі порівняння показників контрольованих тракторів (МТЗ-1221, К-700, ДТ-75) і їхнього аналога з найменшими втратами ПММ під час ТО (МТЗ-80). Закон розподілу коефіцієнта втрат ПММ за критерієм Пірсона  $P(\chi^2)$  - нормальний; відносна помилка його визначення - не більше 5 % (4,6 %) при довірчій ймовірності  $\alpha$ , що дорівнює 0,95. Встановлено, що відносна похибка розрахункового методу стосовно розрахунково-експериментального не перевищує 8 % (7,7 %).

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що втрати ПММ під час ТО тракторів становлять від 5 до 10 % від загальної кількості ПММ, що використовується під час ТО тракторів.

. Розроблено методи оцінки втрат ПММ із застосуванням обраних засобів їх контролю: один з них - на основі вимірювання втрат за питомою масою ПММ у плямі на екрані; інший – за зміною маси екрана.

Встановлено, що середні втрати ПММ за цикл ТО тракторів (1000 мотогодин) становлять: по МТЗ-80 - 1170 г; МТЗ-1221 - 1195 г; К-700 - 1445 г; ДТ-75 - 2321 г.

Виробнича перевірка основних результатів досліджень було здійснено в умовах сільгосп підприємств Житомирської області у 2022-2023 роках. Отримано статистичні дані для оцінки величини втрат ПММ і коефіцієнтів визначення втрат ПММ під час ТО тракторів МТЗ-80, МТЗ-1221, К-744 і ДТ-75.

Проведено статистичну оцінку математичної моделі за коефіцієнтом, отриманим на основі порівняння показників контрольованих тракторів (МТЗ-1221, К-700, ДТ-75) і їхнього аналога з найменшими втратами ПММ під час ТО (МТЗ-80). Закон розподілу коефіцієнта втрат ПММ за критерієм Пірсона  $P(\chi^2)$  - нормальний; відносна помилка його визначення - не більше 5 % (4,6 %) при довірчій ймовірності  $\alpha$ , що дорівнює 0,95. Встановлено, що відносна похибка розрахункового методу стосовно розрахунково-експериментального не перевищує 8 % (7,7 %).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Д.Г. Войтюк, Сільськогосподарські машини. Київ: Каравела, 2004. 580с.
2. Статистичний щорічник України за 2014 рік. Державний комітет статистики України. Київ.: 2015. 534 с.
3. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський та ін.; за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. Київ : Аграрна наука. 2004. 396 С.
4. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки. за ред. В.І. Кравчука, М.І. Грицишина, С.М. Коваля. Київ : Аграрна наука, 2018. 405с.
5. Адамчук В. В. Формування і розвиток ринку сільськогосподарської техніки в Україні. *Вісник аграрної науки*. 2013. №7. С. 5-9.
6. Макаренко М.Г. Перспективи тракторобудування / М.Г.Макаренко // *Агробізнес сьогодні*. 2014. № 9. С. 54-58.
7. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.04 / Аулін Віктор Васильович; Хмельниц. нац. ун-т. Хмельницький, 2015. 36 с.
8. Савуляк В.І. Наукові засади формування на сплавах заліза композиційних металокарбідних шарів зі стабільними структурами та підвищеними трибо технічними характеристиками: Автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.02.01 / В.І. Савуляк; НАН України. Ін-т проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича. Київ. 2004. 39 с.
9. Деркач О.Д., Буря О.І. Підвищення технічного рівня електро-, автомобільного транспорту та сільськогосподарської техніки за рахунок використання нових матеріалів. Наукові рекомендації: Дніпропетровськ: ДДАУ. 2011. 71 с.

10. Кузнецова О.Ю. Розробка фулереновмісних композитних матеріалів на основі фенілону для деталей конструкційного призначення: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.02.01 / Луцький національний технічний університет, 2013. – 23 с.
11. Деркач О.Д. Дослідження трибологічних та електромагнітних властивостей металовмісних композитів на основі вуглепластиків. *Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка*. Харків, 2014. Вип. 145. С. 207-210.
12. Кашицький В. П. Наукові підходи до створення самозмащувальних епоксикомпозитних трибоматеріалів. *Наукові нотатки*. 2015. Вип. 50. С. 76-80.
13. Випробування сільськогосподарської техніки. Оцінювання показників надійності при скорочених ресурсних випробуваннях. Стандарт Мінагрополітики України. СОУ 74.3-37-04604309-904:2010. – 19с.
14. Козаченко О.В. Практикум з теорії технічної експлуатації сільськогосподарської техніки. Харувів : ХНТУСГ, 2008. 49 с.
15. Савченко В., **Савчук В.** Класифікація втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 401-403.
16. Савченко В.М., **Савчук В. А.**, Марусенко Д.Г. Розробка способів оперативного контролю величини втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-24 листопада 2023 р.)*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 245-251
17. Савчук В.А. Методи та засоби обліку втрат паливно-мастильних матеріалів в процесі технічного обслуговування. *Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та*

енергетики. 25 жовтня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 51-53.

18. Бора́к К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.

19. Савченко В., Савчук В. Класифікація втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С. 401-403.

20. Савченко В.М., Савчук В. А., Марусенко Д.Г. Розробка способів оперативного контролю величини втрат паливно-мастильних матеріалів під час технічного обслуговування тракторів *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали V Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-24 листопада 2023 р.)*. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. С. 245-251

21. Савчук В.А. Методи та засоби обліку втрат паливно-мастильних матеріалів в процесі технічного обслуговування. *Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 51-53.*