

НУБІП України

НУБІП України

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.12 – КМР. 1855 “С” 2020.11.25. 010 ПЗ

КЛЬОВА ЯРОСЛАВ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

2022 р.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (НИ)

Конструювання та дизайну

УДК 621.431.73.004

ПОГОДЖЕНО

Декан факультету

Конструювання та дизайну

(назва факультету)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Надійності техніки

(назва кафедри)

Ружи́ло З.В.

(підпис)

(ПІБ)

2022 р.

Нови́цький А.В.

(підпис)

(ПІБ)

2022 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему «Обґрунтування параметрів контролю рульового управління

колісних тракторів при їх технічному обслуговуванні»

Спеціальність

133 – «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма

«Машини та обладнання сільськогосподарського

виробництва»

(назва)

Орієнтація освітньої програми

ОСВІТНЬО-НАУКОВА

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Д.Т.Н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

Ловейкі́н В.С.

(підпис)

(ПІБ)

Керівники магістерської кваліфікаційної роботи:

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Банний О.О.

(ПІБ)

Виконав:

(підпис)

Чльова Я.Є.

(ПІБ студента)

КИЇВ - 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет (НИ)

Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Надійності техніки

(назва кафедри)

к.т.н., доцент

Новицький А.В.

(підпис)

(ПНБ)

“ ”

2020 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

Кльова Ярослав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність

133 – «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітня програма «Машини та обладнання сільськогосподарського
виробництва»

(назва)

Орієнтація освітньої програми

освітньо-наукова

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема магістерської роботи: «Обґрунтування параметрів контролю рульового
управління колісних тракторів при їх технічному обслуговуванні»

затверджена наказом ректора НУБіП України від 25 листопада 2020р.
№ 1855 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру

2022.05.05

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської роботи прилади контролю вільного ходу рульового
колеса, та інші. В ролі дослідженої деталі обрано з'єднання рульових тяг
тракторів.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Виконати аналіз існуючих методів діагностики рульового колеса тракторів.
2. Визначити параметричні залежності експлуатаційних показників в залежності
від режимів технологічного процесу відновлення.
3. Розробити математичну модель процесу відновлення і визначити оптимальні
технологічні режими.

Дата видачі завдання “15” жовтня 2020 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

к.т.н., доцент

(назва ступінь та вчене звання)

(підпис)

Банний О.О.

(ПНБ)

Завдання прийняв до виконання

Кльова Я.О.

(підпис)

(прізвище та ініціали студента)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	10
1.1 Вільний хід кермового колеса як параметр технічного стану кермового управління	10
1.2 Процес формування вільного ходу рульового колеса	17
1.3 Методи та засоби визначення вільного ходу рульового колеса	21
1.3.1 Методи визначення вільного ходу рульового колеса	21
1.3.2 Технічні засоби контролю вільного ходу кермового колеса	27
1.3.2.1 Відомі засоби контролю	27
1.3.2.2 Засоби контролю на рівні винаходів	32
1.4 Висновки та завдання дослідження	44
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ РУЛЬОВОГО УПРАВЛІННЯ	47
2.1 Постановка та формалізація завдань удосконалення та вибору засобів контролю	47
2.2 Математичний опис реалізації ресурсу об'єкта контролю при ранньому та пізньому обслуговуванні	49
Висновки до 2-го розділу	52
РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	54
3.1 Програма експериментального дослідження	54
3.2 Методика експериментальної перевірки на функціонування засобів контролю рульового управління	56
3.3 Методика визначення основних технічних характеристик експериментальних приладів та їх статистичної оцінки	58
3.4 Методика визначення ймовірностей раннього та пізнього обслуговування	62

Висновки до 3-го розділу.....	66
РОЗДІЛ 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЇХНІ РЕЗУЛЬТАТИ	67
4.1 Експериментальна перевірка засобів визначення вільного ходу рульового колеса на функціонування.....	67
4.2 Основні технічні характеристики експериментальних приладів та їх статистична оцінка.....	73
4.3. Диференційна функція та параметри розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса».....	80
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	85
5.1. Економічний ефект від впровадження вдосконалених та обраних засобів контролю кермового керування тракторів.....	85
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	90
ДОДАТКИ	95

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

Л-ВК, Л-ПН, Л-ПП, Л-МК - експериментальні прилади для визначення вільного ходу рульового колеса на основі вимірної лінійки (Л) у поєднанні з методами та засобами контролю початку повороту керованих коліс:

ВК - візуальний метод контролю,

ПН - прожектор із настінним екраном,

ПП - прожектор із портативним екраном,

МК - миша комп'ютерна;

К-ВК, К-ПН, К-ПП, К-МК - аналогічні прилади на базі оптико-механічного кутоміра (К) у поєднанні з тими ж методами та засобами контролю початку повороту керованих коліс;

РУ - рульове управління;

ВХРК - вільний хід рульового колеса;

ТО - технічне обслуговування.

ВСТУП

Сучасний етап розвитку сільського господарства характеризується дедалі більшою концентрацією, спеціалізацією та агропромисловою інтеграцією виробництва. Цей процес висуває нові вимоги до складу технічних засобів та їх характеристик, а також до системи технічного обслуговування (ТО) та ремонту машин загалом [62].

Кермо - найважливіша складова частина трактора. Його технічний стан суттєво впливає на безпеку дорожнього руху, а також на безпеку та якість виконання польових механізованих робіт [54]. Крім того, кермо є основним споживачем м'язової енергії оператора і тому найбільше впливає на його стомлюваність, здоров'я і здатність правильно виконувати задані функції протягом усього робочого часу.

Кермо управління підлягає щорічному інструментальному контролю органами Держтехнагляду України [87]. Статистика показує, що через технічні несправності тракторів нашої країни у середньому на рік відбувається від 3 до 5 % ДТП, найбільша частина яких пов'язана зі станом кермового управління [51, 130, 134].

Відповідно до вимог, що забезпечують безпеку праці при використанні тракторів та машин за призначенням, вільний хід рульового колеса при двигуні не повинен бути більше 25 град. [1]. Проведене нами обстеження показало, що у сільськогосподарських підприємствах Іркутської області 50-60% тракторів типу МТЗ експлуатується з вільним ходом рульового колеса, що перевищує допустиме значення цього параметра. Це пояснюється наявністю у господарствах великої кількості старої техніки (її вік 20 років і більше), відсутністю ремонтно-обслуговуючої бази, а також дефіцитом коштів на ТО та ремонт [131].

Водночас від початку 60-х років минулого століття до нашого часу вітчизняною промисловістю створено понад 10 моделей приладів визначення вільного ходу кермового колеса. У процесі їх вдосконалення абсолютна похибка вимірювання залишилася на тому самому рівні ± 1 град., габаритні розміри збільшилися в 10 разів, маса - у 5 разів, вартість - у 4,3 рази, а трудомісткість

вимірювання параметра - у 2,3 рази. При цьому сучасні прилади набули нових споживчих якостей, таких як можливість збереження інформації в пам'яті та видачі отриманих даних у вигляді протоколу, які можуть бути потрібні лише органами Держтехнагляду.

Однак у рядових господарствах, ремонтно-технічних та сервісних підприємствах сучасні електронні прилади не знаходять застосування. Тут потрібні прилади, які б мали простоту конструкції, високу надійність, універсальність, доступність у придобанні та зручність у використанні.

Відомо, що використання найпростіших методів та засобів діагностування у практичній експлуатації машин дає великий економічний ефект і своєї актуальності не втрачає [105]. Сьогодні слід розробляти та виробляти недорогі, але надійні засоби діагностування, необхідні насамперед для технічного обслуговування машин [99]. Практика застосування технічних засобів діагностування показує, що максимальні втрати виходять при вимірюваннях приладами з найбільшою похибкою та мінімальні - з найменшою похибкою. Тому дослідження, спрямовані на обґрунтування вибору засобів діагностування, є актуальними та мають ресурсозберігаючі значення для агропромислового комплексу [61].

У цьому має місце дві проблеми. Перша проблема - удосконалення чи створення нових приладів з урахуванням потреб та особливостей сучасного сільськогосподарського виробництва. Друга проблема - вибору приладів. Теоретично вона виникає тоді, коли утворюється номенклатура засобів, однакових за призначенням. Практично ця проблема має місце вже тоді, коли користувачеві доводиться вибирати один із кількох запропонованих приладів різного типу. Вирішенню цих проблем і присвячено справжню роботу.

Мета дослідження - зниження витрат праці та коштів на проведення технічного обслуговування тракторів за рахунок удосконалення приладів у напрямку зниження питомої вартості контролю кермового управління.

Об'єкт дослідження - процес діагностування кермового керування колісних тракторів за їх технічного обслуговування.

Предмет дослідження – закономірності функціонування засобів контролю кермового управління колісних тракторів.

Як гіпотезу прийнято припущення про те, що зниження витрат праці та засобів на технічне обслуговування тракторів можливе внаслідок зниження питомої вартості контролю кермового управління.

У розвиток цієї гіпотези в роботі виконано обґрунтування показника вдосконалення та вибору засобів визначення вільного ходу рульового колеса, а також представлені названі експериментальні прилади, розроблені на основі

нових технічних рішень. Ці прилади пройшли експериментальну перевірку, найкращі з них рекомендовані для практичного застосування з урахуванням кількості машин у господарстві.

На завершення визначено економічну ефективність запровадження обраних та вдосконалених приладів.

Положення, що виносяться на захист:

1. Математична модель функціонування засобів контролю рульового управління колісних тракторів, розроблена з урахуванням обсягу робіт з діагностування, ймовірностей та витрат раннього та пізнього обслуговування.

2. Удосконалені на основі нових технічних рішень прилади для визначення вільного ходу рульового колеса та результати їх експериментальної перевірки, а також результати оцінки приладів відповідно до показника функціонування засобів контролю.

РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Вільний хід кермового колеса як параметр технічного стану кермового управління

Рульове управління (РУ) призначене для забезпечення руху машини по заданій траєкторії та складається з кермового механізму та кермового приводу.

Рульовий механізм перетворює обертання рульового колеса в поступальне переміщення тяг приводу, тобто передає зусилля рульового колеса на рульовий привід [33].

Найбільш поширені в даний час колісні трактори МТЗ і ПМЗ забезпечені кермовим механізмом з гідропідсилювачем, що діє на передні керовані колеса, трактори Т-150К і «Кіровоць» всіх модифікацій - гідромеханічним РУ, за допомогою гідросистеми, що змінює взаємне положення шарнірно з'єднаних напіврам. Різні конструктивні рішення елементів керування визначають ряд можливих несправностей, властивих лише певної марки трактора. У той самий час практика показує, що якісні ознаки порушення працездатності РУ і пов'язані з нею несправності однакові всім тракторів [96].

Для елементів керування всіх колісних тракторів вітчизняного виробництва встановлені одні й ті самі параметри та якісні ознаки технічного стану. Параметр «вільний хід рульового колеса» є непрямим (функціонально-залежним від структурного) параметром по відношенню до прямого (структурного) параметра «зазори в поєднаннях поздовжніх та поперечних тяг».

Причому параметр «зазори у сполученнях поздовжніх і поперечних тяг» віднесений до групи I, при перевищенні якого даний об'єкт, що діагностується, втрачає працездатність в силу вичерпання ресурсу або в результаті виникнення критичного дефекту. Відновити його працездатність можна тільки ремонтом або заміною складової частини, що відмовила. Для порівняння зазначимо, що до групи II віднесені параметри, при перевищенні яких відновити працездатність можна за технічне обслуговування об'єкта [3].

Тепер проаналізуємо взаємозв'язок параметра «вільний хід кермового колеса» з діагностичною ознакою «збільшено вільний хід кермового колеса» та з «можливими несправностями складових частин РУ» за названим параметром

(рис. 1.1, складений за даними [113, 114]). Загалом тут простежується логічний зв'язок: «параметр - ознака - несправності». Це дозволяє проводити діагностування за принципом: від цілого до приватного. Інакше висловлюючись, як робити поглиблене поелементне діагностування складного механізму, необхідно визначити його технічний стан комплексно за узагальненими параметрами чи показниками ефективності (робочими параметрами). Використання цього принципу спрощує та раціоналізує процеси діагностування [106]. Отже, непрямий параметр «вільний хід рульового колеса» є узагальненим діагностичним параметром та його контролюють при кожному другому періодичному технічному обслуговуванні [113,114]. Діагностичні параметри побічно характеризують структурні, які є параметрами певних фізичних процесів та безпосередньо зумовлюють технічний стан виробу [107].

Аналізуючи рис. 1.1, необхідно звернути увагу на те, що всі несправності за параметром «вільний хід рульового колеса», крім п. 1 «збільшено зазор у карданних шарнірах рульового приводу», п. 2 «збільшено зазор у черв'ячній парі» та 4 «підвищено зазори в поєднаннях поздовжніх і поперечних тяг», можуть бути усунені шляхом проведення операцій технічного обслуговування (підтяжкою, регулюванням, прокачуванням і т. д.). Однак наслідки відмов «збільшено зазор у карданних шарнірах рульового приводу», «збільшено зазор у черв'ячній парі» та «підвищено зазори у сполученнях поздовжніх та поперечних тяг» можуть бути усунені тільки шляхом ремонту, при якому повинні бути замінені відповідні конструктивні елементи: карданні шарніри, черв'ячна пара, вкладиші та пальці поздовжніх та поперечних тяг. Тому дані відмови слід кваліфікувати як ресурсні.

І ще один аспект, що стосується рис. 1.1.

Непрямий (або діагностичний) параметр "вільний хід рульового колеса" не пов'язаний з аналогічним параметром за функціональним призначенням "зусилля на обід рульового колеса".

У свою чергу, діагностична ознака «збільшено вільний хід рульового колеса» практично так само не пов'язана з іншими діагностичними ознаками

рульового управління, зокрема, з ознакою «підвищене зусилля на рульовому колесі».

НУБІП УКРАЇНИ

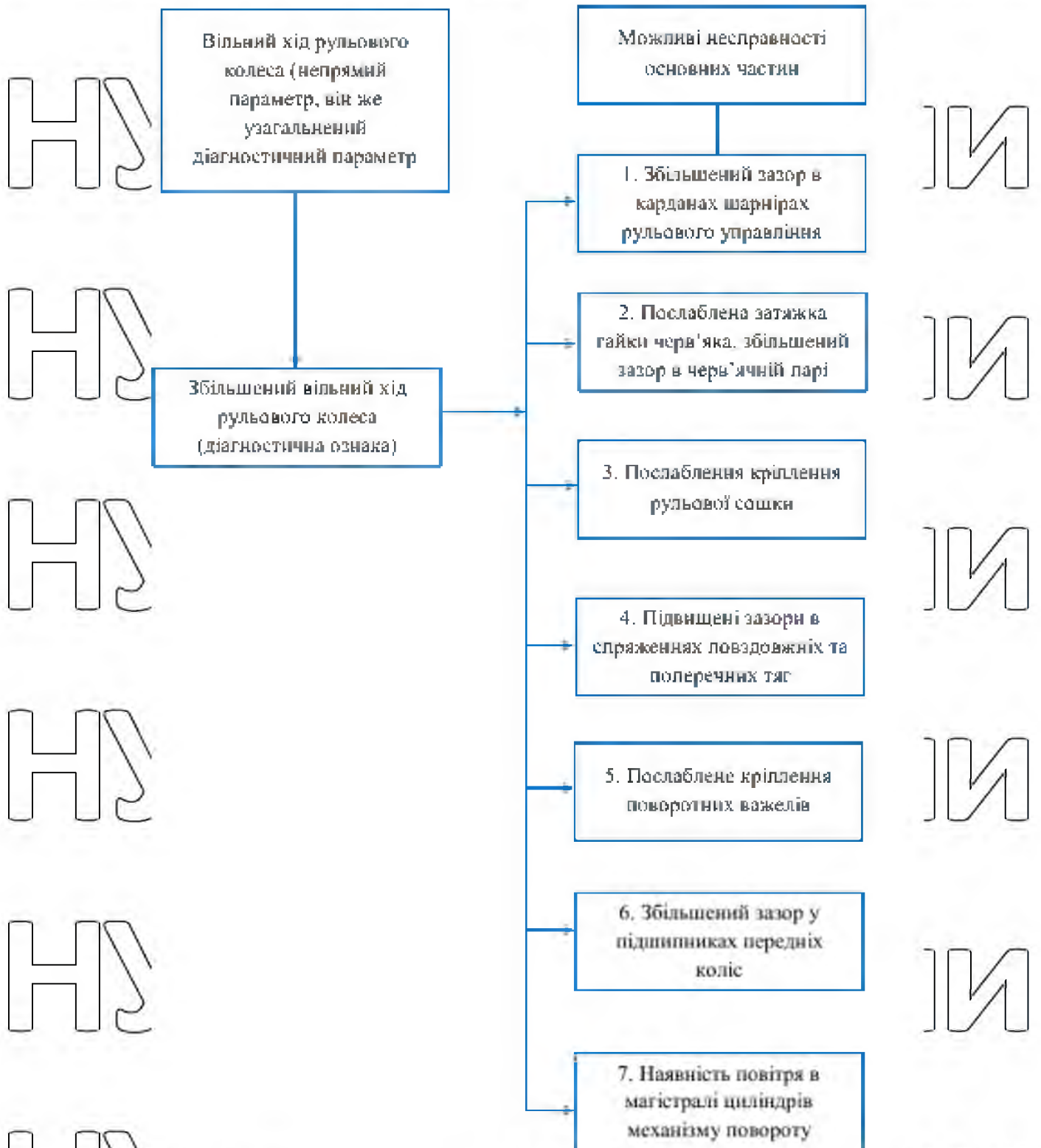


Рисунок 1.1 - Взаємозв'язок параметра «вільний хід кермового колеса» з діагностичною ознакою «збільшено вільний хід кермового колеса» та з можливими несправностями складових частин кермового управління

Так, наприклад, діагностична ознака «підвищене зусилля на рульовому колесі» передбачає такі можливі несправності [107]:

1. Розрегульований запобіжний клапан
2. Збільшено витоку олії в розподільнику.
3. Порушено ущільнення поршня гідروциліндра.
4. Знижена подача насоса.
5. Підсмоктування повітря в гідросистему.
6. Заїдання черв'ячної пари.

Таким чином, система «параметр – ознака – несправності», що відноситься до параметра «вільний хід рульового колеса», є незалежною від інших аналогічних систем РУ.

Інші характеристики аналізованого параметра зводяться до наступному.

Параметр «вільний хід рульового колеса» орієнтований на кінематичний метод діагностування, який базується на вимірі відносного переміщення деталей та є одним із основних методів визначення технічного стану механічних систем. У цьому сенсі "вільний хід рульового колеса" – це сумарний зазор в кінематичному ланцюгу рульового управління [107].

Зміна сумарних зазорів у кінематичному ланцюгу рульового механізму залежно від напруження узгоджується з класичною кривою процесу зношування, що складається з періодів приробітку, нормального та аварійного зношування. Сумарний зазор безпосередньо залежить від сумарного зносу всіх сполучень, що входять в контрольований кінематичний ланцюг механізму, і є тому узагальненим діагностичним параметром [17].

Відповідно до вимог, що забезпечують безпеку праці при використанні тракторів та машин за призначенням, «люфт рульового колеса при двигуні не повинен бути більше 25 град.» [1]. Ця ж вимога пред'являється до сільськогосподарських та лісопромислових тракторів за обов'язкової сертифікації [11]. Однак у джерелах [98, 17] наведено нормативні значення параметра «вільний хід рульового колеса», які відповідають цим вимогам з усіх марок вітчизняних колісних тракторів. Наприклад, по тракторах К-701, К-700А

та МТЗ-80/82 нормативні значення даного параметра рівні: номінальне – 20, допустиме – 25 та граничне – 36 град.

Параметр «вільний хід рульового колеса» підлягає щорічному інструментальному контролю органами Держтехнагляду Російської Федерації [87]. Цей параметр включено до Переліку основних несправностей та умов, за яких забороняється експлуатація машин, якщо «сумарний люфт у рульовому управлінні перевищує допустимі значення, вказані заводом-виробником» [87].

Параметр «вільний хід рульового колеса» нової машини є показником якості (точності) її виготовлення, зокрема, РУ та, природно, безпеки її використання за призначенням.

Вимірювання параметра проводилися на виставковому майданчику при працюючому двигуні приладом ІСЛ-М з 9-кратною повторністю і за однією методикою, викладеною в посібнику з експлуатації цього приладу.

Отримані результати наведено у табл. 1.1.

Таблиця 1.1– Результати статистичної оцінки параметра «вільний хід рульового колеса» нових тракторів різних марок

Марка трактора	N , шт.	\bar{X} , град.	$\sigma_{\bar{X}}$, град.	V_X	Δ , град.	δ , %	$\gamma = \frac{X_{II}}{\bar{X}}$
МТЗ-80/82	9	6,2	0,68	0,11	0,51	8,2	4,0
МТЗ-1221	18	7,4	1,11	0,15	0,52	7,0	3,4
К-744	6	10,6	0,95	0,09	0,95	9,0	2,4
«Джон Дір»	8	2,2	0,22	0,10	0,18	8,2	11,4

Дані табл. 1.1 показують таке. Усі трактори за параметром «вільний хід рульового колеса» відповідають вимогам стандарту безпеки, оскільки цей параметр не перевищує 25 град. При цьому найбільше значення параметра \bar{X}

має трактор К-744 – 10,6 град., найменше – «Джон Дір» – 2,2 град., що майже в 5 разів менше, ніж по К-744. За тракторами МТЗ цей параметр майже в 3,5 рази

більший, ніж по трактору "Джон Дір". Якщо прийняти відношення $\gamma = \frac{X_{II}}{\bar{X}}$ за

коефіцієнт, характеризує запас ресурсу за параметром «вільний хід рульового колеса», то трактором «Джон Дір» він максимальний – 11,4, по К-744 – лише 2,2.

Середнє зважене значення параметра вітчизняних марок тракторів становило 1,7 град., що у 3,5 разу більше, ніж по трактору «Джон Дір». Відносна похибка

отримання \bar{X} не більше 10% при довірчій ймовірності $P_{\alpha} = 0,95$. Таким чином,

чим точніше (більше якісно) виконані сполучення РУ, тим менший вільний хід рульового колеса. Щодо цього вітчизняні трактори поки що істотно відстають від аналогічних машин іноземного виробництва.

У практиці експлуатації тракторів вільний хід рульового колеса, як відомо, збільшується внаслідок зношування пар (карданних шарнірів, черв'ячних пар, поздовжніх і поперечних тяг, підшипників передніх коліс) або послаблення кріплень (гайки черв'яка, рульової сошки і поворотних важелів). У цьому дуже важливо знати, які елементи РУ як і часто піддаються ремонтно-обслуговуючим впливам з відновлення параметра до нормативних значень.

Для того, щоб відповісти на це питання, нами проведено відповідне дослідження на основі опитування експертів. Його методика полягала у наступному. До роботи було залучено 40 експертів-механізаторів, які

відпрацювали на тракторі МТЗ-80 по 3 і більше років. Кожному експерту було представлено анкету з переліком усіх можливих несправностей РУ (за рис. 1.1),

крім такої несправності як «Наявність повітря у магістралях циліндрів механізму повороту». Завдання експертів полягало в тому, щоб розподілити у відсотковому

відношенні всі несправності РУ (100%) щодо його конструктивних елементів. З

отриманої інформації були виключені значення, що різко виділяються, за критерієм Ірвіна [102]. Після чого за кожним пунктом переліку несправностей

було обчислено середнє значення. Таким чином, було знайдено розподілу несправностей, які впливають вільний хід рульового колеса, по елементам РУ (рис. 1.2).

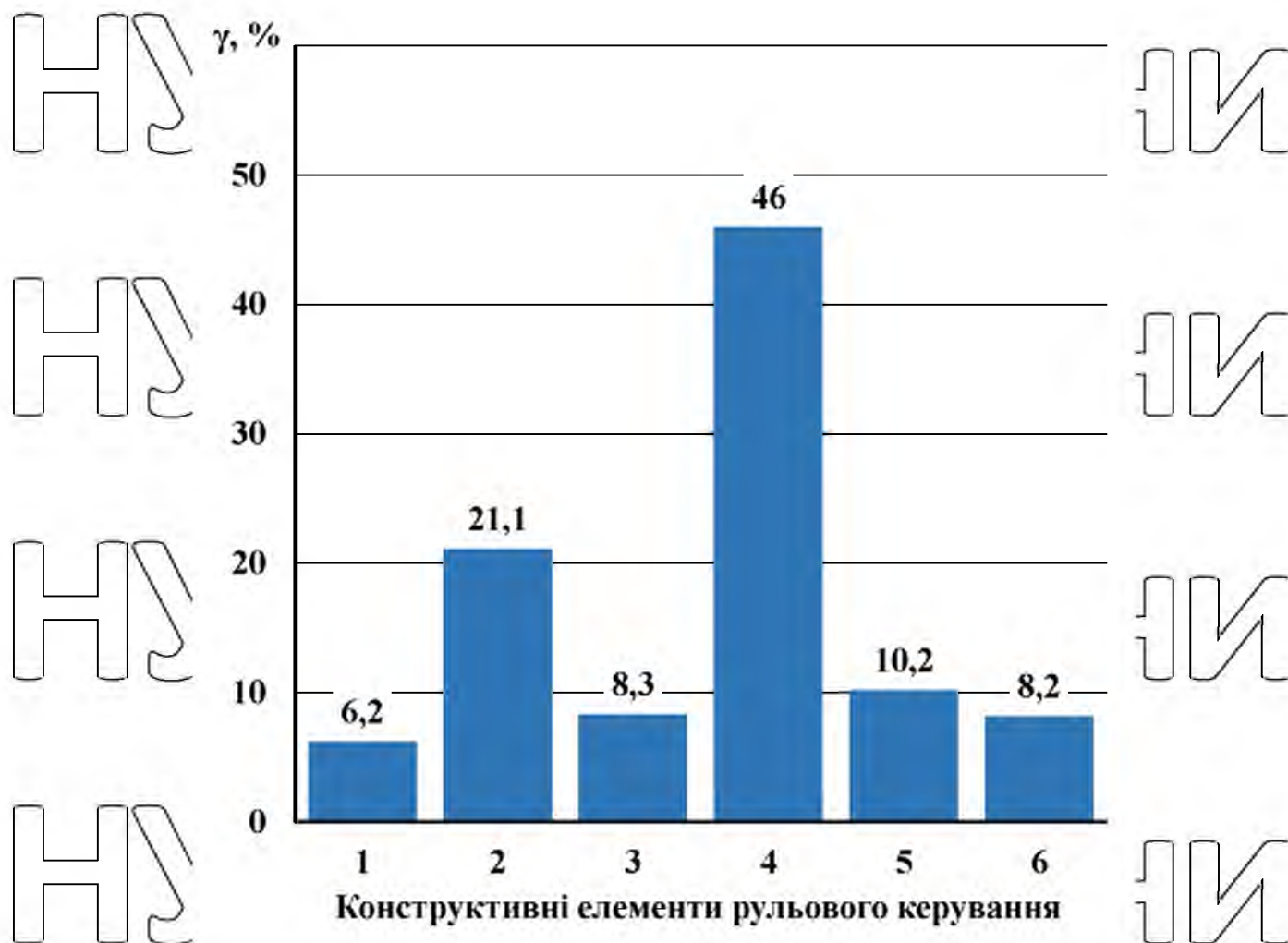


Рисунок 1.2 – Розподіл γ несправностей, що впливають на вільний хід

кермового колеса, по елементам кермового керування трактора МТЗ-80:

1 - карданні шарніри кермового приводу; 2 - ГУР (гайка черв'яка, черв'якова пара); 3 - рульова сошка; 4 - сполучення поздовжніх та поперечних тяг; 5 - поворотні важелі; 6 - підшипники передніх коліс; цифри над стовпцями - числові значення γ у %.

