

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра надійності і ремонту машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня "Магістр"  
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
СЕРВІСНИХ ВИРОБНИЦТВ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-2-19  
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

\_\_\_\_\_ Лех Станіслав Володимирович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Толстенко Олександр Васильович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Надійності і ремонту машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

НРМ

(назва кафедри)

д.т.н. професор

(вчене звання)

Дирда В.І.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„1” 10 2020 р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТА**

Лех Станіслава Володимировича

1. Тема роботи: Удосконалення метрологічного забезпечення сервісних виробництв Дніпропетровської області

керівник роботи к.т.н. доцент Толстенко О.В.

затверджені наказом вищого навчального закладу від “8” жовтня 2020 року № 2556

2. Строк подання студентом роботи до 1.12.2020

3. Вихідні дані до роботи Існуючі методи покращення якості сервісних робіт, та аналіз надійності існуючих вимірювальних засобів. Існуючі методи інструментального контролю та неруйнівного випробування технічного стану машин. Показники стану охорони парці в базовому підприємстві. Техніко-економічні показники роботи базового підприємства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання та задачі досліджень. 2. Теоретичні методи метрологічного забезпечення сервісних виробництв. 3. Методика проведення експериментальних досліджень та їх результати 4. Охорона праці та захист у надзвичайних ситуаціях. 5. Техніко-економічні показники роботи. Загальні висновки та пропозиції. Список літератури. Додатки

№ п/п	формат	Позначення	Найменування	К-сть аркушів	Номер Арку ша	Примі тка
			<b>Текстові докумен- ти</b>			
	A4	39ДР.039 000. 000 ПЗ	Пояснювальна за- писка	84		
			<b>Демонстраційні матеріали</b>			
			Презентація в фор- маті <u>Microsoft</u> <u>PowerPoint</u>	12		

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота виконана на тему: Удосконалення метрологічного забезпечення сервісних виробництв Дніпропетровської області.

В дипломній роботі були розглянуті існуючі методи підвищення точності вимірювання деталей двигунів автомобілів і тракторів та обґрунтовані найбільш ефективні.

Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, що підтверджують роботоздатність запропонованого метода підвищення точності та можливість введення його до системи технічного сервісу агрегатів.

Також були розроблені заходи з охорони праці і розрахована техніко-економічна оцінка проектних рішень.

Дипломна робота включає в себе пояснювальну записку об'ємом 84 сторінок, а також 12 презентаційних листів виконаних у програмі Microsoft Power Point.

Ключові слова - ВЗАЄМОЗАМІННІСТЬ, СТАНДАРТИЗАЦІЯ, МЕТРОЛОГІЯ, ВИМІРЮВАННЯ, ДЕТАЛЬ, КОЛІНЧАТИЙ ВАЛ і т.д.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	10
1.1. Характеристика підприємства.....	10
1.2. Характеристика основних засобів вимірювання.....	15
1.3 Аналіз стану метрологічного забезпечення вимірювань при сервісі сільськогосподарської техніки .....	23
1.3.1 Вплив рівня метрологічного забезпечення вимірювань на якість продукції сервісних підприємств АПК .....	23
1.3.2 Особливості технічного контролю в процесі ремонту машин .....	28
1.3.3 Дослідження й аналіз проблем метрологічного забезпечення ремонтного виробництва агропромислового комплексу .....	32
1.4. Висновки та задачі роботи.....	36
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ.....	37
2.1. Розрахунок і вибір посадок із зазором та добір засобів вимірювання..	37
2.2. Розрахунок і вибір посадок з натягом та добір засобів вимірювання...40	
2.3. Висновки.....	45
3. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ .....	46
3.1. Методика метрологічних вимірювань .....	46
3.2 Методика вимірювань розмірів елементів з'єднання «корінна шийка колінчатого вала – корінна опора в зборі із вкладишем» .....	47
3.2.1 Методи й засоби вимірювань дійсних розмірів корінних шийок колінчатого вала.....	47
3.2.2 Методи й засоби вимірювань внутрішнього діаметра	

корінної опори в зборі із вкладишем .....	53
3.3. Результати вимірювань шийок колінчатого валу.....	56
3.4. Вибір номенклатури засобів вимірювання.....	59
3.5. Дослідження динаміки витрат на вимірювання залежно від виду й похибки засобу вимірювання.....	61
3.6. Висновки.....	64
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	65
4.1. Загальні відомості про охорону праці в державному підприємстві «Дніпростандартметрологія».....	65
4