Аналіз одержаних результатів показує наступне. Найбільша частка несправностей, що впливають на вільний хід рульового колеса, припадає на поєднання поздовжніх і поперечних тяг - 46,0%. На другому місці - гідропідсилювач (ГУ) (21,1 %). На третьому - поворотні важелі (10,2%). Найменша частина несправностей (6,2%) відноситься до карданних шарнірів кермового приводу. Таким чином, виходить, що приблизно половина всіх

прийнятих до уваги несправностей РУ припадає на поздовжні та поперечні тяги, п'ята частина – на ГУР. Усі інші несправності – у межах від 6 до 10%.

Результати проведеного дослідження можуть бути прийняті до уваги при пошуку несправностей РУ, коли вільний хід рульового колеса дорівнює граничному значенню або перевищує його. В цьому випадку в першу чергу перевіряють зазори в поєднання поздовжніх і поворотних тяг, потім - кріплення рульової сошки та поворотних важелів. Такий підхід зумовлений ще й тим, що ці перевірки мають невелику трудомісткість. Після усунення наслідків цих несправностей знову визначають вільний перебіг рульового колеса. Якщо його значення не перевищує встановлені межі, то пошук несправностей припиняють. Якщо ні, то перевіряють стан ГУР, а також регулювання підшипників передніх коліс.

На завершення не можна не відзначити, що в літературі, нормативно-технічній документації, у довідниках та інших джерелах інформації часто підміняють стандартну назву параметра «вільний хід рульового колеса» [3] на «люфт рульового колеса» [1], «сумарний люфт у рульовому управлінні» [117], «кутовий люфт рульового колеса» [111] та інші назви. Зрозуміло, за змістом вони відповідають ГОСТ 20760-75 [3], проте за наявності стандартної назви таке різночитання є неприпустимим. Тому надалі, як і тут, ми завжди наводитимемо лише стандартну назву параметра «вільний хід рульового колеса» [3].

1.2 Процес формування вільного ходу рульового колеса

Під процесом формування розумітимемо послідовну зміну станів кермового управління (РУ), при якому формується (утворюється) контрольована фізична величина, у нашому дослідженні – вільний хід кермового колеса.

Знайдемо математичний опис процесу вимірювання параметра «вільний хід рульового колеса» за умови, що гідропідсилювач РУ відповідає всім вимогам, що висувуються до нього, і не впливає на його значення. Тоді вільний хід рульового колеса належатиме лише від стану інших (механічних) конструктивних елементів, а також їх геометричних параметрів.

Однак цих елементів в РУ може бути кілька (множина) і, зрозуміло, кожен із них має бути врахований при описі. Аналіз на прикладі тракторів типу МТЗ [15] показує, що всі механізми РУ можуть бути ідентифіковані у вигляді важільного механізму (рис. 1.2), що містить провідне 1 і ведене 2 ланки. Причому провідне ланка 1 завжди взаємодіє з веденим 2 тільки після вибору деякого зазору.

Отже, нехай при вимірі вільного ходу повертають обід рульового колеса за годинниковою стрілкою (праворуч). При цьому провідна ланка 1 (ОА), кінематично пов'язана з віссю рульового колеса, вибираючи зазор S, повернеться на кута α і займе положення ОВ. В даному випадку кут α є вільний хід рульового колеса - у першому конструктивному елементі РУ, наприклад, в карданній передачі. Надалі знайдемо його математичний опис.

З прямокутного трикутника ОСО (рис. 1.3) маємо:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{CB}{OB}. \quad (1.2)$$

При $CB = S/2$ та $OB = R$ вираз (1.2) набуде вигляду:

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{S}{2R}. \quad (1.3)$$

де R - радіус обертання провідної ланки.

З рівняння (1.3) отримаємо

$$\frac{\alpha}{2} = \arcsin \frac{S}{2R}. \quad (1.4)$$

або

$$\alpha = 2 \arcsin \frac{S}{2R}. \quad (1.5)$$

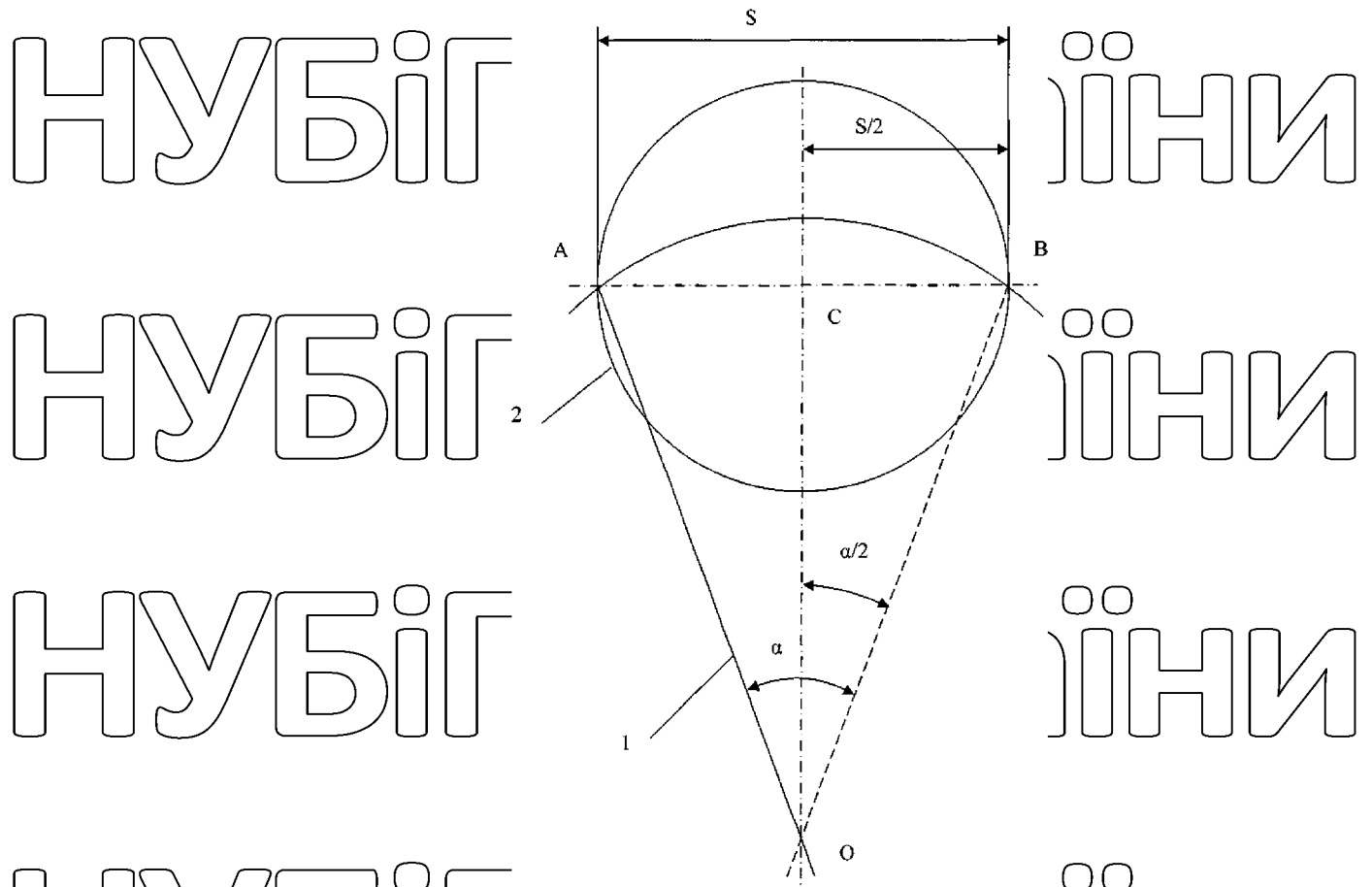


Рисунок 1.3 - Геометрична модель процесу формування вільного ходу рульового колеса в ідентифікованому механізмі рульового управління (позначення в тексті)

Таким чином, рівняння (1.5) є математичним описом вільного ходу рульового колеса, якщо механізм РУ складається з одного конструктивного елемента. Для знаходження сумарної величини вільного ходу кермового колеса

α_C прийнемо, що РУ включає у собі кілька N_C послідовно складених механізмів від N_1 до N_n що можна записати у такому вигляді:

$$N_C = N_1 + N_2 + N_3 + \dots + N_n. \quad (1.6)$$

З урахуванням виразу (1.6) знайдемо шуканий математичний опис сумарного значення вільного ходу рульового колеса.

$$\alpha_C = \sum_{i=1}^n 2 \arcsin \frac{S_i}{2R_i} \quad (1.7)$$

де S_i та R_i , відповідають S і R в i -механізмі; n - число i -механізмів.

Математичний опис (1.5) вільного ходу рульового колеса в РУ, що складається з одного механізму, ілюстровано графічно на рис. 1.4.

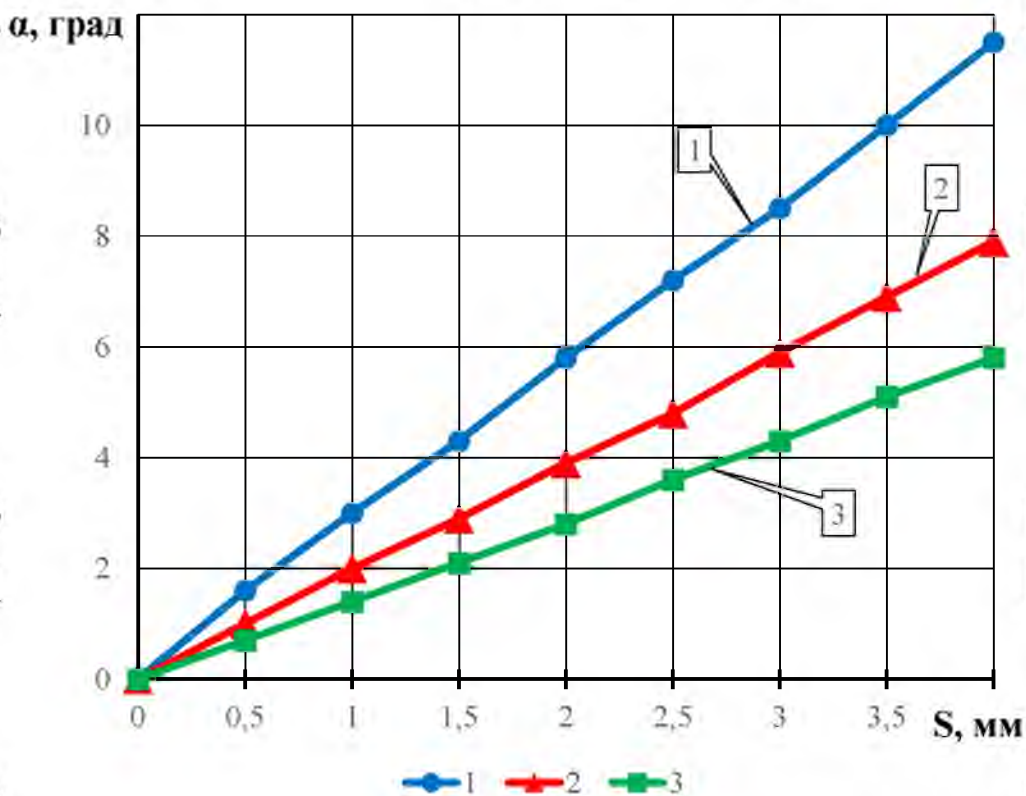


Рисунок 1.4. Зміна локсту α в рульовому управлінні залежно від зазору S при різних значеннях радіуса R провідної ланки: 1, 2, 3 – при R , рівному 20, 30 та 40 мм (точки розрахунків).

Таким чином, встановлено, що результат формування вільного ходу рульового колеса залежить від кількості механізмів, що входять до складу РУ, а вільний хід рульового колеса, що відноситься до кожного механізму - від зазору в поєднанні ведучого та веденого ланок, а також від радіусу провідної ланки [122]. Якщо кількість конструктивних елементів, що входять до складу РУ постійне, а їх параметри (радіуси ланок) однакові, то вільний хід рульового колеса як результат залежатиме тільки від зазорів у поєднаннях ведучого та провідного ланок. Це дає підставу вважати, що дійсно вільний хід рульового колеса безпосередньо залежить від сумарного зносу всіх єднотичень, що входять до складу РУ. Таким чином, сумарний знос є, тому, узагальненим діагностичним параметром.

1.3 Методи та засоби визначення вільного ходу рульового колеса

На першому етапі аналізу представимо методи та засоби вимірювання як такі – у загальному вигляді, що представляють технології діагностування рульового управління (РУ). Проте спочатку, для конкретизації предмета аналізу, дамо визначення тим поняттям, якими надалі оперуватимемо.

При цьому виходитимемо з того, що методи базуються на способах.

Спосіб (у загальному розумінні) - процес виконання взаємопов'язаних дій над матеріальним об'єктом та за допомогою матеріальних об'єктів. Для порівняння: метод - форма здійснення способу, методика - сукупність дій з практичного виконання чогось [78, 83.].

Спосіб вимірювання - це процес знаходження досвідченим шляхом з оцінною точністю заздалегідь вибраної фізичної величини, наприклад вільного ходу рульового колеса.

Метод виміру - сукупність дій з практичної реалізації способу виміру.

Технічний засіб вимірювання (вимірювальний пристрій) – комплекс технічних засобів для вимірювання окремої фізичної величини (параметра), її реєстрації та відліку.

Технічне діагностування – це процес визначення технічного стану виробу з певною точністю [17].

Засоби технічного діагностування (ЗТД) – сукупність коштів, з допомогою яких здійснюють оцінку стану об'єкта [77].

Технологія діагностування - перелік технологічних операцій, що виконуються у встановленій послідовності. Технологія діагностування конкретного агрегату зазвичай включає використання певних методів діагностування [17].

Тепер перейдемо до виявлення та аналізу методів та засобів вимірювання вільного ходу кермового колеса.

1.3.1 Методи визначення вільного ходу рульового колеса

Вивчення стандартів [1,3,2,4,5,7], що належать до сільськогосподарським тракторам та їх експлуатації, посібників з експлуатації колісних тракторів [29, 113, 114] та іншої нормативно-технічної документації показує, що до цього часу

методи визначення вільного ходу рульового колеса названих тракторів не регламентовані. Протиставимо в цьому відношенні автомобілі. На автотранспортні засоби діє стандарт ГОСТ Р 51709-2001 [8], який у частині кермового управління передбачає визначення параметра, його граничні значення, вимоги до кермового управління та методи його перевірки. Слід пам'ятати, що ГОСТ 51709-2001 не поширюється на трактори, комбайни та інші самохідні сільськогосподарські машини.

Разом з тим в аналогічному за призначенням стандарті [1], що стосується сільськогосподарських тракторів, зазначено: «Люфт рульового колеса при працюючому двигуні не повинен перевищувати більше 25° ». Звідси випливає, що вимірювання вільного ходу кермового колеса повинно проводитись при двигуні, що працює. Однак в іншому стандарті [4] рекомендовано виконувати цю операцію як на працюючому, так і непрацюючому двигуні. У посібниках з діагностування тракторів [11, 12, 13] рекомендацію «вимірювати вільний хід рульового колеса на непрацюючому двигуні» враховано при розробці відповідних технологічних карт. У посібниках з експлуатації тракторів МТЗ-80/82 та МТЗ-100/102 [13, 14] режим роботи двигуна при вимірюванні вільного ходу кермового колеса не обумовлено. Проте в посібнику з експлуатації сучасного трактора МТЗ-1221 чітко сказано: «При дизелі, що працює, кутовий люфт рульового колеса не повинен перевищувати 25° ».

Отже, отримані дані суперечливі. У цій ситуації слід взяти до уваги вимогу ГОСТ 12.2.019-2005 [1], відповідно до якої вимірювання вільного ходу кермового колеса має проводитись при двигуні, що працює. Вивчення літературних джерел [32, 106, 108] підтверджує сказане.

Інший аспект щодо методів вимірювання вільного ходу рульового колеса. Він полягає у наступному. Із запровадженням стандарту ГОСТ Р 51709-2001 [8] з початку 2002 р. виникла необхідність виміру сумарного люфта в рульовому управлінні автомобілів (так цей параметр називається відповідно до зазначеного стандарту) з урахуванням початку повороту керованих коліс. Цей метод швидко увійшов у практику проведення технічного огляду автомобілів, хоча до введення в дію названого стандарту вимірювання даного параметра проводилося як на

автомобілях, так і на тракторах тільки за нормованим зусиллям, що додається до рульового колеса. Необхідність переходу на метод вимірювання з урахуванням початку повороту керованих коліс пояснюється більшою високістю точністю вимірювання параметра, оскільки при цьому виключаються похибки, зумовлені, наприклад, заклинювання рульового механізму. У цій ситуації у сфері науки і практики щодо експлуатації тракторів виникло аналогічне завдання - про можливість переходу на новий метод вимірювання вільного ходу рульового колеса. Однак до цього часу стандартами [1, 2, 3, 4, 5, 7] не передбачено такого переходу. Метод вимірювання вільного ходу рульового колеса з урахуванням початку повороту керованих коліс поки що не рекомендований і заводами-виробниками тракторів [29, 113, 114]. Разом з тим у посібниках з діагностування тракторів представлені обидва методи: по нормованому зусиллю - в [111] і фіксації початку повороту керованих коліс - в [112]. виникло аналогічне завдання - про можливість переходу на новий метод вимірювання вільного ходу рульового колеса. Однак до цього часу стандартами [1, 2, 3, 4, 5, 7] не передбачено такого переходу. Метод вимірювання вільного ходу рульового колеса з урахуванням початку повороту керованих коліс поки що не рекомендований і заводами-виробниками тракторів [29, 113, 114]. Разом з тим у посібниках з діагностування тракторів представлені обидва методи: по нормованому зусиллю - в [111] і фіксації початку повороту керованих коліс - в [112]. виникло аналогічне завдання - про можливість переходу на новий метод вимірювання вільного ходу рульового колеса. Однак до цього часу стандартами [1, 2, 3, 4, 5, 7] не передбачено такого переходу. Метод вимірювання вільного ходу рульового колеса з урахуванням початку повороту керованих коліс поки що не рекомендований і заводами-виробниками тракторів [29, 113, 114]. Разом з тим у посібниках з діагностування тракторів представлені обидва методи: по нормованому зусиллю - [111] і по фіксації початку повороту керованих коліс - в [112].

Таким чином, отримані дані також є суперечливими. Безумовно, підвищене зусилля на обід рульового колеса, будучи несправністю тракторів [29, 13, 14], призводить до спотворення вимірюваного значення вільного ходу

рульового колеса у бік зменшення, якщо його вимірювання проводити за нормованим зусиллям. Ця похибка виключається, коли вимірювання параметра виконують фіксації початку повороту керованих коліс. Тому найбільш точним методом виміру вільного ходу рульового колеса слід визнати метод, який враховує початок повороту керованих коліс. У зв'язку з цим йому слід віддати перевагу.

І, нарешті, останній аспект, що стосується методів. Дуже часто практики як інженери-механіки, так і інженери-інспектори Держтехнагляду визначають вільний хід рульового колеса візуально. При цьому вважають, що результат такого «вимірювання» є цілком прийнятним. Ми спробували розібратися, чи це так?

Для цього групі інженерів-практиків у складі 28 осіб (більше половини з них – інженери-інспектори) було запропоновано візуально визначити вільний хід керованого колеса трактора МТЗ-80, без будь-яких вимірювальних приладів та інструментів. У цьому початок повороту керованих коліс також визначалося візуально. Після чого кожен експерт виміряв цей параметр приладом ІСЛ-М. Вимірювання проводилися при працюючому двигуні, з тією ж 9-кратною повторністю, на тому ж тракторі і за тією ж методикою. Обробка експериментальних даних було виконано за джерелами [100, 102]. Отримані результати наведено у табл. 1.2.

Вони показують таке. Абсолютна похибка вимірів візуального методу становила 7,5 град., відносна – 40,5 %. При їх знаходженні за основу порівняння було прийнято варіант вимірювання вільного ходу рульового колеса приладом ІСЛ-М, а сам прилад - за зразок. Середня квадратична похибка (середнє квадратичне відхилення) візуального методу – 7,5 град., із застосуванням приладу ІСЛ-М – 2,2 град., що у 3 рази менше, ніж за візуальному визначенні даного параметра. Розкид випадкової (вимірюваної) величини у першому варіанті ($V_1 = 0,29$) значно більше, ніж у другому ($V_2 = 0,12$). Відмінність середніх \bar{X}_1 від \bar{X}_2 за критеріями як Стьюдента, і Романовського істотно. В результаті маємо два діагнози: за першим варіантом «Рульове управління несправне»

($\bar{X}_1 > X_{II}$ або $26,0 > 25,0$ град.), по другому – «Рульове управління справне» (

$\bar{X}_2 > X_{п} (18,5 < 25,0 \text{ град.})$. Звичайно, правильний діагноз той, який встановлено на підставі об'єктивних даних, отриманих за показаннями приладу. Отже, визначати вільний хід кермового колеса візуально неприйнятно навіть досвідченим діагностам.

Таблиця 1.2 – Результати статистичної оцінки варіантів вимірювань параметра «вільний хід рульового колеса»

Найменування параметрів	Варіанти вимірювання вільного ходу рульового колеса:	
	візуальний	приладом ІСЛ-М
1. Обсяг спостережень, шт.	$N_1 = 28$	$N_2 = 28$
2. Математичне очікування, град.	$\bar{X}_1 = 26,0$	$\bar{X}_2 = 18,5$
3. Середнє квадратичне відхилення, град.	$S_1 = 7,5$	$S_2 = 2,2$
4. Коефіцієнт варіації	$V_1 = 0,29$	$V_2 = 0,12$
5. Абсолютна похибка (модуль різниці), град.: $\Delta = \bar{X}_1 - \bar{X}_2 = 26,0 - 18,5 = 7,5$		
6. Відносна похибка, %: $\delta = \frac{\Delta}{\bar{X}_2} 100 = \frac{7,5}{18,5} 100 = 40,5$		
7. Середнє квадратичне відхилення об'єднаної вибірки: $S = 1,06$		
8. Число Стюдента: $t = 26,5$		
9. Параметр розподілу t : $\sigma_1 = 1,019$		
9. Оцінки суттєвої різниці \bar{X}_2 від \bar{X}_1 за критеріями: Стюдента – $P(\bar{X}_1 - \bar{X}_2 \geq 7,5) \approx 0 < 0,05$; Романовського – $\frac{ t }{\sigma_t} = \frac{26,5}{1,019} = 26,0 > 3$.		

Однак у практиці технічного діагностування в переважній більшості випадків спочатку встановлюється попередній діагноз, який уточнюється за допомогою інструментальних методів [107]. Наприклад, при діагностуванні рульового управління попередньо на дотик контролюють порушення посадок у

з'єднаннях деталей. Так, щодо відносного переміщення деталей оцінюють зазори в шарнірних з'єднаннях рульових тяг, ослаблення кріплень деталей [107]. Таким же чином перевіряють осьовий зазор у підшипниках направляючих коліс (похитуванням або переміщенням вивішеного колеса по осі підшипника) або нагрівання підшипника і маточини в роботі, а також в результаті перевірки легкості обертання вивішеного колеса [36]. Водночас це зовсім не означає, тепер представимо викладені методи вимірювання вільного ходу кермового колеса в узагальненому вигляді – у табл. 1.3.

З табл. 3.1 випливає, що наявні державні стандарти не дають чіткої регламентації щодо застосування методів вимірювання вільного ходу кермового колеса. Відповідно до джерел, прийнятих до уваги при аналізі, найкращим є метод вимірювання вільного ходу рульового колеса, що дозволяє враховувати початок повороту керованих коліс. При цьому вимір проводять при працюючому двигуні, якщо трактор оснащений гідропідсилювачем РУ. Якщо вимірювання вільного ходу рульового колеса виконують для вирішення конкретних діагностичних задач, наприклад пошуку несправностей, бажано відтворювати РУ як при працюючому, так і непрацюючому двигуні. Так, великий вільний хід рульового колеса при працюючому двигуні вказує на зношеність хрестовин валу приводу, збільшений зазор в зачепленнях «сектор - рейка», «черв'як - сектор», шарнірах рульових тяг, підшипників направляючих коліс.

Таблиця 1.3 – Методи визначення вільного ходу кермового колеса

Методи вимірювання параметра	Державний стандарт, що регламентує метод	Перевага при виборі методу (так, ні) відповідно до джерел, прийнятих до уваги
<i>1. Методи, що враховують необхідність роботи двигуна під час вимірювання параметра</i>		
1.1 При працюючому двигуні	ГОСТ 12.2.019-2005 [1], ГОСТ 20793-86 [4]	Так - для тракторів, оснащених гідропідсилювачем РУ
1.2 При непрацюючому двигуні	ГОСТ 20793-86 [4]	Так - для тракторів, у конструкції яких не передбачений гідропідсилювач РУ

<i>2. Методи, що відрізняються фіксацією вимірюваної величини</i>		
2.1 За нормованим зусиллям, доданим до обода рульового колеса	Відсутнє	Ні
2.2 По початку повороту керованих коліс	Відсутнє	Так
<i>3. Візуальний метод</i>		
3.1 Візуальний метод	Відсутнє	Ні
Примітка - Регламентация методів: за ГОСТ 12.2.019-2005 [1] - обов'язкова, за ГОСТ 20793-86 [4] - рекомендована		

Великий вільний хід (більше 15 град.) рульового колеса при непрацюючому двигуні вказує на зношування крестовини валу приводу або появу зазору в зачепленні «сектор - черв'як» [20]. Вочевидь, ці особливості слід враховувати під час виборів методу вимірювання вільного ходу рульового колеса.

1.3.2. Технічні засоби контролю вільного ходу кермового колеса

1.3.2.1 Відомі засоби контролю

Представимо та проаналізуємо технічні засоби вимірювання вільного ходу рульового колеса (далі для простоти викладу – прилади) у хронологічному порядку, що практично відповідає принципу: «від простого до складного». У табл. П.1.1 наведено усі прилади, відомі з літературних джерел.

Спробуємо уважно проаналізувати процес створення та вдосконалення цих приладів.

Етап 1 – створення механічних приладів .

Перший механічний прилад для перевірки технічного стану РУ було створено СРСР на початку 60-х років минулого століття. Вже 1966 р. цей прилад був представлений у каталозі-довіднику [39]. Його загальний вигляд показаний у табл. П.1.1 [39], а пристрій – на рис. 1.5 [64]. Прилад був призначений для діагностування автомобілів ГАЗ-51 та ЗІЛ-150 і дозволяв визначати два параметри: силу тертя в кермовому керуванні та вільний хід кермового колеса. Він складається з пружинного динамометра зі скебою, стрілки люфметра та фіксатора правого колеса, що складається з двох трубчастих регульованих по довжині розпірок, що встановлюються між ресорою та фланцем поворотної

цифри. Її абсолютна похибка показань за ціни розподілу 1 град, становила $\pm 0,5$ град. Вартість – 18 руб. [39] або у перекладі на сучасні гроші – приблизно 900 руб. Габаритні розміри – 410x112x42 мм. Маса – 3,1 кг. Розробник – НДІ автомобільного транспорту (НДІАТ), виробник – Казанський завод ГАРО.

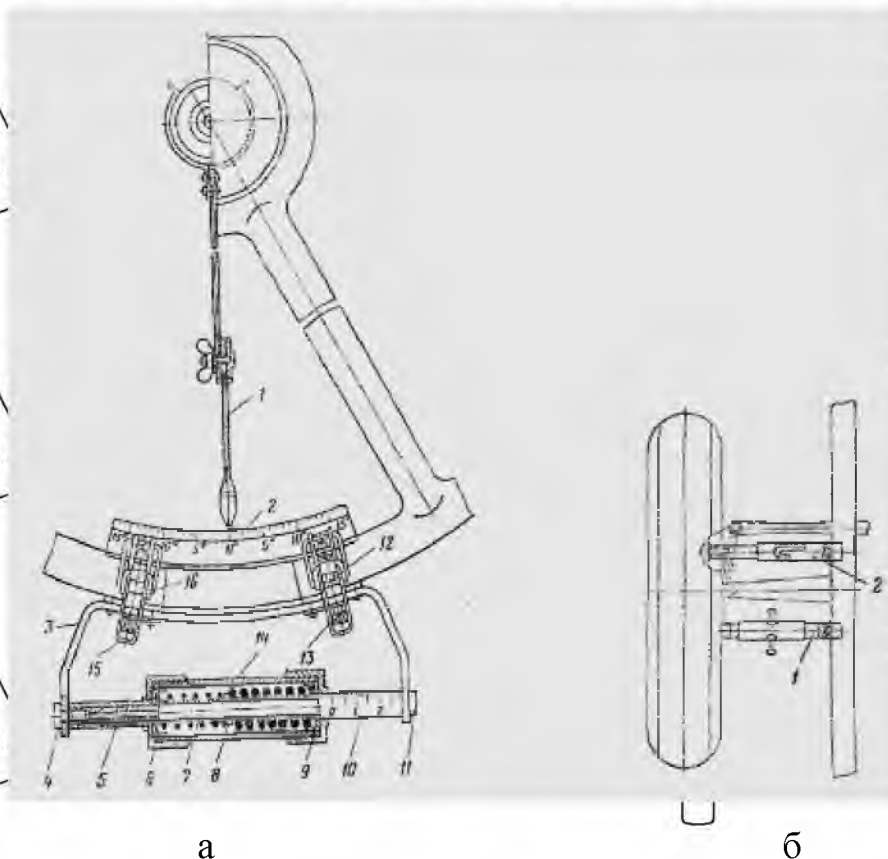


Рисунок 1.5. Прилад моделі 523: а – пристрій: 1 – стрілка; 2 – шкала люфтметра; 3 – скоба; 4, 11 – гвинти; 5, 10 – втулки; 6, 9 – бічні шайби; 7 – вісь; 8 – проміжна шайба, встановлена між двома пружинами; 12, 16 – замки; 14 – ручка динамометра; б - фіксація правого колеса: 1, 2 – трубчасті розпірки.

Конструкцію приладу моделі 523 було виконано правильно. Кут обмежений межами вимірів шкали люфтметра, точно збігається з кутом повороту обода рульового колеса у цих межах (рис. 1.5). Причому шкала люфтметра має форму правильного транспортира. Вимірювання вільного ходу рульового колеса проводять після фіксації керованого колеса, що дозволяє вибрати і виміряти повний кут повороту.

Недоліки приладу моделі 523. Відсутність універсальності: прилад можна було використовувати тільки при діагностуванні РУ, оснащених рульовими

колесами, діаметр яких дорівнює діаметру рульового колеса ЗН-150 або ГАЗ-51 (за умови, що діаметри рульових коліс цих машин є рівними). Висока трудомісткість підготовчо-заклюнних робіт, обумовлена необхідністю фіксації керованого колеса. Великі габаритні розміри та маса приладу внаслідок того, що до його складу входять розпірки-фіксатори.

Слід зазначити, що, незважаючи на це, у 1970 р. цей прилад був прийнятий до використання при діагностуванні колісних тракторів, про що свідчить джерело [24], в якому показано конструкцію цього приладу, а також порядок його застосування.

Надалі були спроби вдосконалення приладу моделі 523. У результаті 1973 р. було створено аналогічний прилад НІИДТК-402. З метою універсалізації в цьому приладі шкала люфметра виконана таким чином, щоб можна було використовувати його при діагностуванні РУ, рульові колеса яких мають різний діаметр. Однак це завдання не було вирішено правильно. Витягнута в ширину шкала люфметра при однаковій відстані між штрихами, виконаними паралельно один щодо одного і спрямованими до центру обертання рульового колеса, не дозволяє враховувати діаметр обода рульового колеса, що призводить до додаткової систематичної похибки приладу. (Зауважимо, що це зовсім не

відноситься до приладу моделі 523, оскільки шкала люфметра в цьому приладі є лінійною, що є частиною кола.) Насправді, з рис. 1.5 неважко бачити, що при зменшенні радіусу обода довжина дуги (як і довжина хорди) між суміжними штрихами також зменшується і при радіусі обода, що дорівнює нулю, довжина дуги між штрихами теж дорівнює нулю. Ця закономірність підтверджується внаслідок аналізу функції

$$L = \frac{2\pi R}{n} \quad (1.8)$$

де L - довжина дуги (хорди) між суміжними штрихами шкали люфметра,

$2\pi R$ - довжина кола радіусу R , у разі - радіус обода рульового колеса;

n - число штрихів. Знайдемо межу функції (1.8) при $n = const$ і отримаємо математичне підтвердження сказаного, тобто

НУБІП УКРАЇНИ

$$\lim_{R \rightarrow 0} \frac{2\pi R}{n} = 0.$$

Далі, для зниження трудомісткості діагностування, габаритних розмірів та маси з конструкції приладу моделі 523 виключені розпірки-фіксатори, але при цьому введені нормовані зусилля залежно від маси машини (0,75; 1,0; 1,25 кгс), які слід докладати до обіду у процесі вимірювання вільного ходу кермового колеса. У зв'язку з цим виник інший недолік: відсутність можливості точного вимірювання даного параметра у разі заїдання механізмів РУ.

Незважаючи на наявні недоліки, прилад НДІАТ-К-402 проіснував більше 20 років: приблизно з 1973 по 1 січня 2002, тобто до введення стандарту РФ ГОСТ Р 51709-2001 [8]. Крім того, в 1973 р. прилад К-402 був прийнятий до використання при діагностуванні колісних тракторів, зокрема, включений до каталогу відповідних засобів технічного обслуговування цих машин [55]. До речі, застосування цього приладу для вимірювання вільного ходу кермового колеса не заборонено.

Прилад НДІАТ-К-187 за конструкцією, принципом дії та недоліками аналогічний НДІАТ-К-402. Можна лише відзначити, що він має менші габаритні розміри та масу за рахунок компактнішої конструкції динамометра. Прилад НДІАТ-К-187 створений пізніше свого попередника і вперше згаданий у літературі 1979 р. [34]. У 2001 р. він включений до каталогу приладів та обладнання для державних інспекцій з нагляду за технічним станом самохідних машин та інших видів техніки у Російській Федерації [88]. Чи потрібен такий прилад Держтехнагляду?

Прилади КРИЗ949 і КІ-16333 ГОСПНТЪ [31, 107] призначені тільки для діагностування РУ колісних тракторів. Наприклад, КІ-13949 є індикатор. Шкала люфтметра в цьому приладі виконана для конкретних марок тракторів (Кіровоць, Т-150К, Білорусь і Т-25) і має відповідні зони. Перевагою цих приладів є простота конструкції, малі габарити, маса та вартість. Однак вони не дозволяють визначити числове значення вільного ходу кермового колеса. Крім того, вони непридатні для діагностування РУ інших марок тракторів, якщо діаметр їхнього

обода рульового колеса не співпадає з цим же параметром тракторів, позначених на шкалі люфтметра. Слабкою конструктивною ланкою приладу КІ-13949 є гумова присоека, яка швидко втрачає свої властивості, що не дозволяє надійно фіксувати стрілку на вітровому склі.

В цілому, механічні прилади більш ніж за 50-річний термін свого розвитку так і не набули достатньої досконалості і тому вони не мають прийнятних для практики експлуатаційних властивостей. Нині ці прилади не випускаються вітчизняної промисловістю.

Етап 2-створення оптико-механічних приладів. Необхідність створення таких приладів обумовлена низьким рівнем досконалості механічних приладів, недоліки яких викладено вище. Відмінною особливістю оптикомеханічних приладів є те, що в їх конструкції як вимірювальний елемент вільного ходу обода рульового колеса (кута повороту обода) вперше застосована прозора герметична ампула у вигляді тора, порожнина якої заповнена рідиною, що низькозамерзає (спиртом) з залишеним бульбашкою повітря. В результаті показання такого приладу незалежно як від діаметра обода рульового колеса, так і від його нахилу до горизонтальної площини [126]. Це дозволило створити прилад із покращеними експлуатаційними властивостями. Зокрема, він має універсальність, достатню точність і високу надійність, має малі габаритні розміри і масу, зручний при використанні за призначенням. Як і механічні прилади, він дозволяє вимірювати два параметри.

Етап 3-створення механічних приладів зі світловим сигналізатором. Цей етап зумовлений, з одного боку, необхідністю створення простих механічних приладів. До теперішнього часу створено два такі прилади: КІ-28163 ДЕРЖСНІТІ та К-524М. Їх розробниками та виготовлювачами є відповідно ДЕРЖСНІТІ та ТОВ «Автоспецобладнання». Причому перший прилад призначений для діагностування РУ тракторів, а другий – автомобілів. За допомогою першого приладу можна виміряти два параметри – вільний хід кермового колеса та зусилля на обід рульового колеса, другим – тільки сумарний люфт у кермовому управлінні (для тракторів – вільний хід кермового колеса).

Етап 4 – створення електронних приладів. Постало завдання: створення спеціального приладу для інструментального контролю при технічному огляді автомобілів, показання якого не залежали б від людського фактора, могли б бути збережені в пам'яті та видані у вигляді протоколу. В даний час науково-виробнича фірма «МЕТА» (Росія) випускає два типи таких приладів: ІСЛ-М – для інструментального контролю автомобілів та ІСЛ-М-01ГТН – для тракторів. Чи вдалося розв'язати ці завдання розробникам та виробникам? Останні два завдання, безумовно, вирішено. Що ж до людського чинника, він поки що не виключено, оскільки процесом виміру як і управляє людина, а чи не робот. Наші спостереження показують, що результат вимірювання при застосуванні приладів типу ІСЛ значною мірою залежить від швидкості обертання рульового колеса при вимірюванні.

Результати проведеного якісного аналізу доповнені техніко-економічними характеристиками приладів (отримані з посібників з експлуатації приладів, а також з рекламної інформації).

Отже, в даний час назріла гостра необхідність створення нових приладів, які б мали простоту конструкції, високу надійність, універсальність, доступність у придбанні та зручність у використанні.

1.3.2.2 Засоби контролю на рівні винаходів

В останні роки знайдено нові технічні рішення на рівні винаходів, спрямовані на створення нових технічних засобів вимірювання вільного ходу кермового колеса за мінімальних витрат праці та матеріально-грошових ресурсів. Основними з них є: лінійка вимірювальна та оптико-механічний кутомір. Представимо названі об'єкти винаходів докладніше.

Лінійка вимірювальна як засіб вимірювання вільного ходу кермового колеса. Застосування лінійки засноване на способі визначення вільного ходу рульового колеса за мітками, нанесеними на обід рульового колеса в момент початку повороту керованих коліс, щодо міток на панелі приладів і в центрі рульового колеса [16]. Вимірювання цього параметра виконують наступним чином (рис. 1.8).

Встановлюють керувані колеса в положення руху прямо. Наносять мітку 5 у вигляді точки на рульове колесо 4 в центрі його обертання і мітку 2 на панелі приладів 1 таким чином, щоб її центр лежав у вертикальній площині, паралельній поздовжньої осі симетрії трактора і проходить через центр обертання обода рульового колеса 4. Для наочності все мітки на рис. 1.8 показані як штрихів.

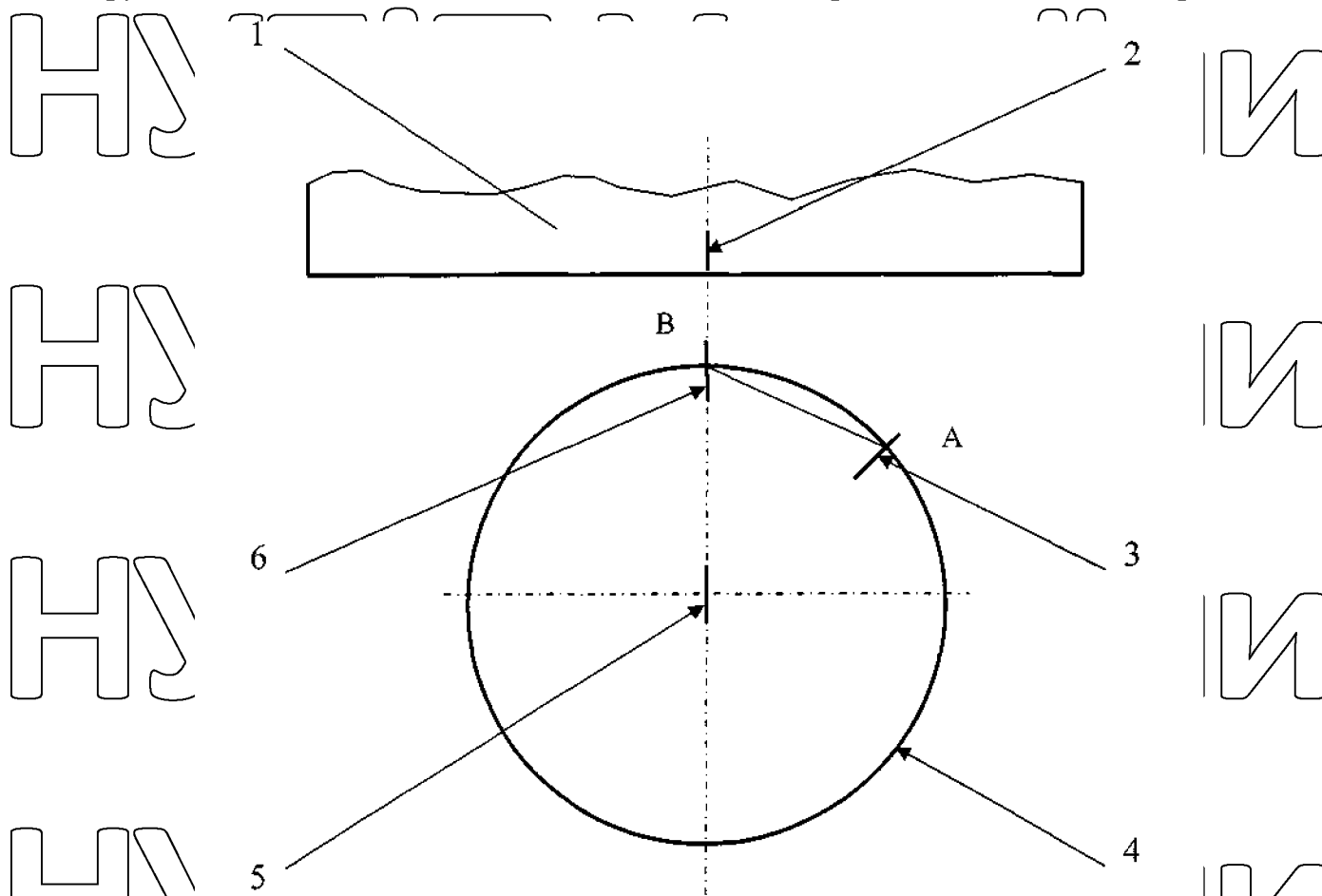


Рисунок 1.8 - Графічна ілюстрація способу визначення вільного ходу рульового колеса за мітками: 1 - панель приладів в кабіні трактора;

2, 5 - контрольні мітки відповідно на панелі приладів і в центрі обертання рульового колеса; 3, 6 - мітки на обід рульового колеса; 4 - обід рульового колеса; АВ - довжина хорди, що відповідає вільному ходу кермового колеса

Потім повертають рульове колесо 4 спочатку, наприклад, по ходу годинної стрілки і при цьому фіксують положення його обода в момент початку повороту керувані коліс шляхом нанесення мітки 3 на обід рульового колеса 4 щодо міток 2 і 5. Після чого повертають рульове колесо 4 в протилежному напрямку, проти ходу годинної стрілки, і також у момент початку повороту керувані коліс наносять мітку 6 на зазначений обід щодо тих же міток 2 і 5. Кожну мітку (3 і 6)

наносять на обід таким чином, щоб її центр лежав в одній і тій же вертикальній площині, паралельній поздовжньої осі симетрії автотранспортного засоби і проходить через центр мітки 2 на панелі приладів 1. Практично центри міток 3 і 6 (точки) на вигляді зверху в момент їх фіксації повинні знаходитися на прямій, що проходить через мітки 2 і 5. Це дозволяє більш точно нанести мітки (3 і 6) на обід рульового колеса 4 щодо міток 2 і 5. На завершення вимірюють лінійкою довжину хорди АВ, утвореної між мітками 3 і 6 на обід рульового колеса 4, і діаметр обода рульового колеса 4, якщо він невідомий.

Таким чином, застосування вимірювальної лінійки як основного засобу вимірювання вільного ходу рульового колеса є можливим. При цьому додатково можуть бути використані будь-які засоби або методи контролю початку повороту керованих коліс.

Оптико-механічний кутомір як визначення вільного ходу рульового колеса.

У практиці технічної експлуатації з давніх-давен застосовують кутоміри, у тому числі і оптико-механічні. До них відноситься, наприклад, кутомір КІ-13926-ДЕРЖСТАНДАРТ, який призначений для контролю фаз газорозподілу двигунів внутрішнього згоряння [112]. Він недорогий, має невеликі габаритні розміри і масу, має високу надійність і за своїми технічними характеристиками цілком підходить для його використання як прилад для вимірювання вільного ходу рульового колеса. Його межі вимірів – від 0 до 45 град., абсолютна похибка – ± 1 град. На цій підставі цей кутомір був покладений в основу створення нового приладу. У процесі вивчення з'ясувалося, що кутомір КІ-13926-ГОСНИТИ не пристосований для його встановлення на обід рульового колеса, а його шкала з початком відліку зліва направо дозволяє вимірювати кут тільки в одному напрямку. Згодом нам вдалося вирішити ці завдання так [18].

На рис. 1.9 зображено оптико-механічний прилад вимірювання вільного ходу рульового колеса. Прилад складається з кронштейна КІ-13949-ГОСНИТИ [32] і кутоміра КІ-13926-ГОСНИТИ [112]. До складу кронштейна входить власне кронштейн 2, виконаний зі сталі, а також натискний гвинт 8 з притисною тарілкою 10 і подушкою 11. Кутомір виконаний з пластмаси і складається з

основи 2 з вбудованими магнітами 3 і корпусу 7 з ампулою 5 проградуированной і виконаної з вигляді тора, порожнина якої заповнена рідиною з залишеним у ній бульбашкою повітря (не показаний). На корпусі 7 нанесені шкали 6 і 12 кутоміра, які розміщені по обидві сторони щодо ампули 5. Причому, одна зі шкал 6 (передня) виконана з початком відліку праворуч наліво, а інша 12 (задня) - зліва направо. Корпус 7 з ампулою 5 шарнірно з'єднаний з основою 2 кутоміра.

Порядок застосування приладу є наступним. Встановлюють керовані колеса положення прямолінійного руху. У нижній точці обода 4 рульового колеса за допомогою гвинта 8 закріплюють прилад таким чином, щоб верхня

площина основи 2 кутоміра була паралельною площині обертання зазначеного обода 4. Вимірюють вільний хід рульового колеса. Для цього повертають кермо спочатку, наприклад, проти ходу годинникової стрілки. При виявленні початку повороту керованих коліс встановлюють нуль за шкалою 6 справа наліво - повертають корпус 7 5 по ходу або проти ходу годинної стрілки і таким чином пляшечку повітря поєднують з нульовою позначкою. Після чого повертають рульове колесо в протилежному напрямку до початку повороту керованих коліс у протилежний бік, при якому фіксують результат вимірювання положення бульбашки повітря щодо ампули 5. Процес вимірювання завершений.

Послаблюють гвинт 8 і знімають з обода 4 прилад.

У при застосуванні даного приладу можливий інший варіант вимірювання, що по суті не відрізняється від викладеного прикладу. Якщо при встановленні нуля рульове колесо повертають не проти ходу годинникової стрілки, а по її ходу, то при цьому нуль встановлюють за шкалою 12 з початком відліку зліва направо. Потім повертають рульове колесо в протилежному напрямку і в момент початку повороту керованих коліс фіксують результат вимірювання за тією ж шкалою 12.

В цілому, принцип роботи приладу полягає в тому, що при обертанні рульового колеса ампула 5 здійснює переносний рух, а бульбашка повітря переміщається (спливає) в цій ампулі під дією сили, що винтовхує Архімеда.

Таким чином, знайдено технічні рішення, що дозволяють на базі відомих пристроїв створити новий пристрій для вимірювання вільного ходу кермового

колеса. Це можливо на основі компоновання кронштейна КІ-13949-ГОСНИТИ [32] з кутомірром КІ-13926-ГОСНИТИ [112]. Кутомір доповнений шкалою з початком відліку праворуч наліво. В результаті створено універсальний прилад, який може бути застосований як контролю фаз газорозподілу двигунів внутрішнього згоряння, так і для вимірювання вільного ходу рульового колеса.

При цьому додатково можуть бути використані будь-які засоби або методи контролю початку повороту керованих коліс.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУ

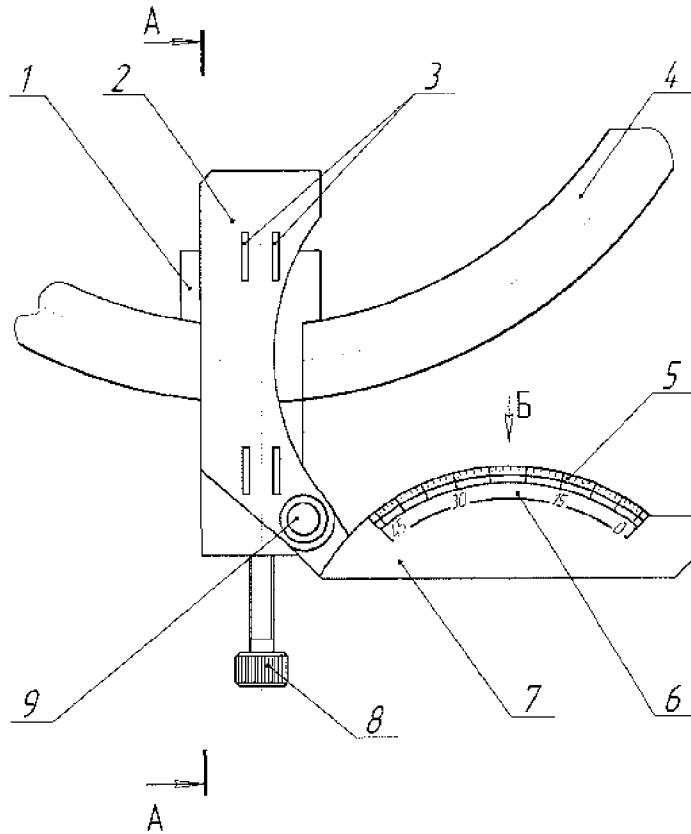
НУ

НУ

НУ

НУ

НУ



И

И

И

И

И

И

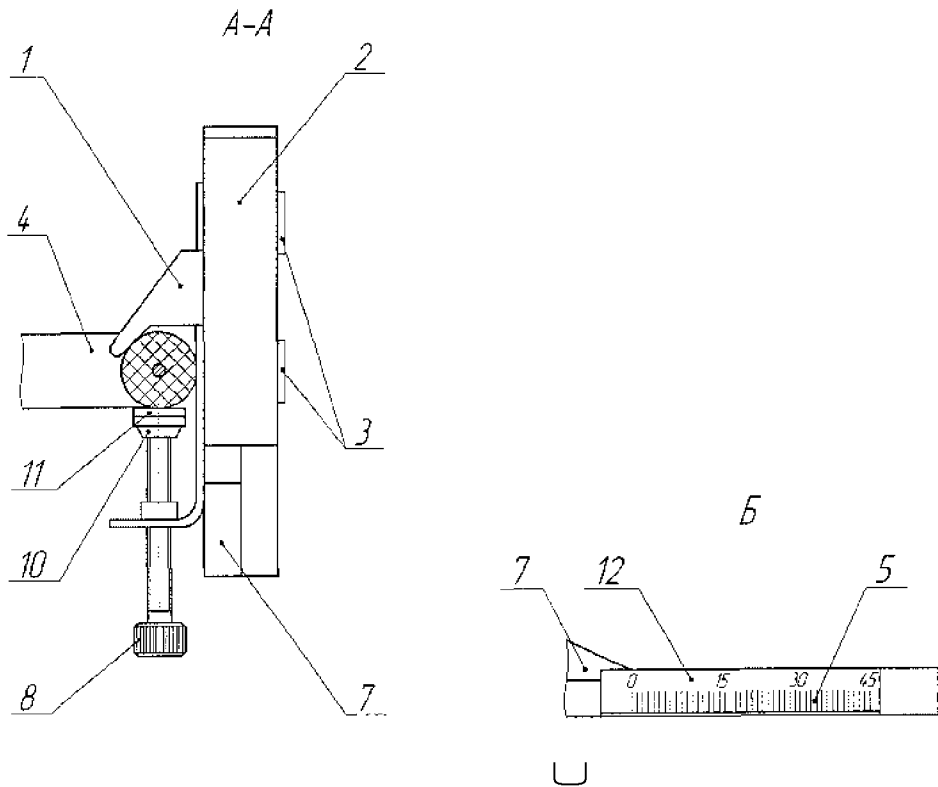


Рисунок 1.9-Оптико-механічний прилад для вимірювання вільного ходу

кермового колеса:

1 – кронштейн; 2 - основа кутоміру; 3 – вбудовані магніти; 4 - обід
 рульового колеса; 5 – ампула; 6, 12 - шкали з початком відліку праворуч
 та зліва направо; 7 – корпус ампули; 8 - гвинт нагнискний; 9 – шарнір; 10 - тарілка
 притискна; 11 – подушка ампули

Методи та засоби для фіксації початку повороту керованих коліс при вимірі вільного ходу кермового колеса.

Візуальний контроль початку повороту керованих коліс здійснює оператор, який виконує зміну вільного ходу, шляхом спостереження за положенням керованого колеса щодо нерухомих складових частин машини в момент повертання рульового колеса.

Прожектор зі світловим екраном на стіні для фіксації початку повороту керованих коліс - Рис. 1.10 [17].

Пристрій складається з прожектора 2 у вигляді лазерної указки, еластичної стрічки (наприклад, ізоляційної стрічки або стрічки типу «скотч») 4 і бруса, що є частиною екрана.

Прожектор 2 циліндричною поверхнею його середньої частини приєднаний до липкої поверхні стрічки 4 з утворенням її вільних кінців, які таким самим чином приєднані до поверхні шини керованого колеса 3. Площа вільних кінців стрічки 4 перевищує площу більш ніж двох елементів рисунка протектора (не показано). Це дозволяє надійно приєднувати прожектор 2 (за допомогою зазначеної стрічки 4) як до поверхні протектора шини, так і до її бічної поверхні.

Світловий екран складається з двох частин, одна з яких - поверхня стіни 6, а інша - поверхня бруса 5. При цьому використовується стіна 6, прилегла до основи 1 збоку або спереду від керованих коліс 3 транспортного засобу, що обслуговується. На рис. 1.10 для прикладу показана бічна стіна 6. Брус 6 одним кінцем встановлений на підставі 1, а іншим притулений до стіни 6. Поверхня бруса 5, що контактує зі світловою плямою, з боку прожектора 2 відрізняється за кольором поверхні стіни 6. Наприклад, якщо стіна 6 біла, зазначена поверхня бруса 5 пофарбована в чорний колір (не показано).

Принцип дії пристрою ось у чому. Встановлюють транспортний засіб на підставі 1. За допомогою стрічки типу 4 «скотч» приєднують прожектор 2 до бічної поверхні шини або до поверхні протектора керованого колеса 3, розташованого з боку рульового колеса. При цьому прожектор 2 направляють відповідно на передню або бічну стіну 6 від транспортного засобу таким чином,

щоб його осьова лінія була паралельна площині основи 1. Включають прожектор

2. Потім на підставі 1 встановлюють брус 5 одним кінцем, а іншим пригортають його до стіни 6. При цьому витримують вимогу, що полягає в тому, щоб світлова пляма 8 (показано чорним кольором) лівим краєм стосувалася лівої кромки бруса

5. Повертають кермо вліво. Кероване колесо 3 разом із прожектором 2 почне повертатися також вліво. При цьому світловий промінь прожектора 2 повертається в тому ж напрямку і утворює світлову пляму 7 або його частину на стіні 6, що свідчить про початок повороту коліс керованих 3 вліво. При

повертанні рульового колеса вправо промінь знову з'являється на поверхні бруса

5, що показує початок повороту керованих коліс, але вже вправо.

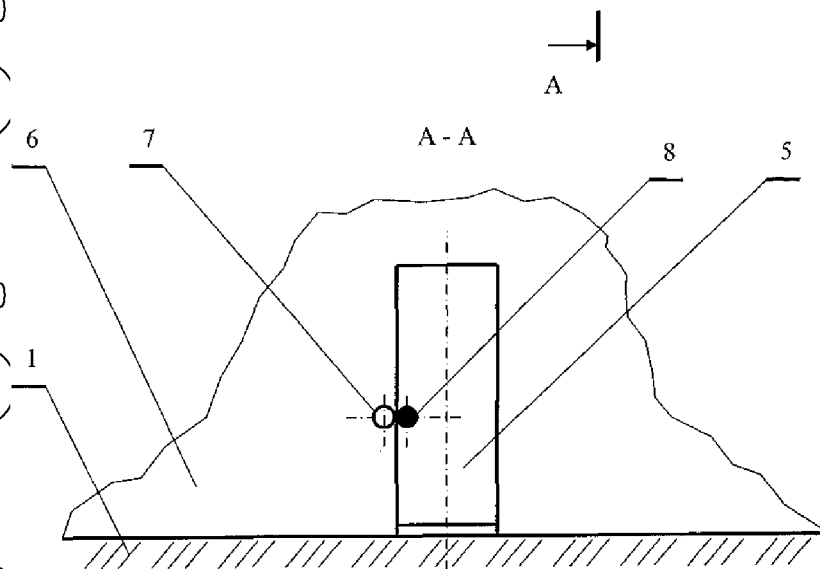
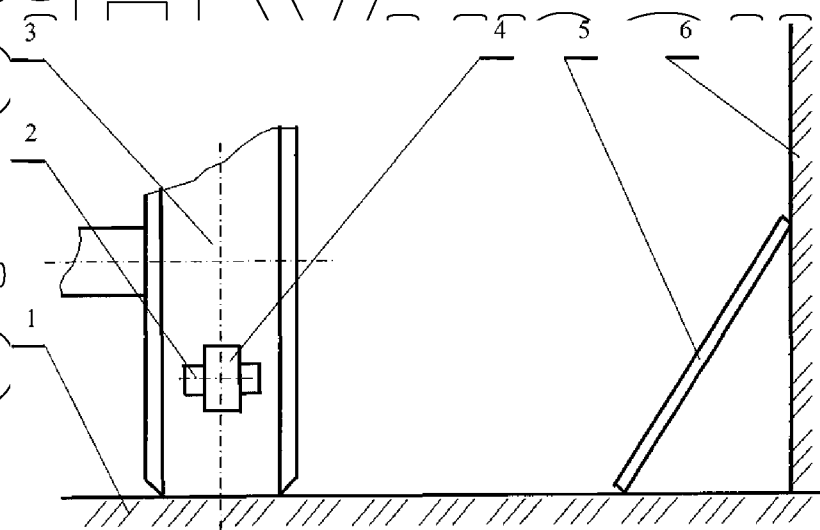


Рисунок 1.10 – Прожектор зі світловим екраном на стіні: 1 – основа; 2 – прожектор; 3 – кермане колесо; 4 – приєднувальна стрічка; 5 – брус; 6 – стіна; 7, 8 – світлова пляма на поверхні стіни та бруса.

Таким чином, знайдені технічні рішення дозволяють створити сигналізатор простої конструкції і в той же час зручний для використання при визначенні початку повороту керованих коліс в процесі вимірювання вільного ходу рульового колеса.

Прожектор з портативним світловим екраном для фіксації початку повороту керованих коліс- Рис. 1.11 [14, 15].

Пристрій складається з еластичної стрічки (наприклад, ізоляційної стрічки або стрічки типу «скотч») 3, прожектора 6 у вигляді лазерної указки та екрана 4 з його підставкою 5. Екран 4 розміщений на підставці 5 і виконаний з утворенням вертикального прорізу, ширина якого дорівнює діаметру кола світлового потоку прожектора 6.

Принцип дії пристрою ось у чому. Встановлюють машину на основу 1. До поверхні середньої частини прожектора 6 приклеюють стрічку 3, яку потім разом із зазначеним прожектором приклеюють вільними кінцями поверхні протектора або до бічної поверхні шини керованого 2 колеса, розташованого з боку рульового колеса. Якщо стрічку 3 з прожектором 6 приклеюють до поверхні протектора, прожектор 6 направляють від машини таким чином, щоб його осьова лінія була паралельна площині основи 1. Якщо стрічку 3 з прожектором 6 приклеюють до бічної поверхні шини, прожектор 6 направляють вперед по ходу машини (Не показано). Це забезпечує зручність спостережень за положенням світлової плями. Включають прожектор 6. Потім на підставі 1 встановлюють екран 4 таким чином, щоб промінь прожектора 6 проходив через щілину екрана 4. Повертають кермо, наприклад, вправо. Кероване колесо 2 разом із прожектором 6 почне повертатися також праворуч. При цьому світловий промінь прожектора повертається в тому ж напрямку і утворює світлову пляму або частину на екрані 4, що свідчить про початок повороту керуючих коліс 2.

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ

НУБ

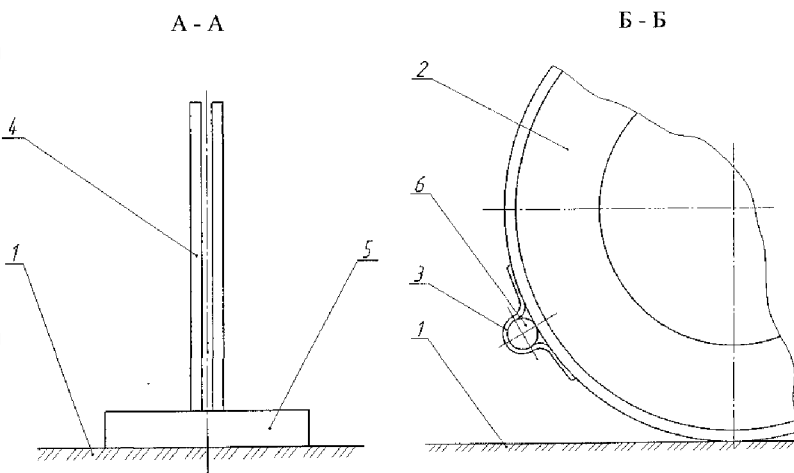
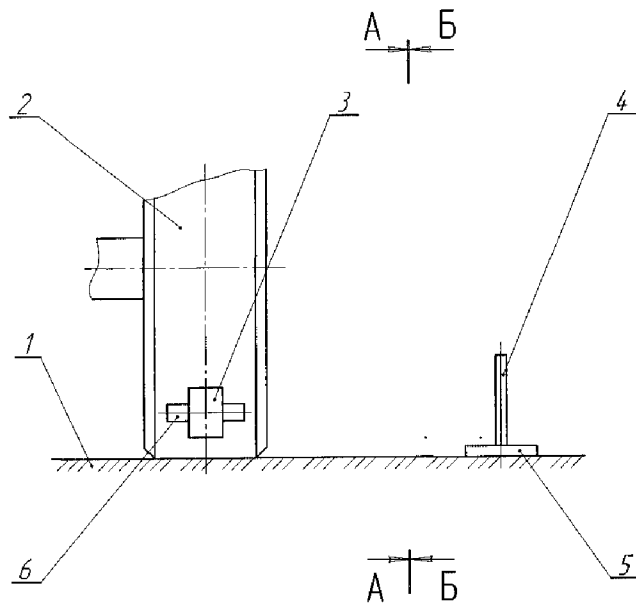


Рисунок 1.11 - Проектор із спеціальним світловим екраном:

1 - основа; 2 - кероване колесо; 3 - приєднувальна стрічка; 4 - екран; 5 - підставка; 6 - прожектор

Таким чином, знайдено технічне рішення, яке дозволяє створити зручний, малогабаритний, легкий та універсальний світловий сигналізатор початку повороту.

Комп'ютерна миша як пристрій для фіксації початку повороту керованих коліс- Рис. 1.12 [13].

Оптична комп'ютерна миша 5 за допомогою шнура 7 скомутована з джерелом електроживлення, наприклад, з адаптером (не показаний), приєднаним до мережі змінного струму або блоком акумуляторів або батарейок (не показані).

При цьому джерело електроживлення за вихідними параметрами електричного

струму збігається з вхідними параметрами електроживлення комп'ютерної миші

5. До світлового сигналізатора миші 5 паралельно за допомогою шнура 3 приєднана сигнальна лампа (не показана), розміщена в зоні видимості оператора-діагноста або на панелі приладу для діагностування керма управління.

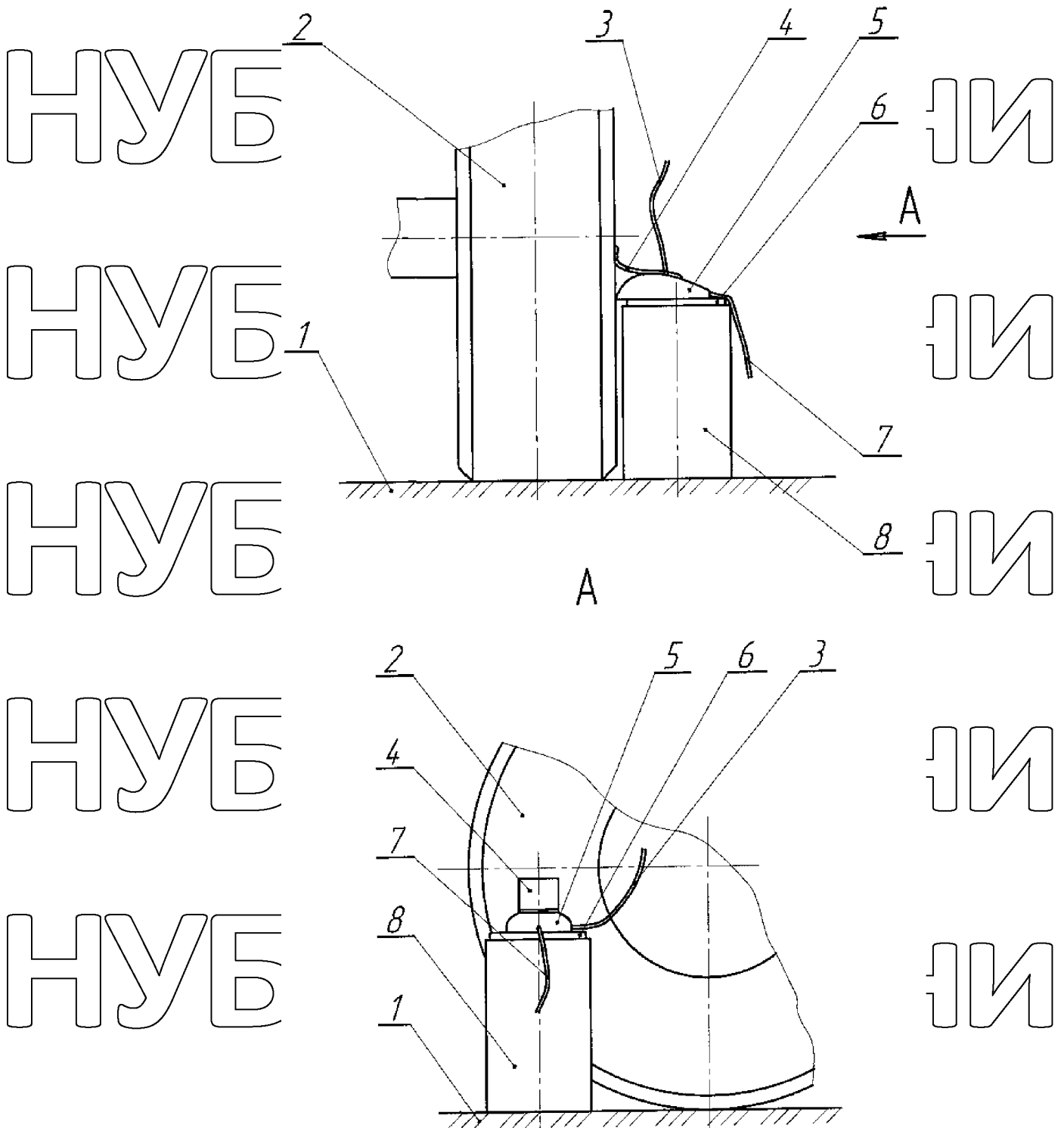


Рисунок 1.12 - Комп'ютерна миша: 1 - основа; 2 - кероване колесо; 3, 7 - шнур сигнальної лампи та джерела електроживлення; 4 - приєднувальна стрічка; 5 - комп'ютерна миша; 6 - килимок; 8 - підставка

Принцип роботи приладу є наступним. На підставу 1 поблизу керованого колеса 2 (на відстані 2-3 см від бічної поверхні його шини) встановлюють підставку 8 з килимком 6. На килимок 6 кладуть мишу 5 таким чином, щоб її вільний кінець контактував з поверхнею шини. У цьому положенні фіксують мишу 5 з колесом 2 за допомогою еластичної стрічки типу «скотч», один кінець якої наклеюють на верхню поверхню миші 5, а інший - на поверхню шини колеса 2. При необхідності (при відсутності в миші 5 вбудованих елементів електроживлення) підключають мишу 5 до джерела живлення. Сигналізатор початку повороту керованих коліс готовий до роботи.

Повертають кермо, наприклад, вліво - настає момент повороту керованого колеса 2 вліво, при якому його шина впливає на мишу 5. При цьому миша 5 взаємодіє з килимком 6 - включається світловий сигналізатор миші 5 і одночасно спалахує сигнальна лампа. Здійснюють установку нуля на приладі. Світловий сигналізатор миші 5 автоматично вимикається - сигнальна лампа гасне. Повертають рульове колесо вправо - настає момент повороту керованого колеса 2 вправо, при якому миша 5 переміщається в цьому ж напрямку за допомогою стрічки 4. В результаті включається світловий сигналізатор миші 5 і одночасно спалахує сигнальна лампа. Фіксують приладом отримане значення люфта в градусах.

Запропоновано прилад для діагностування рульового управління з комп'ютерною мишею - сигналізатором початку повороту коліс, що керуються.

Він включає сучасні і доступні комп'ютерні елементи: оптичну мишу зі світловим сигналізатором і килимок.

Узагальним отримані результати.

Отже, маємо два види базових засобів для вимірювання вільного ходу рульового колеса, до яких відносяться вимірювальна лінійка та кутомір. Їх можна використовувати, як показує аналіз, при реалізації наступних методів та засобів фіксації початку повороту керованих коліс:

а) візуальний контроль,

б) прожектор із настінним світловим екраном на стіні,

в) прожектор з портативним світловим екраном,

г) комп'ютерна миша.

Маючи це, знайдемо всі можливі варіанти приладів, кожен з яких є сукупністю базових засобів вимірювання вільного ходу кермового колеса та одного з методів чи засобів контролю початку повороту керованих коліс.

Отримані результати представлені у табл. 1.7.

Таблиця 1.7-Експериментальні прилади та їх варіанти

Засоби визначення вільного ходу кермового колеса (позначення)	Методи та засоби контролю початку повороту керованих коліс та їх позначення	Варіанти приладів (позначення)
Л (лінійка вимірювальна)	Візуальний контроль - ВК	Л-ВК
	Прожектор з настінним екраном - ПН	Л-ПН
	Прожектор із портативним екраном - ПП	Л-ПП
	Комп'ютерна миша - МК	Л-МК
К (Кутомір оптико-механічний)	Візуальний контроль - ВК	К-ВК
	Прожектор з настінним екраном - ПН	К-ПН
	Прожектор із портативним екраном - ПП	К-ПП
	Комп'ютерна миша - МК	К-МК

Вони показують, що в загальній чисельності можливо 8 варіантів приладів, 4 з яких на базі лінійки, і 4 - на основі кутоміру. Який із цих варіантів кращий? Звичайно, для того, щоб відповісти на це питання, потрібно провести експериментальну перевірку всіх, наведених у табл. 1.7, варіантів приладів та вибрати з них найкращий.

1.4 Висновки та завдання дослідження

Аналіз параметрів технічного стану рульового управління, процесу, методів та засобів визначення вільного ходу рульового колеса, а також узагальнення та аналіз наукових досліджень з обґрунтування та вибору методів та засобів діагностування рульового управління колісних тракторів дозволяють зробити наступні висновки:

1. Параметр «вільний хід кермового колеса» є узагальненим діагностичним параметром, незалежним від інших параметрів технічного стану кермового управління, і орієнтований на кінематичний метод діагностування, який

заснований на вимірі відносного переміщення деталей - сумарного зазору в кінематичному ланцюзі кермового управління.

2. Параметр «вільний хід кермового колеса» нової машини є показником якості (точності) виготовлення рульового управління, а також показником безпеки її використання за призначенням та підлягає щорічному інструментальному контролю органами Держтехнагляду.

3. Зміна параметра «вільний хід кермового колеса» - сумарних зазорів у кінематичному ланцюгу кермового механізму залежно від напрацювання узгоджується з класичною кривою процесу зношування, що складається з періодів приробітку, нормального та аварійного зношування.

4. Вивчення стандартів, що належать до сільськогосподарських тракторів та їх експлуатації, посібників з експлуатації колісних тракторів та іншої нормативно-технічної документації показує, що досі методи визначення вільного ходу рульового колеса названих тракторів не регламентовані. У цій ситуації вибір методу є вільним. Тоді найкращим є такий метод визначення вільного ходу кермового колеса, який дозволяє враховувати початок повороту керованих коліс.

5. Від початку 60-х років минулого століття до нашого часу вітчизняною промисловістю створено понад 10 моделей приладів для визначення вільного ходу кермового колеса. У процесі їх вдосконалення абсолютна похибка вимірювання залишилася на тому самому рівні ± 1 град, габаритні розміри збільшилися в 10 разів, маса - у 5 разів, вартість - у 4,3 рази, а трудомісткість вимірювання параметра - у 2,3 рази.

Водночас сучасні прилади набули нових споживчих якостей, таких як можливість збереження інформації в пам'яті та видачі отриманих даних у вигляді протоколу, які можуть бути потрібні лише органами Держтехнагляду.

Однак у рядових господарствах, ремонтно-технічних та сервісних підприємствах сільськогосподарського виробництва сучасні електронні прилади не знаходять застосування. Тут потрібні прилади, які б мали просту конструкцію, високу надійність, універсальність, доступність у придбанні та зручність у використанні.

6. Автором особисто та у співавторстві з керівником магістерської роботи знайдено нові технічні рішення, на базі яких створені експериментальні зразки найпростіших механічних та оптико-механічних приладів для визначення вільного ходу кермового колеса.

7. Проведений аналіз наукових досліджень показує, що в даний час існує проблема вибору засобів діагностування, зокрема, приладів для визначення вільного ходу кермового колеса, а для її практичного вирішення потрібна відповідна методика їх вибору.

Мета дослідження -зниження витрат праці та коштів на проведення технічного обслуговування тракторів за рахунок удосконалення приладів у напрямку зниження питомої вартості контролю кермового управління.

Об'єкт дослідження- процес діагностування рульового керування колісних тракторів при їх технічному обслуговуванні.

Предмет дослідження- закономірності функціонування засобів контролю кермового керування колісних тракторів.

Як гіпотеза прийнято припущення, що зниження витрат праці та коштів на технічне обслуговування тракторів можливе внаслідок зниження питомої вартості контролю кермового управління.

На підставі результатів аналізу стану питання сформульовані такі основні завдання дослідження:

1. Розробити математичну модель функціонування засобів контролю кермового управління колісних тракторів.

2. Удосконалити та обґрунтувати основні технічні характеристики засобів контролю кермового керування колісних тракторів при їх технічному обслуговуванні.

3. Розробити алгоритм вибору засобів контролю кермового управління колісного трактора, технологію його діагностування та обґрунтувати ефективні моделі засобів контролю.

4. Оцінити ефективність результатів дослідження.

РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНТРОЛЮ РУЛЬОВОГО УПРАВЛІННЯ

2.1 Постановка та формалізація завдань удосконалення та вибору засобів контролю

Постановка завдання - вихідний етап дослідження, у виконанні якого сформулюємо умови завдання, і навіть шуканий результат її розв'язання. І тому спочатку дамо необхідні пояснення [77, 78].

Контроль - перевірка відповідності об'єкта встановленим технічним вимогам [78].

Вимірювальний контроль - контроль, який здійснюється із застосуванням засобів вимірювань [78].

Контроль технічного стану - операція технічного обслуговування [78].

Об'єкти вдосконалення та вибору - засоби контролю (технічні пристрої для проведення вимірювального контролю) кермового управління, зокрема, вимірювання вільного ходу кермового колеса.

Мета вдосконалення: створення об'єкта, при практичній реалізації якого дотримуються вимоги відповідно до заданого оцінного показника його функціонування (застосування за призначенням).

Мета вибору: з безлічі об'єктів вибору знайти такий об'єкт, який би задовольняв умову вибору.

Показник удосконалення та вибору (з урахуванням ресурсозбереження зниження витрат праці та засобів) - мінімум питомої вартості [12] контролю при застосуванні за призначенням об'єкта вдосконалення та вибору - вихідний параметр моделі функціонування засобів контролю.

Правило вибору: на основі спрямованого перебору множини (всіх об'єктів вибору) з подальшим розподілом об'єктів відповідно до умови вибору.

Завдання вдосконалення об'єкта (рис. 2.1 а) [7]: знайти мінімум цільової функції.

$$C_{\Phi_i} \rightarrow \min \quad (2.1)$$

де C_{Φ_i} - питома вартість контролю i - об'єктом.

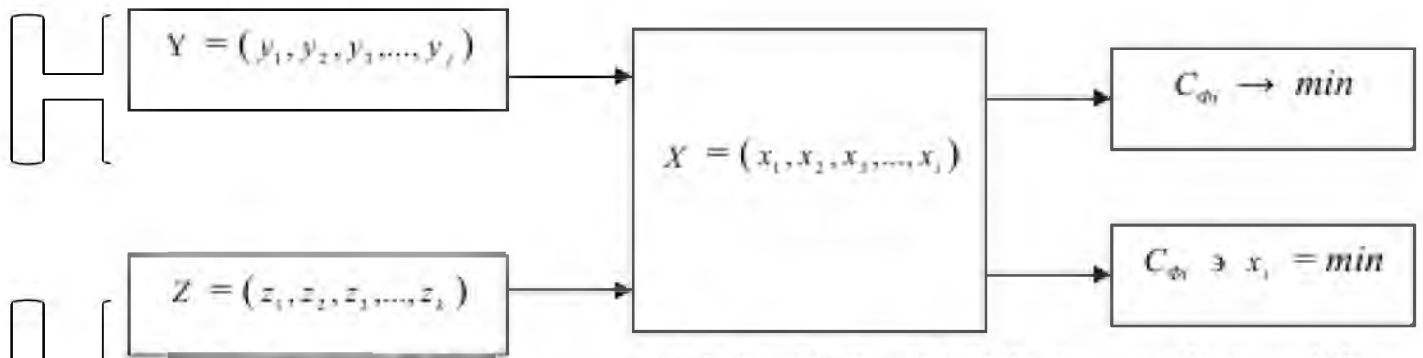


Рисунок 2.1 - Логічна модель завдань удосконалення та вибору засобів контролю (позначення у тексті)

При заданих багатьох параметрів, що характеризують експлуатаційні властивості об'єкта

$$Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_j) \quad (2.2)$$

та умови застосування об'єкта (середовище):

$$Z = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_k) \quad (2.3)$$

Функція (2.1) набуде вигляду

$$C_{\phi i} = f \{ Y = (y_1, y_2, y_3, \dots, y_j), Z = (z_1, z_2, z_3, \dots, z_k) \} \rightarrow \min \quad (2.4)$$

де j і k , - номери параметрів об'єкта та середовища; $j, k \in i$.

Отже, завдання удосконалення формалізоване. Майже її вирішення зводиться до мінімізації $C_{\phi i}$ за параметрами Y (2.2) та Z (2.3).

Завдання вибору об'єкта (рис. 2.1 б) [77, 78, 124]. З безлічі

$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_i) \quad (2.5)$$

де i - номер об'єкта вибору, вибрати такий i -об'єкт, який задовольняв би умови:

$$C_{\phi i} \in x_i = \min \quad (2.6)$$

при заданих множинах параметрів Y (2.2) та Z (2.3); $j, k \in i$

Таким чином, завдання вибору формалізоване. Фактично це означає, що вибір «кращого» об'єкта i виробляють за фактичними значеннями даних параметрів j та k , що відносяться до кожного з об'єктів, що вибираються (при $j, k \in i$).

2.2 Математичний опис реалізації ресурсу об'єкта контролю при ранньому та пізньому обслуговуванні

Математичний опис реалізації ресурсу (міжремонтного напрацювання) складової частини машини (у нашому дослідженні – кермового управління) знайдемо на основі теорії прогнозування технічного стану машин [31, 104].

Для опису міжремонтного напрацювання при ранньому обслуговуванні t_p на першому етапі сформулюємо завдання. Нехай відома залежність значень параметра P технічного стану кермового управління від напрацювання t машини (рис. 2.3). При цьому також відомі: P_{II} - граничне значення параметра стану; P_H - початкове значення параметра стану; ΔP - показник зміни параметра за період опрацювання; t_{II} , N_{II} - напрацювання до настання граничного стану контрольованої складової частини та гранична зміна параметра стану; N_X - зміна параметра, зумовлене похибкою Δ засобу (i - об'єкта). Потрібно знайти напрацювання t_X , що відповідає зміні параметра N_X , а також не використаний ресурс R_H .

Для ясності розуміння цього завдання слід на увазі, що складова частина машини на момент вимірювання параметра насправді не має граничного стану.

Проте за результатами вимірів (за показаннями приладу) її стан кваліфікують як граничний. Це пов'язано з тим, що прилад спотворює дійсне значення параметра у разі у бік його завищення на величину абсолютної похибки Δ . Безумовно, таке «спотворення» призводить до раннього обслуговування i , як наслідок, до зниження міжремонтного ресурсу об'єкта контролю в інтервалі від максимального t_X до деякого значення (рис. 2.3).

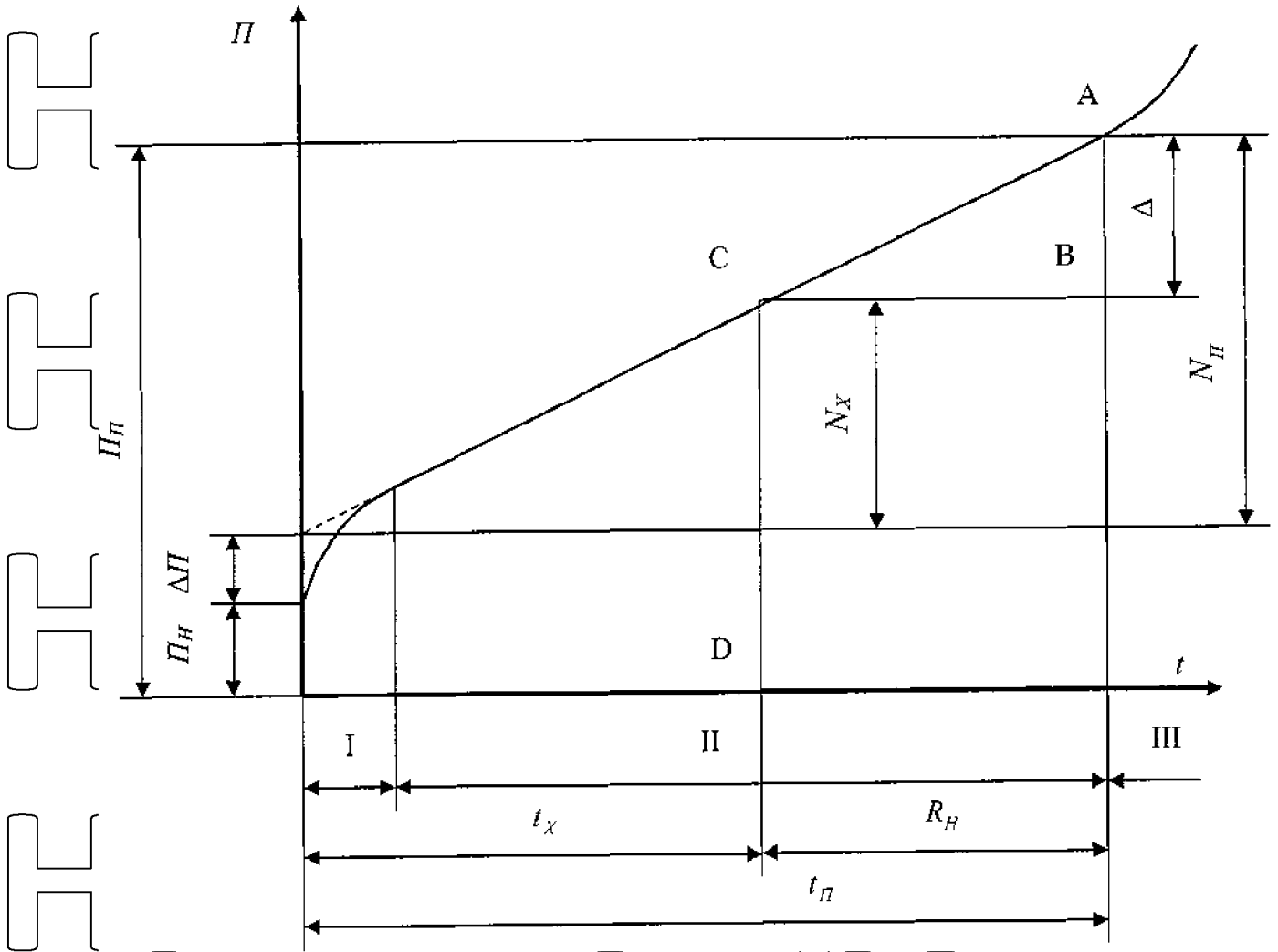


Рисунок 2.3 – Графічна ілюстрація реалізації ресурсу об'єкта контролю: I – період припрацювання; II - період нормальної роботи зі швидкістю зміни параметра стану; III - період, на якому настає граничний стан контрольованої складової частини. (інші позначення у тексті)

При періодичному контролі, що має місце за існуючих правил технічного обслуговування, роблять наступним чином. Якщо вимірювана величина менше граничного значення, параметр не відновлюють і знову контролюють його при наступному обслуговуванні. У зв'язку з цим для практичного застосування міжремонтне напрацювання (ресурс) рульового управління при ранньому τ_{Pi}

обслуговування може бути знайдена таким чином:

$$\tau_{Pi} = R_H - \tau_{TO_i} \quad (2.33)$$

При $R_H < \tau_{TO_i}$,

де R_{II} – нормативний ресурс механізму кермового управління;

τ_{TO_i} – періодичність ТО, у якому контролюють параметр «вільний хід рульового колеса». З іншого боку, при $R_H < \tau_{TO_i}$ значення τ_{P_i} має бути прийнято

рівним R_H . Проте $\tau_{TO_i} \square R_H$ і тому вираз (2.33) прийнятний для опису τ_{P_i} .

Доведемо справедливість рівняння (2.33) математично. Нехай за раннього обслуговування отримано N реалізацій ресурсу τ_{P_i} .

$$1. \tau_{P_i} = R_{II} - \tau_{TO_i},$$

$$2. \tau_{P_i} = R_{II} - \tau_{TO_i},$$

$$3. \tau_{P_i} = R_{II} - \tau_{TO_i},$$

$$\dots = \dots = \dots$$

$$N. \tau_{P_i} = R_{II} - \tau_{TO_i},$$

де цифрами від 1 до N позначено порядкові номери реалізацій ресурсу. Середнє значення N реалізацій ресурсу набуде вигляду:

$$\tau_{P_i} = \frac{\sum_{i=1}^N \tau_{P_i}}{N} = \frac{N(R_{II} - \tau_{TO_i})}{N}, \quad (2.34)$$

або після спрощення

$$\tau_{P_i} = R_{II} - \tau_{TO_i}, \quad (2.35)$$

що й потрібно було довести.

Математичний опис ресурсу складової частини машини при пізньому обслуговуванні знайдемо з теорії ймовірностей та математичної статистики [89, 32, 36]. Нехай ресурс має розподіл за нормальним законом із параметрами \bar{R} і $\sigma_{\bar{R}}$. За довірчої ймовірності $P = \alpha = 0,95$ максимальне значення ресурсу

становитиме

$$R_{\max} = \bar{R} + 2\sigma_{\bar{R}}. \quad (2.36)$$

Приймаючи за середину інтервалу від \bar{R} до $2\sigma_{\bar{R}}$ значення $\sigma_{\bar{R}}$, а також $\bar{R} = R_{II}$, отримаємо

$$\tau_{p_i} = R_{II} - \sigma_{R_i}, \quad (2.37)$$

На завершення слід зазначити, що знайдені рівняння (2.35) та (2.37) можуть бути використані надалі при розробці математичної моделі критерію вдосконалення та вибору засобів контролю.

Висновки до 2-го розділу

1. Поставлено і формалізовано завдання вдосконалення та вибору засобів контролю, з одного боку, з урахуванням параметрів, що характеризують експлуатаційні властивості засобів, а з іншого, з урахуванням параметрів, що визначають умови їх використання.

2. Для оцінки вдосконалення та вибору технічних засобів контролю прийнята питома вартість контролю - руб. на од. контролю.

3. Отримано математичний опис реалізації ресурсу об'єкта контролю за раннього та пізнього обслуговування, в основу якого покладено взаємозв'язок змін параметра стану з похибкою його вимірювання.

4. Знайдено математичний опис реалізації обсягу робіт з контролю кермового управління у вигляді сумарного числа операцій контролю за термін служби відповідного засобу, що застосовується.

5. Отримано математичний опис ймовірностей раннього та пізнього обслуговування, а також питомих витрат раннього та пізнього обслуговування. При цьому в основу моделювання покладено суміщення процесів вимірювання параметра при застосуванні відповідного об'єкта з різною похибкою та його реалізацією.

6. Математична модель функціонування засобів контролю кермового управління представлена на основі математичних описів: реалізації ресурсу об'єкта контролю при ранньому та пізньому обслуговуванні, обсягу робіт з контролю, ймовірностей раннього та пізнього обслуговування, а також відповідних їм питомих витрат.

7. Аналіз математичної моделі дозволив виявити основні вимоги, які слід враховувати під час вибору та вдосконалення технічних засобів контролю кермового управління. Водночас через

Імовірного характеру математичної моделі на етапі теоретичного дослідження неможливо дати її повну оцінку в практичному додатку. Для цього потрібно провести експериментальні дослідження з визначення функцій щільності розподілу: параметра стану контрольованого об'єкта та похибки його вимірів при застосуванні різних прийомів, методів та засобів контролю. Крім того, потрібні експериментальні та нормативні дані щодо інших елементів, що входять до складу математичної моделі.

Отримані результати теоретичного дослідження надалі використані розробки методики експериментального дослідження, при вдосконаленні існуючих технічних засобів контролю кермового управління, і навіть при обґрунтуванні алгоритму їх вибору.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 3 МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Програма експериментального дослідження

Програма дослідження включає наступні етапи:

1. Експериментальна перевірка технічних засобів контролю (ТЗК) рульового управління на функціонування.

2. Визначення та статистична оцінка основних технічних характеристик експериментальних приладів для визначення параметра "вільний хід рульового колеса" (ВХРК).

3. Отримання закону та параметрів розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса» тракторами.

4. Знаходження ймовірностей раннього та пізнього обслуговування при застосуванні вдосконалених та еталонних засобів контролю.

5. Отримання та оцінка результатів удосконалення ТЗК та їх вибір.

6. Оцінка похибки математичної моделі.

Виконання етапів – у послідовності згідно з рис. 3.1.

Методика експериментальної перевірки методів та засобів передбачає їхню експериментальну перевірку на функціонування (етап 1),

а також уточнення умов їх застосування. В її основу покладено критерії

працездатності об'єктів, що підлягають перевірці. До таких об'єктів відносяться:

метод визначення ВХРК за мітками (за допомогою виміральної лінійки),

кутомір з кронштейном у зборі, прожектор, екрани світлові та комп'ютерна

миша. Методи перевірки: випробування, вимірювання, порівняння,

випробування. Умови перевірки – лабораторні.

Методика визначення основних технічних характеристик

експериментальних зразків приладів (етап 2) дозволяє отримати статистичні

оцінки за диференціальними функціями та параметрами розподілу названих

характеристик, до яких віднесено похибку та трудомісткість визначення ВХРК.

При цьому в основу визначення випадкової похибки покладено метод

визначальних статистичних випробувань, систематичної похибки - порівняльні

випробування зразків із приладом, прийнятим за зразок.



Рисунок 3.1 – Етапи експериментального дослідження

Умови випробувань – ідентичні. Методика (технологія) визначення ВХРК: при застосуванні еталонного приладу – відповідно до посібника з експлуатації на даний прилад, при випробуванні експериментальних засобів – за попередньо розробленою технологічною картою на діагностування при використанні кожного зразка.

Методика визначення диференціальної функції та параметрів розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса» (етап 3) передбачає отримання найбільш узгодженої з емпіричними даними теоретичної функції та параметрів її розподілу.

Методика визначення ймовірностей раннього та пізнього обслуговування (етап 4) дозволяє знайти числові значення названих ймовірностей з урахуванням випадкової похибки визначення ВХРК, а також з урахуванням закону та

параметрів розподілу випадкової величини «вільний хід кермового колеса» тракторами.

Оцінка результатів удосконалення ТЗК та їх вибір (етап 5) передбачає отримання числових значень математичної моделі – сумарного показника оцінки вдосконалення та вибору засобів визначення вільного ходу кермового колеса.

Методика дозволяє визначити цей показник з урахуванням витрат раннього та пізнього обслуговування, які зумовлені випадковою похибкою. У ній представлені необхідні формули та надано перелік вихідних даних для обчислення показника, а також викладено основні вимоги до їх формування та обробки.

В основу методики оцінки похибки математичної моделі (етап 6) покладено метод порівняння числових значень, отриманих при застосуванні спрощеної (умовно – неточної) моделі, з результатами розрахунків, знайдених за експериментальними даними та прийнятих за дійсні (точні) значення. Це, зокрема, стосується закону розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса» тракторами. Крім того, при оцінці похибки моделі враховано відхилення її параметрів від середнього значення, до яких належить, наприклад, трудомісткість визначення ВХРК. Таким чином, дана методика дозволяє оцінити похибку математичної моделі як за окремими її параметрами, так і за їх сукупності.

У цілому нині, методика експериментального дослідження виходить з застосуванні методів порівняльних випробувань. Обробка результатів експериментів – з використанням методів статистики на ПК.

3.2 Методика експериментальної перевірки на функціонування засобів контролю рульового управління

Методика передбачає експериментальну перевірку засобів визначення вільного ходу кермового колеса на функціонування, а також перевірку та уточнення умов їх застосування.

Об'єкти, що перевіряються, методи їх перевірки, а також критерії функціонування об'єктів - за табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Об'єкти, що перевіряються, методи їх перевірки та критерії функціонування об'єктів

Найменування об'єктів, що підлягають перевірці	Методи перевірки	Критерії функціонування
1. Лінійка вимірювальна для визначення вільного ходу рульового колеса.	Опробування, вимір, порівняння	Відносна похибка вимірювання довжини хорди та обчислення параметра за мітками не перевищує 5 % значень, отриманих при вимірюванні
2. Прилад для вимірювання вільного ходу рульового колеса (кутомір із кронштейном у зборі)	Опробування, випробування	<p>1. При повертанні рульового колеса за прилад як ліворуч, так і праворуч його початкове положення не змінюється.</p> <p>2. При підвішуванні до корпусу кутоміра вантажу масою 0,1 кг кутомір утримується на кронштейні, приєднаному до обода рульового колеса в робочому положенні.</p> <p>3. Ноль встановлюється як за :</p>
		<p>4. Прилад дає показання на рівні верхньої межі вимірів по обох шкалах.</p> <p>5. Відсутність пошкоджень обода рульового колеса після застосування приладу.</p> <p>6. Основна похибка кутоміра</p>
3. Прожектор - способи приєднання його липкою стрічкою до шини: а) шляхом підвішування; б) шляхом приклеювання.	Опробування, випробування	При підвішуванні до корпусу прожектора вантажу масою 0,1 кг утримується прожектор на стрічці, приєднаній до шини керованого колеса в робочому
4. Екрани світлові: а) настінний; б) портативний.	Опробування, випробування	Достатня можливість спостереження за світловою плямою в момент переходу з одного фіксованого положення в інше. Підтверджена не менше
5. Миша комп'ютерна	Опробування, випробування	Відсутність пропущених та помилкових сигналів миші, а також зміщення підставки керованим колесом при проведенні не менше ніж п'яти випробувань різними

НУБІП України

Умови перевірки - лабораторні з використанням колісного трактора будь-якої марки з передніми керованими колесами, а також при застосуванні спеціального стенду.

Вибір об'єктів на перевірку - Випадковий.

Методика (технологія) підготовки до перевірки, вимірювань та випробувань - відповідно до технологічних карт на визначення вільного ходу рульового колеса тракторів.

Перевірка та уточнення умов застосування методів та засобів визначення вільного ходу рульового колеса - відповідно до технічних вимог, зазначених у технологічних картах.

Повторність вимірів - не менше трьох, при визначенні основної похибки кутамира - не менше шести, по три у прямому та зворотному напрямках.

Обсяг випробувань n - за кількістю експертів, що дорівнює п'яти.

Прийняття рішень (висновків щодо функціонування або не функціонування об'єктів, що перевіряються) - на підставі критеріїв функціонування (табл. 3.1).

Таким чином, дана методика передбачає експериментальну перевірку методів та засобів визначення вільного ходу рульового колеса на функціонування, а також перевірку та уточнення умов їх застосування. Вона може бути реалізована при застосуванні технологічних карт для визначення вільного ходу рульового колеса тракторів.

3.3. Методика визначення основних технічних характеристик експериментальних приладів та їх статистичної оцінки

Методика передбачає отримання диференціальних функцій та параметрів розподілу основних технічних характеристик експериментальних приладів, а також їхню статистичну оцінку.

Як основні технічні характеристики приладів прийняті похибка і трудомісткість визначення вільного ходу рульового колеса.

Зміст цієї методики представлено на рис. 3.2 на прикладі похибок визначення вільного ходу кермового колеса.

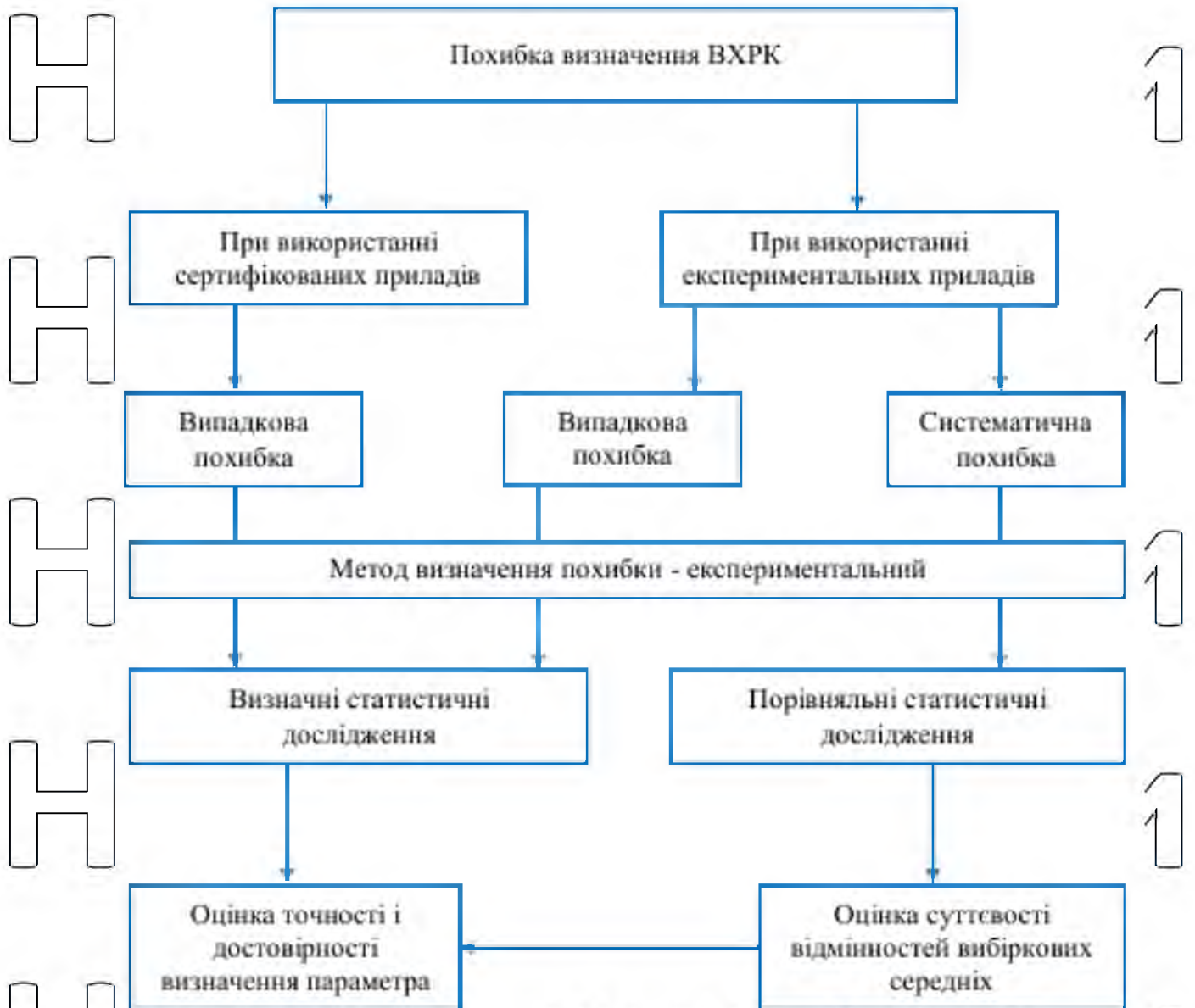


Рисунок 3.2- Основні елементи методики визначення технічних характеристик приладів на прикладі похибки визначення вільного ходу кермового колеса

Основні види похибок, прийняті до уваги: основна, випадкова, систематична, середня квадратична, абсолютна, відносна та наведена.

Основні терміни та визначення, прийняті методикою

Похибка вимірювання (в даному дослідженні - похибка визначення вільного ходу рульового колеса) - характеристика результату вимірювання, що є відхиленням знайденого значення величини від її істинного значення [56-86].

Основна похибка – похибка за нормальних умов [6].

Випадкова складова основної похибки (далі для простоти викладу - випадкова похибка) - складова основний похибки, яка змінюється у часі

випадково при одному й тому самому значенні інформативного параметра вхідного сигналу [6]. Випадкові похибки виявляються в тому, що при декількох вимірах однієї і тієї ж величини, вироблених з однаковою ретельністю, виходять числові значення, що відрізняються одне від одного в останніх цифрах [65].

Систематична складова основної похибки (далі для простоти викладу - систематична похибка) - складова основної похибки, яка при тому самому значенні інформаційного параметра вхідного сигналу в незмінних умовах застосування виробу залишається постійною або змінюється настільки повільно, що її змінами за час вимірювання можна знехтувати, або змінюється за законом, якщо умови змінюються. Прикладом систематичної похибки може бути похибка налаштування - відхилення значення настроєної величини від її запропонованого значення [6].

Основні положення, прийняті до уваги, щодо випадкової похибки [56, 65]:

1. Частота появи випадкових похибок різної величини зазвичай підпорядкована нормальному закону розподілу (закону Гауса).
2. При досить великому числі вимірювань похибки, однакові за величиною і різні за знаком, зустрічаються однаково часто (перша аксіома теорії помилок).

Тому випадкова похибка завжди має два знаки: $\pm \delta$.

3. Малі випадкові похибки зустрічаються частіше, ніж великі (друга аксіома теорії помилок). Дуже великих похибок не трапляються. Тому крива нормального розподілу має свій максимум у осі у зоні мінімальних помилок.

Чим точніше вимір, тим частіше з'являються малі і тим рідше з'являються грубі помилки.

Особливості визначення похибки під час застосування сертифікованих приладів.

Слід зазначити, що прилади для перевірки кермового керування, як і інших вузлів безпеки тракторів, проходять обов'язкову сертифікацію та, крім того, щорічну перевірку. На цій підставі можна вважати, що при застосуванні сертифікованих приладів систематична похибка виміру відсутня (рівна нулю). Водночас у посібниках з експлуатації цих приладів не певною мірою відображено випадкові похибки, до яких належить, наприклад, середня

квадратична похибка. Отже, сертифікованими приладами підлягає визначенню лише випадкова похибка.

порядок визначення похибки при застосуванні експериментальних приладів.

Метод визначення випадкової похибки заснований на визначальних статистичних випробуваннях.

Метод визначення систематичної похибки - на порівняльних статистичних випробуваннях експериментальних приладів з еталонним приладом, як якого можуть бути прийняті ІСЛ-ГТН або інші аналогічні сертифіковані та повірені прилади.

Об'єкти та варіанти випробувань експериментальних приладів - за табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Експериментальні прилади та варіанти їх випробувань

Засоби визначення вільного ходу кермового колеса (позначення)	Засіб або метод контролю початку повороту керованих коліс та їх позначення	Прилади та варіанти їх випробувань (позначення)
Л (лінійка вимірювальна)	Візуальний контроль - ВК	Л-ВК – А1
	Прожектор з настінним екраном - ПН	Л-ПН - А2
	Прожектор із портативним екраном - ПП	Л-ПП - А3
	Комп'ютерна миша - МК	Л-МК – А4
К (кутомір оптико-механічний)	Візуальний контроль - ВК	К-ВК-Б1
	Прожектор з настінним екраном - ПН	К-ПН - Б2
	Прожектор із портативним екраном - ПП	К-ПП - Б3
	Комп'ютерна миша - МК	К-МК – Б4

Умови випробувань - ідентичні: при однаковому обсязі випробувань і за однієї і тієї ж повторності вимірювань; на тому самому тракторі МТЗ-80; тими самими виконавцями; в тому самому режимі роботи рульового управління; в одній і тій самій лабораторії; одночасно (протягом одного дня); при одній і тій же температурі навколишнього повітря – 18 °С.

Методика (технологія) вимірів при застосуванні еталонного приладу відповідно до посібника з експлуатації на даний прилад, при випробуванні

експериментальних приладів - за попередньо розробленою технологічною картою на кожний зразок (додаток 2).

Повторність вимірів - не менше трьох [50]: при обертанні обода рульового колеса за схемою – «вправо-вліво» або навпаки.

3.4 Методика визначення ймовірностей раннього та пізнього обслуговування

Методика передбачає отримання числових значень ймовірностей раннього та пізнього обслуговування при застосуванні контрольно-вимірвальних засобів, зокрема приладів для визначення вільного ходу рульового колеса тракторів. Дана методика дозволяє визначити названі ймовірності з огляду на те, що вони обумовлені лише випадковою похибкою. При цьому представлено два варіанти методики: відповідно - за відомого та невідомого закону розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса».

Основні терміни та визначення, прийняті методикою.

Обслуговування – відновлення працездатності рульового управління за результатами його контролю при застосуванні/об'єкта (контрольно-вимірвального засобу).

Раннє обслуговування (виникає внаслідок помилок першого роду) - передчасне відновлення працездатності за результатами визначення параметра (визначення справного або працездатного елемента), обумовлене тим, що параметр стану не перевищив допустиме значення, а результати його вимірювання показують, що перевищив [76].

Пізнє обслуговування (виникає внаслідок помилок другого роду) - пізнє відновлення працездатності за результатами вимірювання параметра (перепуска несправного або непрацездатного елемента), обумовлене тим, що параметр стану перевищив допустиме значення, а результати його вимірювання показують, що не перевищив [76].

Ймовірність раннього обслуговування – ймовірність того, що за результатами визначення параметра буде виконано раннє обслуговування.

Ймовірність пізнього обслуговування – ймовірність того, що за результатами визначення параметра буде виконано пізнє обслуговування.

Вихідні дані для обчислення ймовірностей за відомого закону розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса»: диференціальна функція $f(x)$ та параметри розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса»

- за методикою 3.3, а також нормальний закон та його параметри розподілу похибки визначення цієї величини - за методикою 3.4. Графічно вони проілюстровані на рис. 3.3., де вгорі показана диференціальна функція $f(y)$

розподілу похибки вимірювання вільного ходу рульового колеса, внизу - диференціальна функція $f(x)$ розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса» тракторами.

Вихідні дані для обчислення ймовірностей при невідомому законі розподілу випадкової величини «вільний хід кермового колеса»: закон рівної ймовірності

розподілу випадкової величини «вільний хід кермового колеса», параметри якого a і b відповідають початковому X_H граничному X_D значенням вільного ходу кермового колеса - за результатами натурних спостережень або нормативно-довідкової літератури, а також нормальний закон та його параметри розподілу

похибки вимірювання - за методикою 3.4. Графічно вони зображені на рис. 3.4.,

де зверху також показано диференціальну функцію $f(y)$ розподілу похибки вимірювання вільного ходу кермового колеса, внизу - диференціальна функція $f(x)$ розподілу випадкової величини «вільний хід кермового колеса» за законом рівної ймовірності.

Метод визначення ймовірностей- Розрахунково-експериментальний.

Прийняті обмеження та припущення:

1. Обчислення підлягають ймовірності, зумовлені лише випадковою похибкою.

2. При обчисленні ймовірностей беруть до уваги похибку, рівну $\pm 2\sigma_y$, що

дозволяє

врахувати

95,45%

(0,9545)

випадкових

подій.

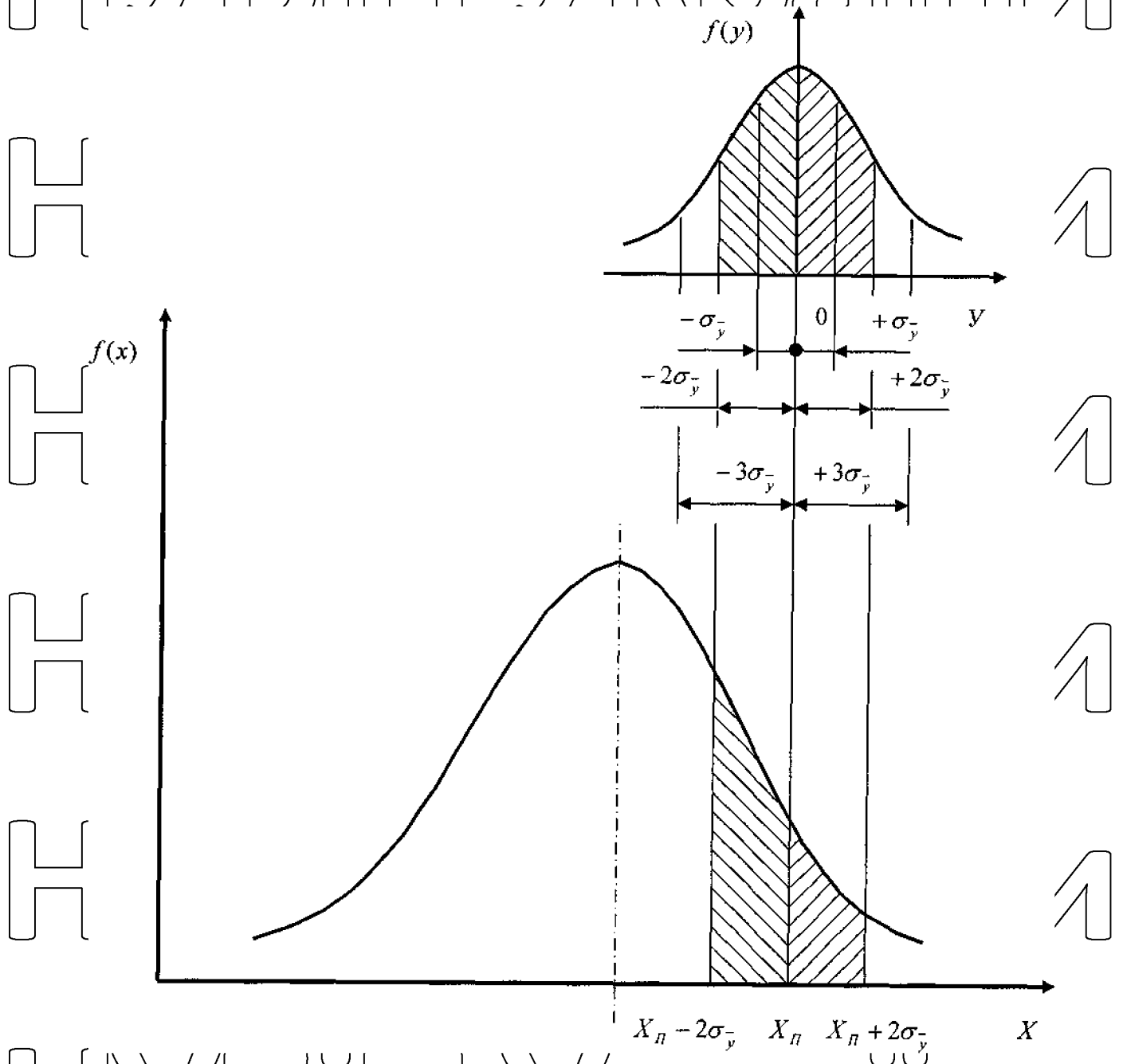


Рисунок 3.3 - Графічна інтерпретація методики визначення ймовірностей раннього та пізнього обслуговування за відомого закону розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса»: σ_y - середня квадратична похибка;

X_n - граничне значення параметра (інші позначення у тексті)

НУБІП України

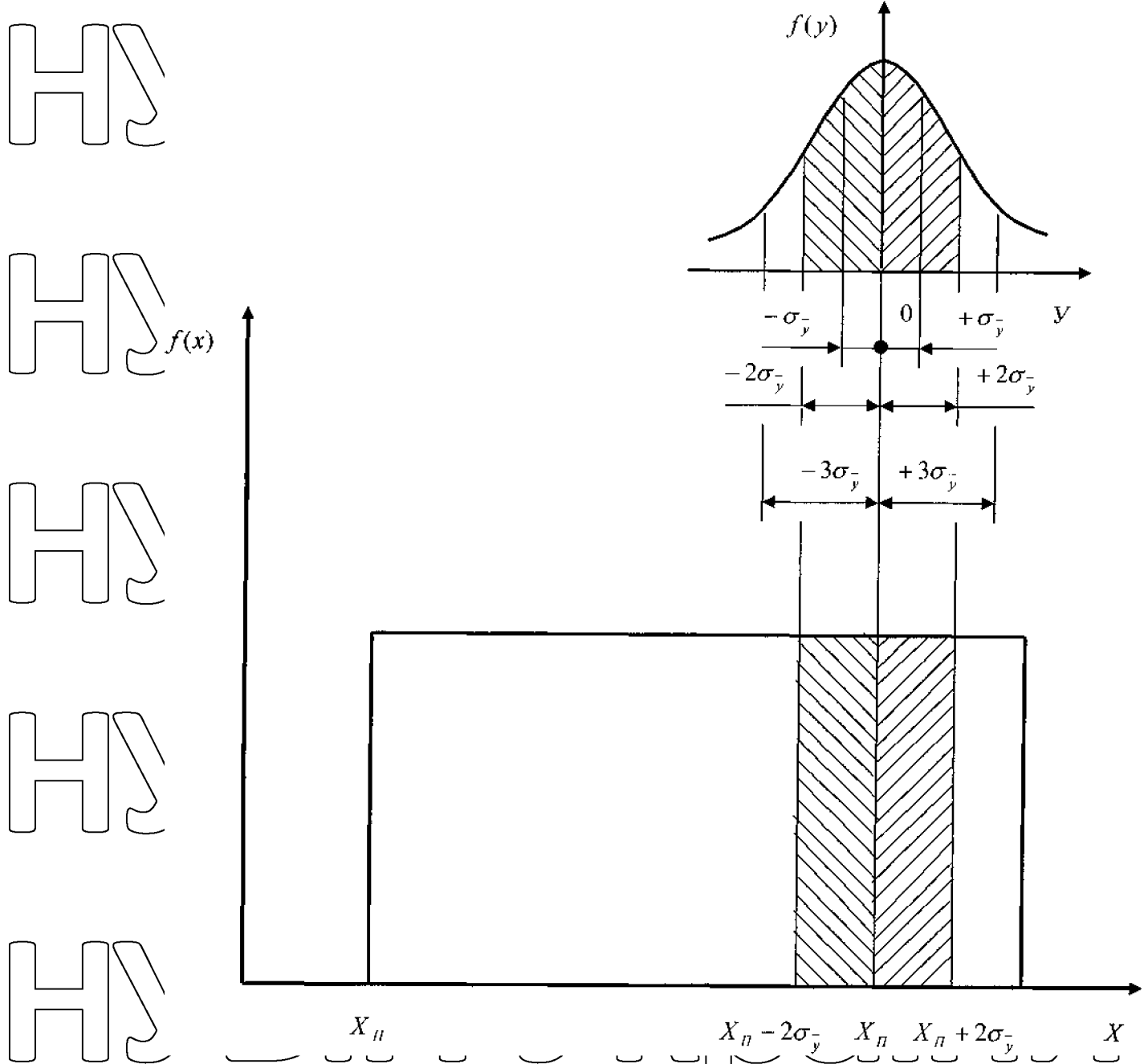


Рисунок 3.4 - Графічна інтерпретація методики визначення ймовірностей

раннього та пізнього обслуговування при невідомому законі розподілу випадкової величини «Вільний хід рульового колеса»: σ_y - середня квадратична похибка; X_n, X_i - початкове та граничне значення параметра (інші позначення у тексті)

Формули для обчислення ймовірностей при відомому законі розподілу випадкової величини «Вільний хід рульового колеса» - за рис. 3.3 (відповідно до розділу 2.5): раннього обслуговування -

Обробка інформації (Рішення інтегралів) - на персональному комп'ютері із застосуванням програми «Excel» або табличних значень

інтеграла ймовірності.

Таким чином, представлена методика дозволяє знайти вихідні дані для визначення ймовірностей раннього та пізнього обслуговування, а також передбачає формули їх обчислення при деяких прийнятих обмеженнях і припущеннях.

Висновки до 3-го розділу

1. Представлені методичні розробки спрямовані отримання методики оцінки рівня досконалості як сертифікованих об'єктів визначення вільного ходу рульового колеса, і запропонованих експериментальних приладів.

2. Основною методикою оцінки рівня досконалості та вибору об'єктів є метод відносного порівняння експериментальних приладів з еталонним приладом. Таке порівняння здійснюють в ідентичних умовах застосування/об'єктів. Показник вдосконалення та вибору - питома вартість контролю при застосуванні/об'єктів, виражена в руб. на одиницю контролю.

3. Методика вибору об'єктів та оцінки рівня їх досконалості дозволяє врахувати вартість придбання та використання об'єктів, витрати на відновлення їх працездатності (технічне обслуговування та ремонт), на перевірку, зберігання та утилізацію, а також випадкову похибку засобів визначення вільного ходу рульового колеса та витрати раннього та пізнього обслуговування.

4. Теоретичною основою методики є теорії: ймовірностей та математичної статистики, вимірювань та помилок, диференціального та інтегрального обчислення, а також теорія планування експерименту, прогнозування технічного стану та старіння машин.

5. Обробка інформації – комп'ютерна: із застосуванням програм «Ексел» та «Статистика».

4.1 Експериментальна перевірка засобів визначення вільного ходу

рульового колеса на функціонування

Експериментальна перевірка була проведена відповідно до методики 3.2 та передбачала оцінку можливості визначення вільного ходу рульового колеса із застосуванням вимірної лінійки, а також функціонування засобів: кутоміра, прожектора, настінного та портативного екранів, комп'ютерної миші.

Експериментальна перевірка можливості визначення вільного ходу рульового колеса вимірною лінійкою була зроблена випробуванням та виміром. У роботі брали участь 5 незалежних експертів.

Для цього круглий шматок білої крейди був злив з одного боку з утворенням конуса з кутом 60-90 град. Після чого один з експертів цією крейдою

наніс мітки на панелі приладів, в центрі обертання рульового колеса, а також на його обід (рис. 4.1 а). Мітки на обід були нанесені в процесі повертання кермового колеса з одного положення в інше - відповідно до початку повороту керованих коліс, яке контролювалося візуально тим же експертом з кабіни трактора МТЗ-80.

Потім кожним експертом були виміряні з триразовою повторністю довжина хорди (відстань між мітками на обід, рис. 4.1 б) і діаметр обода спочатку металевою лінійкою, а потім лінійкою з оргскла. За отриманими даними на калькуляторі КК-105В було обчислено кут за формулою (1.15).

На завершення кожним експертом із триразовою повторністю було виміряно цей же кут на рульовому колесі транспортиром, який прийнято за еталонний засіб вимірювання. Таким чином, виконано три варіанти випробувань і по кожному з них - по 5 вимірів. За отриманими даними обчислено (табл. 4.1). \bar{X} - середнє

значення; $\sigma_{\bar{X}}$ - середнє квадратичне відхилення; V - коефіцієнт варіації;

Δ, S - абсолютна і відносна (в%) похибки, знайдені в порівнянні з стандартним приладом (транспортиром). Результати, подані у табл. 4.1 показують наступне.



а



б

Рисунок 4.1 - Фрагменти випробування можливості визначення вільного ходу рульового колеса вимірювальною лінійкою: а - контрольні мітки на панелі приладів, в центрі обертання рульового колеса і на його обід, б - вимірювання лінійкою довжини орди, що відповідає вільному ходу рульового колеса

Таблиця 4.1 - Результати експериментальної перевірки можливості визначення вільного ходу рульового колеса вимірювальною лінійкою

Найменування засобу вимірювання	\bar{X} , град.	$\sigma_{\bar{X}}$ град.	v	Δ , град.	δ , %
1 Лінійка металева (непрозора)	20,0	1,4	0,070	0,4	2,0
2 Лінійка з оргскла (прозора)	20,6	0,5	0,024	0,2	1,0
3 Транспортир	20,4	0,5	0,025	-	-

Найбільше значення відносної похибки визначення параметра при застосуванні лінійки становить 2%, що не перевищує 5% і свідчить про достатню відповідність результатів обчислення даного параметра хорди з результатами його вимірювання транспортиром. Слід зазначити, що з двох лінійок найменшу похибку має лінійка з оргскла (прозора). Крім того, виявлено, що прозора лінійка

дозволяє швидше виміряти довжину хорди. Це зумовлено зручністю орієнтування лінійки у процесі вимірювання щодо міток на обід. В результаті встановлено, що практичне застосування вимірної лінійки для визначення вільного ходу рульового колеса є можливим.

Експериментальна перевірка функціонування кутоміру як прилад для вимірювання вільного ходу рульового колеса також проведена випробуванням і за участю п'яти експертів. При цьому кожному експерту було запропоновано:

1. Встановити прилад на обід рульового колеса та переконатися у надійності його приєднання (рис. 4.2).

2. Підвісити до корпусу кутоміра вантаж масою 0,1 кг і при цьому переконатися, що кутомір утримується на кронштейні, приєднаному до обода рульового колеса в робочому положенні.

3. Визначити можливість встановлення нуля (встановити нуль) як за шкалою «праворуч наліво», так і «зліва направо».

4. Перевіритися у можливості показань приладу на рівні верхньої межі вимірювань (ВМВ) по обох шкалах.

У результаті кожен із експертів із поставленими завданнями впорався.

Надійність приєднання приладу підтверджена дотриманням умови: «при повертанні рульового колеса за прилад як ліворуч, так і праворуч його початкове положення не змінюється».

Можливість встановлення нуля та показань приладу на рівні ВМВ (на всьому діапазоні вимірювань) забезпечується здатністю повертатись корпуси ампули навколо осі шарніра з горизонтального положення проти ходу годинникової стрілки на 90 град, і по ходу годинникової стрілки - більш ніж на 90 град., що в обох випадках більше ВМВ приладу, що дорівнює 45 град.

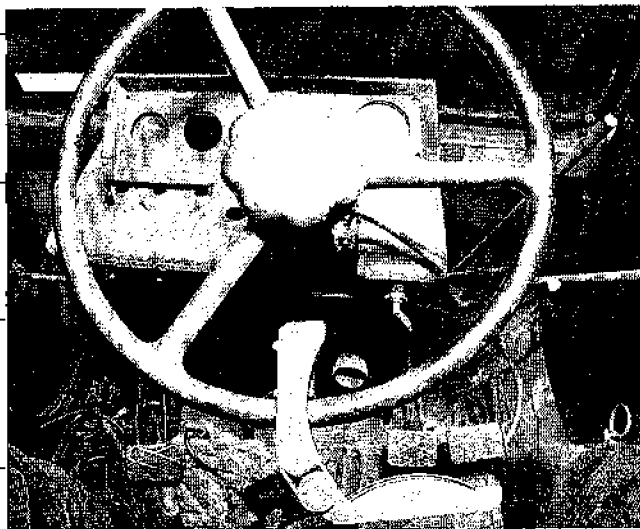


Рисунок 4.2 – Фрагмент установки приладу для вимірювання вільного ходу кермового колеса

Водночас експертами виявлено пошкодження поверхні обода у вигляді рисок, що утворюються внаслідок силового впливу пальців кронштейна на обід.

При цьому зазначено, що для уникнення пошкоджень обода пальця кронштейна мають бути оснащені м'якими подушками.

Проте загалом експертами встановлено, що прилад працездатний.

Експериментальна перевірка можливості та надійності приєднання прожектора до керованого колеса виконана випробуванням та випробуванням.

Від ковзанки стрічки типу «скотч» шириною 40...60 мм була відрізана стрічка завдовжки 90 ± 5 мм. Прожектор був приєднаний до шини керованого колеса нижче осі обертання двома способами (рис. 4.3).

а) шляхом підвішування прожектора липкою поверхнею стрічки до бічної поверхні шини (рис. 4.3 а);

б) шляхом приклеювання прожектора за допомогою стрічки на поверхню протектора шини (рис. 4.3 б).

Потім до корпусу прожектора був підвішений вантаж масою 0,4 кг і в такому стані прожектор залишили на 10 діб у гаражних умовах. Після закінчення цього часу становище прожектора виявилось безіменним. Більше того, було важко знімати прожектор із колеса – відокремлювати стрічку від поверхні шини.

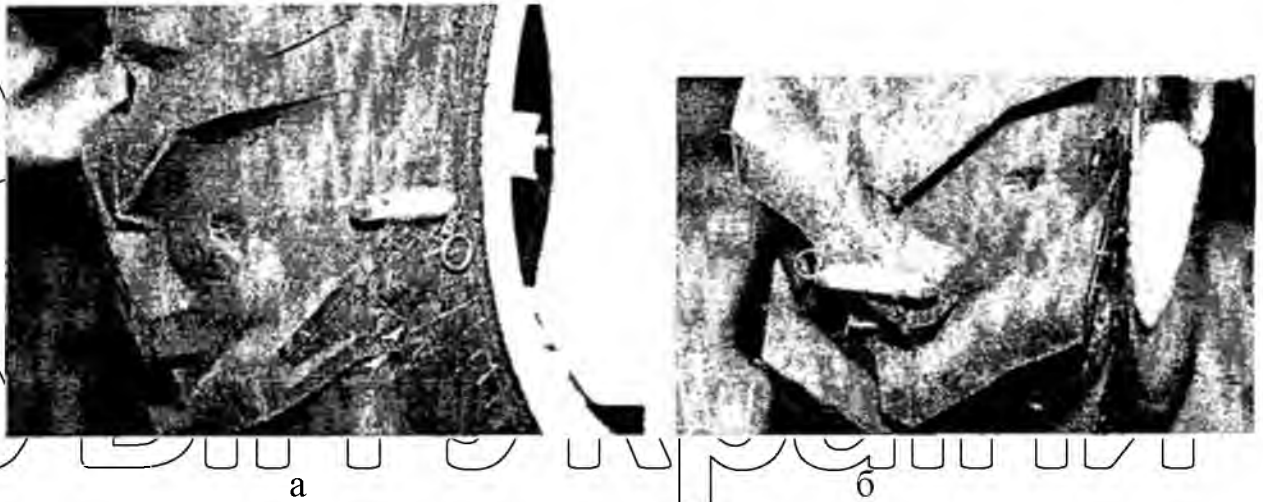


Рисунок 4.3 - Фрагменти варіантів приєднання прожектора до шини керованого колеса: а - підвішування прожектора до бічної поверхні шини; б – приклеювання прожектора до поверхні протектора

Таким чином, в результаті експериментальної перевірки встановлена можливість надійного приєднання прожектора до керованого колеса за двома варіантами: до бічної поверхні шини та поверхні її протектора.

Експериментальна перевірка функціонування екранів (Рис. 4.4) проведена випробуванням - перевіркою можливості спостереження, із заданої відстані, за світловою плямою в момент його переходу з одного фіксованого положення до іншого.

Для цього було залучено групу незалежних експертів у складі 5 осіб. Кожному експерту було надано можливість поспостерігати за положенням плями на екрані та висловити свою думку щодо його чіткого зорового сприйняття. Перевірка проводилася у закритому приміщенні зі штучним освітленням, що відповідає встановленим

вимогам. У цьому прожектор було встановлено штапівці, яке промінь спрямований на екран. Перше спостереження за плямою на екрані було виконано з відстані 2 метрів від прожектора. Після чого прожектор послідовно переміщали від екрану через кожен метр, а експерти щоразу висловлювали свою думку. Першу розбіжність в оцінці експертів було виявлено тоді, коли прожектор був розміщений на відстані 6 м від екрана. На цьому експеримент із настінним екраном було завершено. Аналогічна робота була проведена під час

випробування портативного екрана. В результаті встановлено, що екрани працюють, а найбільше їх розміщення від прожектора не більше 5 м.

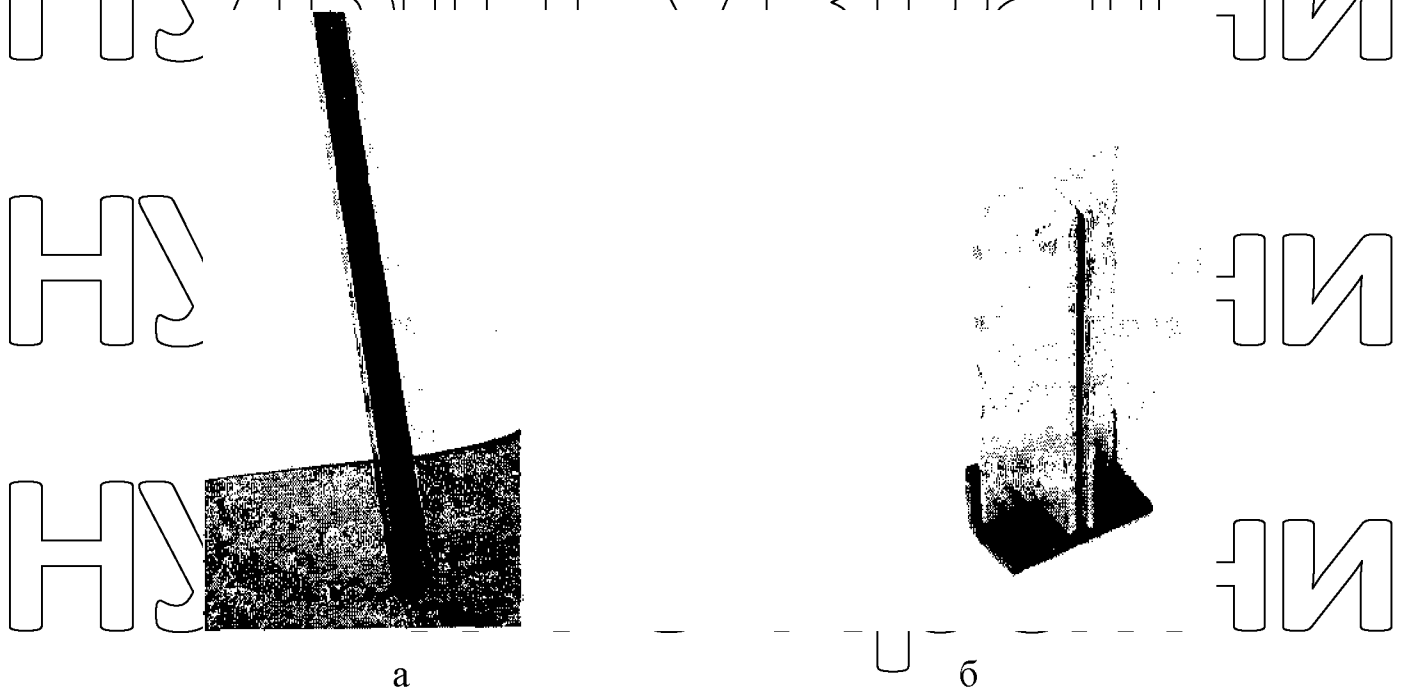


Рисунок 4.4 – Світлові екрани, що входять до складу засобів для вимірювання вільного коду рульового колеса; а – настінний; б – портативний

Експериментальна перевірка функціонування комп'ютерної миші виконана випробуванням - при її використанні як датчик початку повороту керованих коліс (рис. 4.5).

Для цього миша була скомпонована з керованим колесом в такий спосіб. Підставка з килимком під мишу була встановлена на відстані 25 ± 5 мм від бічної поверхні шини та окреслена на підставі крейдою. Миша була підключена до мережі живлення та розміщена на килимку таким чином, що її вільний кінець контактував із поверхнею шини. У цьому положенні миша була приєднана до шини липкою стрічкою. Причому один кінець стрічки був наклеєний на верхню поверхню миші, а інший – на поверхню шини колеса.

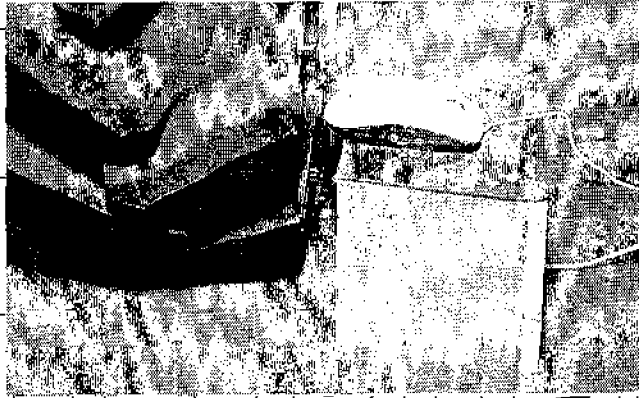


Рисунок 4.5 - Комп'ютерна миша як датчик початку повороту керованих коліс

Потім кожному з 5 експертів було запропоновано повернути кермо зі швидкістю приблизно 5 об/хв ($0,1 \text{ с}^{-1}$) три рази з одного положення в інше - до виявлення сигналів миші, що свідчать про початок повороту керованих коліс. Всім експертам вдалося виконати цю роботу. При цьому зміщення підставки та помилкові сигнали миші не виявлені, в результаті встановлено, що комп'ютерна миша придатна за умови, за яких проведені випробування, прийняті до уваги.

Таким чином, проведена експериментальна перевірка показала правильність функціонування запропонованих методів та засобів вимірювання вільного ходу кермового колеса. Одночасно з цим перевірено та уточнено умови застосування названих методів та засобів.

4.2 Основні технічні характеристики експериментальних приладів та їх статистична оцінка

Відповідно до методики 3.3 отримано основні технічні характеристики застосування експериментальних зразків приладів, представлених у табл. 3.2. До таких характеристик відносяться: похибка визначення вільного ходу рульового колеса (основна, середня квадратична, абсолютна, відносна та наведена), а також трудомісткість визначення параметра.

Результати перевірки основної похибки кутоміра на стенді отримані в такий спосіб [125]:

Випробування було проведено на спеціально виготовленому стенді (рис. 4.6) [125]. Він складається з основи зі стійкою, до якої шарнірно приєднана рульова колонка у зборі з кермовим колесом. Шарнір виконаний з двох

кронштейнів, жорстко приєднаних до рульової колонки, які за допомогою болта з гайкою з'єднані рухомо зі стійкою. Для визначення кутового положення обода рульового колеса щодо горизонту, а також кута повороту обода стелд забезпечений двома транспортирами та відповідно - двома стрілками. Один

транспортер жорстко приєднаний до бічної поверхні кронштейна шарніра, яке стрілка за допомогою хомутика (рухливе) - зі стійкою, інший - таким же чином розміщений на кришці рульової колонки, його стрілка також рухомо (за допомогою хомутика) приєднана до осі рульового колеса. Причому для

забезпечення точності вимірювань кутів вісь обертання транспортера кронштейна збігається з віссю обертання шарніра, а транспортера колонки - з віссю обертання рульового колеса. Рухливе з'єднання стрілок дозволяє виконувати установку нуля.



Рисунок 4.6 - Стелд для експериментальної перевірки з приладом ДЛ-01А, приєднаним до обода рульового колеса

При підготовці до вимірювань обід керма було встановлено за рівнем у горизонтальне положення. При цьому стрілку поєднали з нульовим штрихом відповідного транспортира. Після чого до обіду за допомогою кресштейна КІ-13949-ГОСНИТИ [32] був приєднаний кутомір КІ-13926-ГОСНИТИ [112], як показано на рис. 4.6. В процесі експерименту обід керма встановлювали під різними кутами до горизонту: 20, 40 та 60 град. Кожне кутове положення вивіряли за стрілкою щодо шкали транспортира на шарнірі та фіксували це положення гвинтовим механізмом шарніра. Фіксували обід у нульовому положенні транспортиром, розміщеному на кришці рульової колонки. По краю бульбашки повітря щодо штрихів ампули встановлювали нуль на кутомірі. Потім у кожному заданому кутовому положенні повертали обід послідовно на 15, 25 і 35 град, як по ходу годинної стрілки, так і у зворотному напрямку. При цьому кут повороту обода контролювали по транспортиру на рульовій колонці і одночасно знімали показання приладу - положення правого (того ж) краю бульбашки повітря щодо штрихів ампули. Вимірювання в кожній точці обраного кутового положення обода щодо горизонту виконували з повторністю, що дорівнює 6 - три проходи в кожному напрямку обертання обода. Різниця між показаннями кутоміра і фіксованим значенням кута транспортира приймалася як похибка показань кутоміра. За отриманими даними було обчислено середні значення \bar{X} показань кутоміра, його основна похибка Δ , середні квадратичні відхилення S показань кутоміра, за формулою (3.1) - гранична абсолютна помилка ϵ вимірювань при $u_a = 1,695$ для $\alpha = 0,95$.

Результати представлені у табл. 4.2. Вони показують, таке. Основна похибка кутоміра при його використанні як прилад для вимірювання вільного ходу рульового колеса знаходиться в межах від 0,1 до 0,8 град., не залежить від кута нахилу обода β_0 рульового колеса до горизонтальній площині та не перевищує паспортні значення цього параметра - ± 1 град. При цьому абсолютна помилка визначення середнього значення \bar{X} показань кутоміра знаходиться в межах від 0,024 до 0,037, що не більше 5% при довірчій ймовірності $\alpha = 0,95$.

Таблиця 4.2. Результати перевірки основної похибки кутоміру на стенді з урахуванням кута нахилу обода β_0 рульового колеса до горизонтальної площини

Кут нахилу обода β_0 , град.	Кут повороту обода транспортиром, град.	Середнє значення \bar{X} показань кутоміру, град.	Основна похибка Δ кутоміра, град.	Середнє квадратичне відхилення S , град.	Абсолютна помилка ε , град.
20	15	15,1	ОД	0,608	0,029
	25	24,6	0,4	0,620	0,029
	35	35,6	0,6	0,784	0,037
40	15	15,3	0,3	0,527	0,025
	25	25,2	0,2	0,722	0,034
	35	34,3	0,8	0,836	0,039
60	15	14,8	0,2	0,704	0,033
	25	24,8	0,2	0,562	0,026
	35	35,1	ОД	0,512	0,024

Таким чином, отримані результати перевірки основної похибки кутоміра КИ-13926-ГОСНИТИ [112] на стенді показують, що його застосування як приладу для вимірювання вільного ходу рульового колеса є можливим.

Для розмежування даних щодо приладів у цих та інших таблицях, а також далі в тексті параметри по приладах (варіантах випробувань) на основі лінійки позначені постійною підрядковою цифрою «1», на основі кутоміра – цифрою «2». У цих таблицях наведені параметри по люфтометру ІСЛ-М, і вони представлені без цифрових підрядних позначень.

Для забезпечення сумісності результатів експерименту за кожним варіантом випробувань, у тому числі і за еталонним приладом, були проведені в ідентичних умовах. Як еталонний засіб вимірювання був використаний люфтометр ІСЛ-М. Фрагмент порівняльних випробувань показано на рис. 4.7.

Обробка експериментальних даних було виконано на персональному комп'ютері із застосуванням програми «Статистика». Результати обробки представлені у табл. 4.3 та на рис. 4.8, а також у табл. 4.4 і на рис. 4.9

Вони показують таке. Статистичні дані по всіх приладах, що випробовуються, найближче узгоджуються з нормальним законом розподілу, про що свідчить критерій згоди $P(\chi^2)$ Пірсона.

Математичне очікування параметра «вільний хід рульового колеса» за дослідними зразками приладів знаходиться в межах від 18,5 до 19,0 град, і відповідно до критерію Романовського (табл. 4.4) істотно не відрізняється від математичного очікування показань

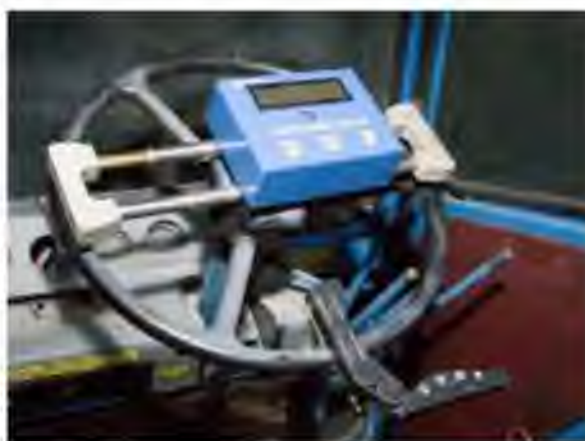
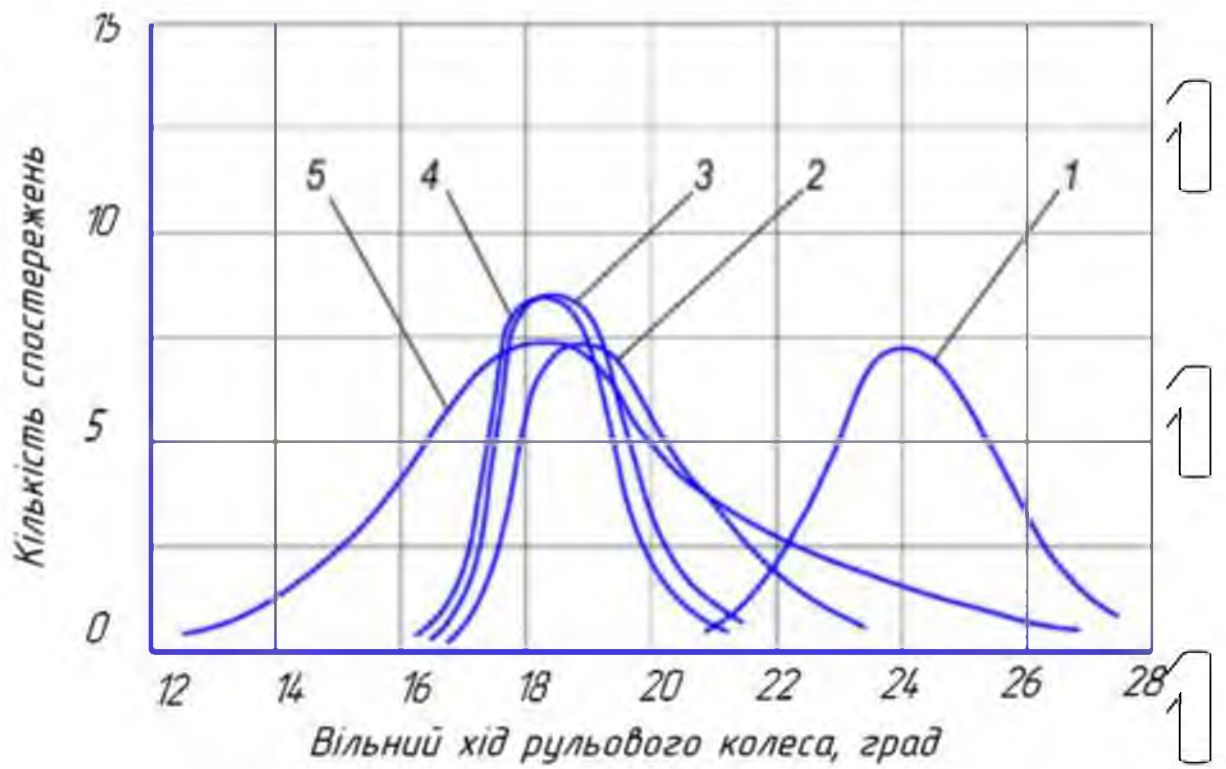
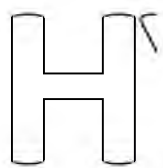
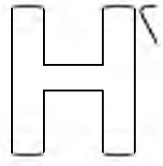
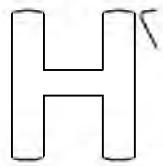


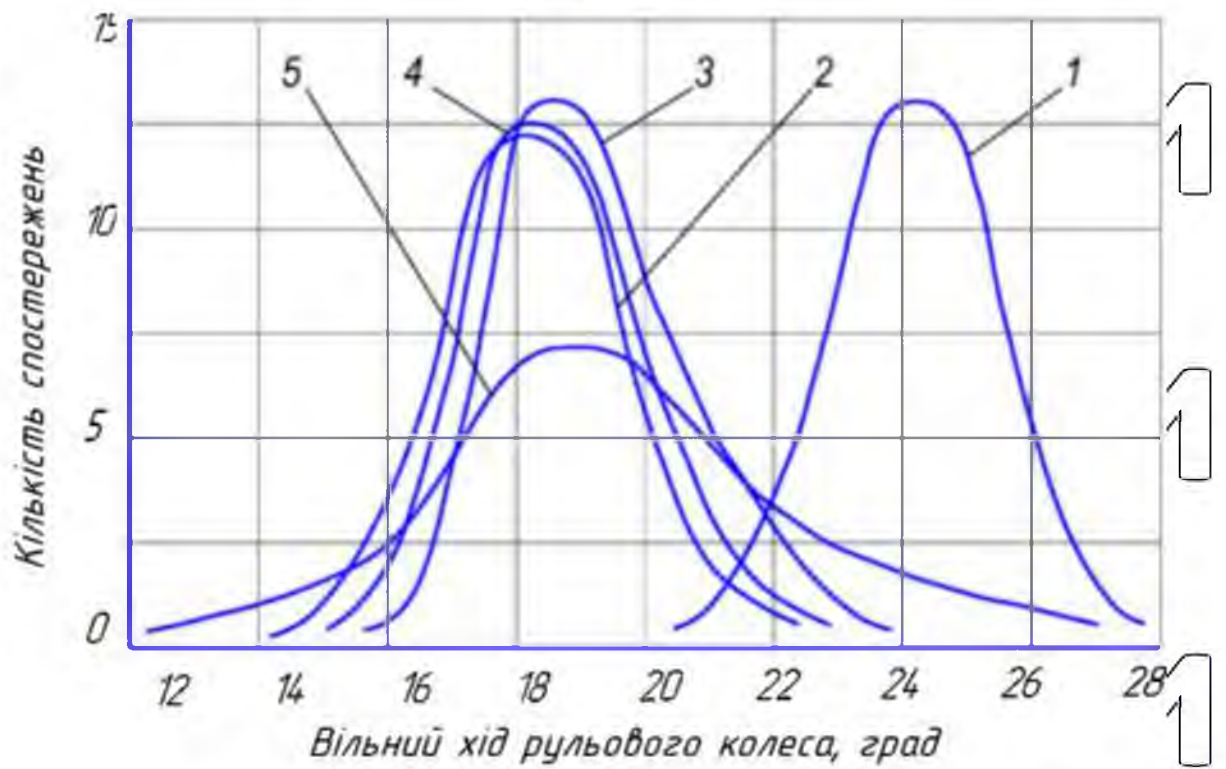
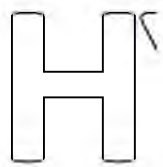
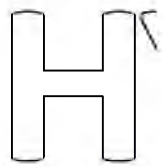
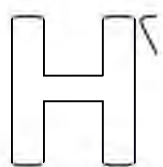
Рисунок 4.7 Вимірювання вільного ходу рульового колеса на тракторі МТЗ-80 люфтметром ІСЛ-М (угорі) та кутоміром КИ-13926 (внизу)

Таблиця 4.3 - Похибки визначення ВХРК при застосуванні експериментальних приладів та люфметра ІСЛ-М

Прилади (за табл. 3.2)	Математич не очікування, град.	Коефіцієнт варіації	Похибка:			
			середня квадратич на, град.	абсолют на, град.	Відносна %	приведена, %
<u>Л-ВК</u> <u>У-ВК</u>	<u>24,5</u> 24,5	<u>0,07</u> 0,07	<u>1,71</u> 1,76	<u>± 1,05(9)</u> ± 1,5(5,9)	<u>4,1(31,7)</u> 6,1(31,7)	<u>2,2(13,1)</u> 3,3(13,1)
<u>Л-ПН</u> <u>К-ПН</u>	<u>19,0</u> 18,5	<u>0,09</u> 0,11	<u>1,76</u> 1,96	<u>± 1,0(0,41)</u> ± 1,5(0,1)	<u>5,1(2,2)</u> 8,1(0,5)	<u>2,2(0,8)</u> 3,3(0,2)
<u>Л-ПП</u> <u>К-ПП</u>	<u>19,0</u> 19,0	<u>0,07</u> 0,09	<u>1,44</u> 1,78	<u>±1,0(0,49)</u> ± 1,0(0,4)	<u>5,1(2,2)</u> 5,1(2,2)	<u>2,2(0,8)</u> 2,2(0,8)
<u>Л-МК</u> <u>К-МК</u>	<u>18,5</u> 18,5	<u>0,08</u> 0,10	<u>1,45</u> 1,94	<u>±1,0(0,14)</u> ± 1,5(0,1)	<u>5,4(0,5)</u> 8,1(0,5)	<u>2,2(0,2)</u> 3,3(0,2)
ІСЛ-М	18,6	0,19	3,48	±2,0	11,1	4,4
Примітка - У дужках вказані похибки, обчислені на основі зіставлення даних експериментальних приладів з даними по люфтметру ІСЛ-М						



а



б

Рисунок 4.8 – Розподіл результатів визначення вільного ходу рульового колеса при застосуванні приладів: а - на основі лінійки і люфтвера ІСЛ-М; б - на базі кутоміру та люфтвера ІСЛ-М;

1 - Л-ВК та У-ВК; 2 - Л-ПН та У-ПН; 3 - Л-ПП та У-ПП; 4 - Л-МК та У-МК;

5 - ІСЛ-М

На завершення слід зазначити, що відносна помилка визначення похибки, так і трудомісткості в проведеному дослідженні не перевищує 10% при довірчій ймовірності 0,95

Отримані результати включені до складу технічних характеристик експериментальних приладів вимірювання вільного ходу рульового колеса.

4.3. Диференційна функція та параметри розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса»

Для отримання теоретичної функції щільності ймовірності (диференціальної функції) та параметрів розподілу випадкової величини «вільний хід рульового колеса» тракторами були знайдені експериментальні дані відповідно до методики 3.4. При цьому вимірювання даного параметра були виконані тракторами МТЗ-80/82 і МТЗ-1221, що знаходяться в рядовій експлуатації. Усього було обстежено 26 сільськогосподарських підприємств Іркутської області (Вибір підприємств та тракторів – випадковий).

Вимірювання параметра проводилися в ідентичних умовах: застосуванням одного і того ж приладу ІСЛ-М (рис. 4.11), за однією і тією ж методикою і при працюючому двигуні, в одних і тих же гаражних умовах, з дев'ятикратною повторністю згідно з посібником з експлуатації на прилад та одними і тими самими виконавцями. З табло приладу ІСЛ-М знімалися середні значення, обчислені цим приладом, з кожним 9 вимірюванням.

Перед вимірюванням кожен трактор піддавався попередньому обстеженню, у якому перевірявся рівень олії у гідросистемі рульового управління. При необхідності виконувалася доливка олії з подальшим прокачуванням системи. Крім того, при виявленні параметра, що перевищує граничне значення, обчислене з урахуванням можливої похибки приладу, вироблялося його відновлення до рівня, наскільки це уявлялося можливим, але з нижче встановленого значення. Граничне значення X_{III} з урахуванням похибки приладу Δ_{II} було прийнято з наступних міркувань: $X_{III} \in X_{II} + X_{II}$ або при $X_{II} = 36$ град, та $X_{II} = 4$ град, отримано: $X_{III} = 40$ град. Якщо відновити параметр при $X_{III} = 40$ град, не вдалося, такий трактор виключався зі спостереження. В результаті було знайдено дані по обох марках тракторів у двох варіантах: до та

після відновлення параметра. Обсяг випробувань по кожній марці тракторів до відновлення параметра становив 60, після відновлення – МТЗ-80/82 – 58, МТЗ-1221 – 59.

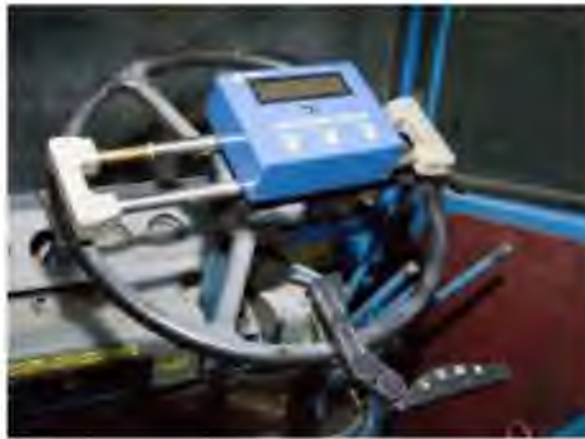


Рисунок 4.11 – Фрагмент вимірювання вільного ходу кермового колеса трактор МТЗ-80 люфтметр ІСЛ-М

Зменшення обсягу випробувань за варіантом «після відновлення параметра» обумовлено тим, що два трактори МТЗ-80/82 та один МТЗ-1221 за цим параметром відновити не вдалося. Так, наприклад, один з тракторів МТЗ-80/82 виявив вільний хід рульового колеса 112 град. Після виконання необхідних ремонтно/обслуговуючих робіт значення цього параметра становило 62 град., що більше $X_{III} = 40$ град. Іншим трактором цієї ж марки, а також одним трактором МТЗ-1221 відновлення параметра не проводилося через відсутність необхідних запасних частин. В результаті ці три трактори було виключено з вибірок.

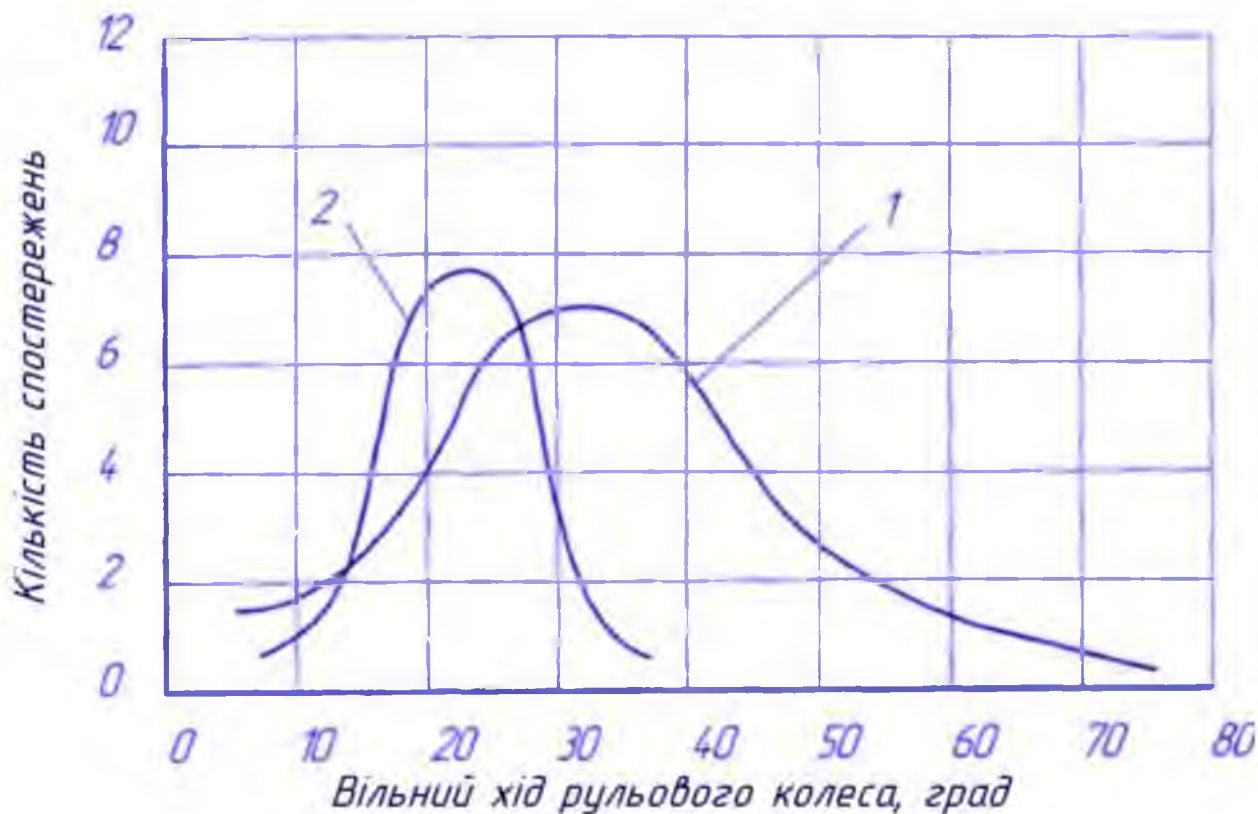
Отримані експериментальні дані щодо кожної марки трактора були оброблені з використанням комп'ютерної програми Статистика. При цьому були враховані вибірки до N_1 і після N_2 відновлення параметра "вільний хід рульового колеса". Результати обробки представлені у табл. 4.6 та на рис. 4.12, а також у табл. 4.7.

Проаналізуємо одержані результати статистичної обробки експериментальних даних. Вони показують таке.

Статистичні дані по обох марках тракторів найбільше узгоджуються з нормальним законом розподілу, про що свідчить критерій згоди $P(\chi^2)$ Пірсон.

При цьому математичне очікування параметра «вільний хід рульового колеса» до його відновлення тракторами МТЗ-80/82 становить 40,0, МТЗ-1221 - 30,5 град. По обох тракторах середнє значення параметра перевищує допустиме - 25 град., а МТЗ-80/82 воно вище навіть граничного значення - 36 град. Після відновлення параметра його середнє значення знизилося за МТЗ-80/82 до 24,5, за МТЗ-1221 - до 22,0 град., що в межах допуску. При цьому суттєво знизилася і середнє квадратичне відхилення: по МТЗ-80/82 з 20,2 до 6,4 град., по МТЗ-1221 з 16,1 до 6,0 град., або відповідно 3,2 і 2,7 разів.

Таким чином, можна зазначити, що в рядових умовах експлуатації параметр «вільний хід рульового колеса» знаходиться в межах від 8... 10 до 100 град. МТЗ-80/82 і від цього ж рівня до 80 град. МТЗ-1221. Причому понад 75% тракторів цих марок використовується, незважаючи на те, що цей параметр перевищує допустиме значення у 2-3 рази. Практично має місце відомий метод експлуатації машин «до відмови» і це відноситься до кермового управління, що забезпечує безпеку виконання механізованих та транспортних робіт. Однак обмежимося лише констатацією цього факту, оскільки дана проблема не є предметом нашого дослідження.



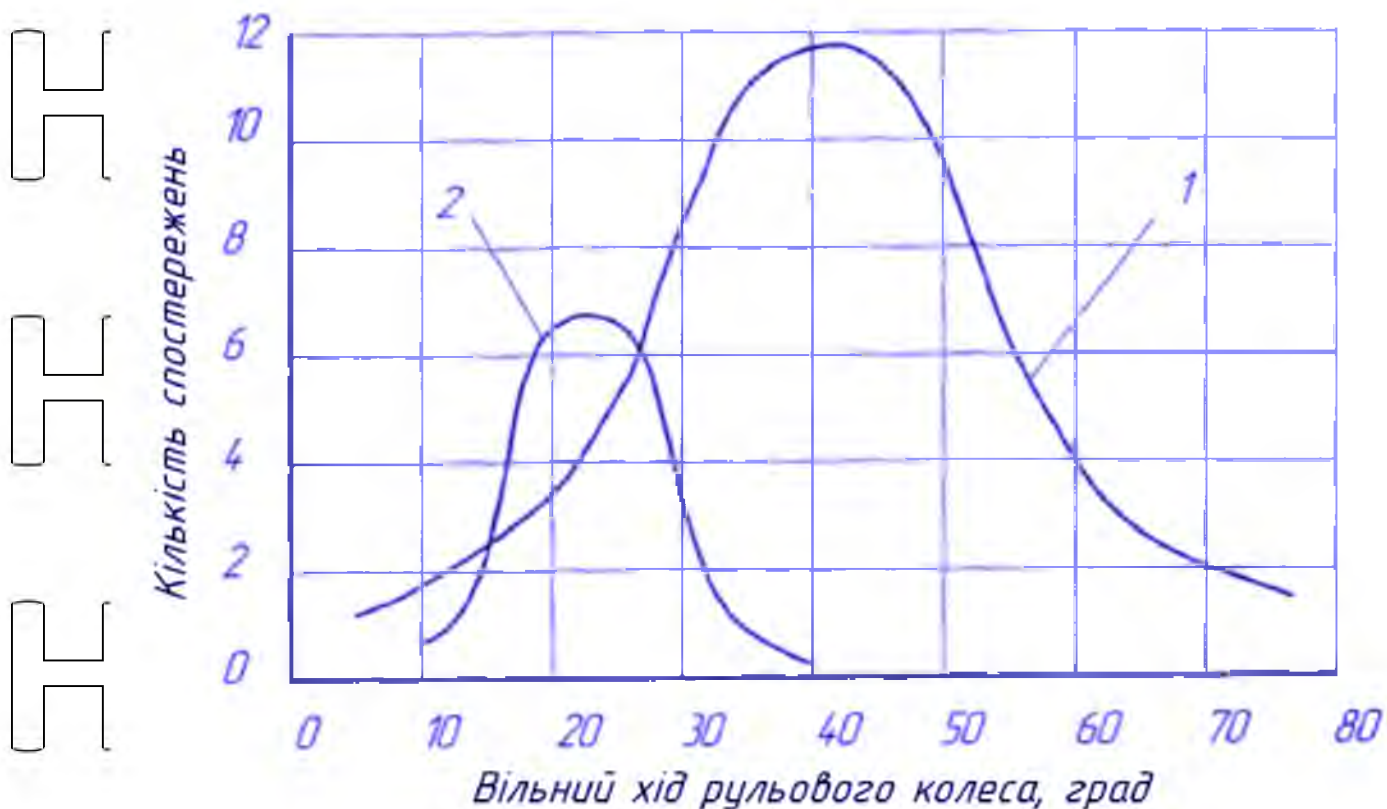


Рисунок 4.12^б - Розподіл результатів вимірювань параметра «вільний хід рульового колеса» тракторів МТЗ-80/82 (а) та МТЗ-1221 (б): 1, 2 - до та після відновлення параметра

Проведена оцінка суттєвості відмінностей математичних очікувань параметра «вільний хід рульового колеса» за критерієм Романовського показує, що й розбіжності істотні. Так, вибірки до та після відновлення параметра суттєво відрізняються по обох марках тракторів (табл. 4.7, стовпці 2 та 3). Крім того, ці вибірки відрізняються також істотно при порівнянні по різних марках тракторів. Тому постає завдання вибору тих експериментальних даних, які будуть використані в подальшому дослідженні, наприклад, при визначенні ймовірностей раннього і пізнього обслуговування. Очевидно, що до уваги повинні бути прийняті дані, сформовані з урахуванням відновлення параметра, оскільки вони відповідають нормативним технічним вимогам до кермового управління колісних тракторів. До них відносяться вибірки "після відновлення параметра".

Таким чином, теоретичні (диференціальні) функції щільності ймовірності та параметрів розподілу випадкової величини "вільний хід рульового колеса" отримані на основі експериментальних даних по тракторах МТЗ-80/82 та МТЗ-1221.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

5.1. Економічний ефект від впровадження вдосконалених та обраних засобів контролю кермового керування тракторів

Економічний ефект від впровадження удосконалених та обраних методів та засобів (далі – приладів) контролю кермового управління тракторів знайдемо на основі зіставлення показників (питомої вартості контролю) за удосконаленими та обраними приладами з відповідним показником за базовим (застосовуваним) приладом типу ІСЛ-М.

Відповідно до методики визначення економічної ефективності [74, 75] річний економічний ефект дорівнює:

$$E_p = (B_1 - B_2) \cdot A_2 \quad (5.1)$$

де E_p - річний економічний ефект, грн.; B_1, B_2 - питомі (наведені) витрати при існуючому та базовому варіанті, грн./одиноцю роботи; A_2 - річний обсяг робіт, виконаний у розрахунковому році.

Адаптуємо цю формулу для вирішення нашого завдання. Для цього вважатимемо, що E_p - річний економічний ефект для одного приладу, який

використаний у окремому господарстві, тис. грн.; B_1, B_2 - відповідно показник функціонування засобів контролю (питома вартість контролю) при застосуванні базового $C_{ФБ}$ та пропонованого $C_{Фі}$ приладу, тис. грн./од. к.; A_2 - обсяг робіт з діагностування кермового управління, виконаний у розрахунковому році -

кількість операцій контролю кермового управління за рік N_{DG_i} , од. д. Тоді формула (5.1) набуде вигляду:

$$E_p = (C_{ФБ} - C_{Фі}) \cdot N_{DG_i} \quad (5.2)$$

Число N_{DG_i} знайдемо за формулою:

$$N_{DG_i} = N_{M_i} \left(\frac{\tau_{Гі}}{\tau_{ТОі}} + K_{OC_i} \right) \quad (5.3)$$

де N_{M_i} - число машин у господарстві; τ_{Γ_i} - середнє річне напрацювання машини, мото-год; τ_{TO_i} - періодичність обслуговування, у якому застосовується i -об'єкт, мото-год; K_{OC_i} - коефіцієнт охоплення машин технічним оглядом.

Тепер підставимо (5.3) у рівняння (5.2) і отримаємо шуканий вираз визначення річного економічного ефекту:

$$E_P = N_{M_i} (C_{ФБ} - C_{Фі}) \left(\frac{\tau_{\Gamma_i}}{\tau_{Фі}} + K_{OC_i} \right) \quad (5.4)$$

На завершальному етапі за формулою (5.4) обчислений річний економічний ефект застосування удосконалених приладів Л-ІІІ та К-ІІІ, а також обраного приладу ДЛ-01А за наступних вихідних даних: N_{M_i} - від 1 до 10; $C_{ФБ}$ і $C_{Фі}$ - за табл. 4.11; $\tau_{\Gamma_i} = 1000$ мото-год, $\tau_{TO_i} = 500$ мото-год; $K_{OC_i} = 0,9$.

Отримані результати представлені у табл. 4.14. Вони показують таке.

З підвищенням кількості машин, що обслуговуються N_{M_i} від 1 до 10 річний економічний ефект з усіх приладів, прийнятим до уваги, також збільшується відповідно з 7 до 14 тис. грн. (в 2 рази), що з відповідним зниженням зіставлених показників. Найбільший ефект при всіх зазначених значеннях N_{M_i} дає застосування найпростішого приладу Л-ІІІ, який оснащений вимірювальною лінійкою з інженерним калькулятором, а також прожектором та портативним екраном. Вочевидь, він обумовлений, з одного боку, низькою вартістю даного приладу, з другого - вищою точністю визначення параметра проти базовим приладом.

Однак, як уже було зазначено при аналізі показника вдосконалення та вибору, якщо в практичному сенсі обчислення вільного ходу рульового колеса за результатами вимірювань довжини хорди лінійкою складно, то є можливим застосування оптико-механічних приладів, до яких відносяться К-ІІІ та ДЛ-01А. Причому при $N_{M_i} \leq 3$ найбільший економічний ефект при використанні К-ІІІ, а при $N_{M_i} > 3$ - при застосуванні приладу ДЛ-01А (табл. 5.1).

Таблиця 5.1. Зміна річного економічного ефекту застосування приладів залежно від кількості машин N_{M_i} в господарстві

Число машин N_{M_i} у господарстві	Річний економічний ефект застосування приладів, тис. грн.		
	Л-ПП	К-ПП	ДЛ-01А
1	7,676	7,494	7,398
2	8,416	8,213	8,155
3	9,152	8,935	8,918
4	9,895	9,651	9,674
5	10,643	10,382	10,440
6	11,380	11,084	11,188
7	12,119	11,815	11,957
8	12,876	12,551	12,737
9	13,598	13,259	13,468
10	14,323	13,949	14,210

Якщо тепер зіставити і ці два прилади, то перший дешевший за другий майже вдвічі. Однак другий тонніше першого приладу, що дозволяє знизити витрати раннього та пізнього обслуговування. У сукупності це забезпечує його ефективність при $N_{M_i} > 3$.

Слід зазначити, що отримані результати економічного ефекту узгоджуються з результатами за показником функціонування - вдосконалення та вибору засобів контролю кермового управління. Тому, аналізуючи дані щодо економічного ефекту застосування приладів, ми приходимо до аналогічних висновків, зроблених при аналізі даного показника.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В процесі вдосконалення приладів для визначення ВХРК абсолютна похибка залишилася на тому самому рівні – ± 1 град., габаритні розміри збільшилися в 10 разів, маса – в 5 разів, вартість – в 4,3 рази, а трудомісткість визначення параметра – у 2,3 рази. При цьому створені електронні прилади, але вони можуть бути потрібні лише органами Держтехнагляду та в рядових господарствах застосування не знаходять. Цим пояснюється потреба вдосконалення приладів для діагностування РУ.

2. Розроблено математичну модель функціонування засобів контролю РУ колісних тракторів. Вона являє собою обернено пропорційну функцію питомої вартості контролю від кількості машин, що обслуговуються. При цьому враховані параметри: вартість придбання та використання коштів, витрати на відновлення їх працездатності, на перевірку, зберігання та утилізацію, а також витрати раннього та пізнього обслуговування, зумовлені випадковою похибкою коштів.

3. Удосконалені засоби визначення ВХРК, до яких відносяться вимірвальна лінійка для реалізації способу контролю ВХРК за мітками та оптико-механічний кутомір КІ-13926 з додатковою шкалою та з кронштейном КІ-13949 ДЕРЖНІС. Вони забезпечують можливість визначення ВХРК початку повороту керованих коліс, для чого забезпечені прожектором, настінним або портативним екраном, або комп'ютерною мишею з сигнальною лампою.

4. Обґрунтовані технічні характеристики приладів. Їхні габаритні розміри в 12 разів, а маса в 20 разів менша за аналог ІСЛ-М. Найменша випадкова похибка (1,59 град.) – за приладами на основі лінійки, найбільша (1,86 град.) – на базі кутоміру. Трудомісткість контролю найбільша за приладами з лінійкою (6,1 люд.-хв) і найменша – з кутоміром (5,0 люд.-хв). Отримані дані суперечливі: лінійка точніша, але більш трудомістка у використанні; кутомір менш точний, хоча має найменшу трудомісткість. Тому вибрати найкращий прилад, орієнтуючись тільки на похибку і трудомісткість, неможливо: потрібно враховувати всі параметри показника функціонування засобів контролю.

5. Розроблено алгоритм вибору засобів контролю РУ, який передбачає необхідну базу даних, а також порядок вибору та обчислень у програмному середовищі «Excel».

6. Обґрунтовані ефективні моделі засобів контролю РУ. Відповідно до показника найкращим є прилад на основі лінійки з візуальним контролем початку повороту керованих коліс – Л-ВК. Однак якщо врахувати, що він має систематичну похибку 5,9 град., наприклад для трактора МТЗ-80, ця похибка може набувати іншого значення за іншими марками машин, то перевагу при виборі слід віддати приладу Л-ПП, до складу якого також входить лінійка. З іншого боку, якщо в практичному сенсі обчислення ВХРК за результатами вимірювань довжини хорди лінійкою складно, то при числі машин менше 3 краще використовувати К-ПП, а при їхньому числі більше 3 – прилад ДЛ-01А.

До запропонованих методу визначення ВХРК за мітками та засобами контролю РУ розроблено технологію його діагностування у вигляді технологічних карт.

7. Економічний ефект застосування обраних приладів (Л-ПП, К-ПП, ДЛ-01А) визначено за їх показниками функціонування. З підвищенням числа машин, що обслуговуються, від 1 до 10 річний економічний ефект по цих приладах також збільшується відповідно від 7 до 14 тис. грн. у розрахунку на один прилад (в 2 рази).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аллілуєв В. А. Технічна діагностика тракторів та зернозбиральних комбайнів / В. А. Аллілуєв, Н. С. Ждановський, А. В. Ніколаєнко [та ін.]; за ред. В. М. Міхліна. - М: Колос, 1978. - 287 с.

2. Альт В. В. Інформаційне забезпечення експертизи стану двигунів / В. В. Альт, І. П. Добролюбов, О. Ф. Савченко; за ред. д.т.н. В. В. Альта. - РАСХН Сиб. відд-ня - СібіФП. - Новосибірськ: ЗІ РАСХН, 2001. - 220 с.

3. Анур'єв В. І. Довідник конструктора-машинобудівника: в 4-х т. / В. І. Анур'єв; за ред. І. Н. Жесткової. - 8-е вид., перероб. та дод. - М.: Машинобудування, 1991. - Т. 1. - 912 с.

4. Ардашев Г. Р. Технічне обслуговування машинно-тракторного парку / Г. Р. Ардашев, Г. Н. Михайлов, А. В. Моршин - 2-ге вид. перероб. та дод. - М.: Колос, 1970. - 511 с.

5. Арінін І. Н. Діагностування технічного стану автомобіля / І. Н. Арінін. - М.: Транспорт, 1978. - 176 с.

6. Артем'єв Ю. Н. Якість ремонту та надійність машин у сільському господарстві / Ю. Н. Артем'єв. - М.: Колос, 1981. - 239 с.

7. Балашов О. П. Використання економічних критеріїв при оцінці системи електробезпеки // О. П. Балашов // Механізація та електрифікація сіл. госп-ва. - 2009. - № 5. - С. 8-10.

8. Беднарський В. В. Технічне обслуговування та ремонт автомобілів: підручник / В. В. Беднарський. - 3-тє вид. перероб. та дод. - Ростов н/Д: Фенікс, 2007. - 456 с.

9. Білорус 1221: посібник з експлуатації / В. Г. Левков [та ін.]. - 3-тє вид., перероб. та дод. - Мн.: ВО «Мінський тракторний завод», 2000. - 225 с.

10. Бельських В. І. Довідник з технічного обслуговування та діагностування тракторів / В. І. Бельських. - М.: Россільгоспвидав, 1975. - 400 с.

11. Бельських В. І. Діагностування та обслуговування сільськогосподарської техніки / В. І. Бельських. - 2-ге вид., перероб. та дод. - М.: Колос, 1980. - 575 с.

11. Бельських В. І. Довідник з технічного обслуговування та діагностування тракторів / В. І. Бельських. - 3-тє вид. - М.: Россільгоспвидав, 1986. - 399 с.

12. Березін С. В. Довідник автомеханіка / С. В. Березін. - 2-ге вид. - Ростов на Дону: Фенікс, 2008. - 346 с.

34. Борц А. Д. Діагностика технічного стану автомобіля / А. Д. Борц, Я. Х. Закін, Ю. В. Іванов. - М.: Транспорт, 1979. - 158 с.

35. Ванін В. С. Сучасні способи вимірювання вібрації / В. С. Ванін // Техніка в сел. госп.-ве. - 2009. - № 1. - С. 29-33.

36. Веденяпін Г. В. Експлуатація машинно-тракторного парку: підручник для вищ. проф. освіти / Г. В. Веденяпін, Ю. К. Кіртбая, М. РР. Сергєєв. - М.: Сільгоспвидав, 1963. - 430 с.

37. Власов П. А. Робота паливної апаратури покращиться / П. А. Власов, А. Н. Скарликін // Техніка в сел. госп.-ві. - 2004. - № 1. - С. 32-34.

38. Вигодський М. Я. Довідник з елементарної математики / М. Я. Вигодський. - М.: Наука, 1979. - 336 с.

39. Гаражне та авторемонтне обладнання: каталог-довідник. - М.: Транспорт, 1966. - 140 с.

40. Голінкевич Т. А. Прикладна теорія надійності / Т. А. Голінкевич. - М.: Вищ. шк., 1977. - 160 с.

41. Горшков Ю. Г. Автоматичний пристрій для підтримання норм тиску повітря в пневматичних шинах / Ю. Г. Горшков, Г. А. Ларіонова, М. С. Дмитрієв, О. В. Зайнішев, І. С. Житенко // Техніка все л. госп.-ве. - 2009. - №6. - С. 44-47.

42. Григоров В. І. Підвищення безвідмовності автомобілів КаМАЗ діагностуванням передньої підвіски / В. І. Григоров // Техніка в сел. госп.- ве. - 2009. - №5. - С. 39-41.

43. Григоров В. І. Підвищення безвідмовності автомобілів КаМАЗ діагностуванням задньої підвіски / В. І. Григоров // Техніка в сел. госп.- ве. - 2009. - № 6. - С. 55-56.

44. Гуревич А. М. Технічне обслуговування машинно-тракторних агрегатів / А. М. Гуревич, Н. В. Зайцев, А. П. Акімов. - М.: Росагропромиздат, 1988. - 240 с.

45. Дайітбегов Д. М. Програмне забезпечення статистичної обробки даних / Д. М. Дайітбегов, О. В. Калмикова, А. І. Черепанов. - М.: Фінанси та статистика, 1984. - 192 с.

46. Добролюбов І. П. Класифікація технічних станів механізмів циклічної дії з використанням вимірювальних експертних систем // І. П. Добролюбов // Техніка в сел. госп-ві. - 2003. - № 3. - С. 31-36.

47. Дунаєв А. В. Вибір методів та засобів діагностування циліндропоршневої групи автотракторних двигунів / О. В. Дунаєв // Техніка в сел. госп-ві. - 2007. - № 6. - С. 25-28.

48. Дунаєв А. В. Експрес-оцінка залишкового ресурсу циліндропоршневої групи двигунів внутрішнього згорання / О. В. Дунаєв // Техніка в сел. госп-ві. - 2008. - № 6. - С. 34-37.

49. Євтюшенков Н. Є. Багатокритеріальна оптимізація параметрів транспортних агрегатів / Н. Є. Євтюшенков // Техніка в сел. госп-ві. - 2002. - № 1. - С. 26-29.

50. Завалшин Ф. С. Методи досліджень механізації сільськогосподарського виробництва / Ф. С. Завалшин, М. Г. Манцев. - М.: Колос, 1982. - 231 с.

51. Загородніх А. Н. Шляхи зниження травмування операторів самохідних транспортних машин / О. М. Загородніх // Механізація та електрифікація сел. госп-ва. - 2007. - № 11. - С. 31-33.

52. Загородських Б. П. Зниження міжциклової нерівномірності подачі палива / Б. П. Загородських, П. А. Плотніков // Техніка в сел. госп-ві. - 2005. - № 3. - С. 28-30.

53. Інноваційні проекти - агропромислового комплексу: каталог. - М.: ФДНУ «Росінформагротех», 2007. - 136 с.

54. Калаєв С. С. Курсова стійкість руху трактора з розімкнутою системою управління / С. С. Калаєв // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва. – 2008. – № 9. – С. 27-29.

55. Каталог засобів технічного обслуговування та поточного ремонту тракторів, автомобілів та сільськогосподарських машин / В. М. Грибков [та ін.]. – М.: ДЕРЖВИТИ, 1973. – 340 с.

56. Кім К. К. Метрологія, стандартизація, сертифікація та електровимірвальна техніка: навчання, посібник / К. К. Кім, Г. Н. Анісімов, В. Ю. Барбарович, Б. Я. Литвинов. – СПб.: Пітер, 2006. – 368 с.

57. Колчин А. В. Оцінка паливної економічності тракторних та комбайнових дизелів за димністю відпрацьованих газів / А. В. Колчин, А. В. Дальниковський // Техніка в сел. госп-ві. – 2003. – № 3. – С. 27-31.

58. Колчин А. В. Методика визначення оптимальної точності вимірювань при діагностуванні тракторів та сільськогосподарських машин / А. В. Колчин, В. М. Міхлін // Резерви підвищення ефективності використання МТП у сільськогосподарському виробництві. Удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту машин: навч.-техн. бюл., вип. 5. – Новосибірськ: ВАСХНІЛ, 1980. – С. 9 - 11.

59. Краковський Ю. М. Математичні та програмні засоби оцінки технічного стану обладнання / Ю. М. Краковський. – Новосибірськ: Наука, 2006. – 228 с.

60. Ксєневич І. П. Аспекти проектування складних імовірнісних нелінійних динамічних нелономних систем / І. П. Ксєневич // Трактори та с.-г. машини. – 2007. – № 8. – С. 20 – 27.

61. Лєонов О. А. Вплив похибки засобів вимірювань на втрати при ремонті сільгосптехніки / О. А. Лєонов, Г. І. Бондарєва, Н. Ж. Шкаруба // Механізація та електрифікація сіль. госп-ва. – 2007. – № 11. – С. 27-29.

62. Лівшиць В. М. Перспективні розробки в галузі діагностики автотракторних дизелів / В. М. Лівшиць, С. В. Крашєнинников, С. П. П'ягін // Вісник ІРДСГА. – 2010. – Вип. 38. – С. 77 – 80.

63. Лівшиць В. М. Принципи формування системи технічного обслуговування машин у господарствах Сибіру. метод, рекомендації / В. М. Лівшиць, В. І. Роліченко. - Новосибірськ: Сиб. від. ВАСГНІЛ, 1976. - 98 с.

64. Лісін А. С. Технічне обслуговування автомобілів: лабораторний практикум / А. С. Лісін - 2-ге вид. перероб. та дод. - М.: Транспорт, 1971. - 192 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП **ДОДАТКИ** України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України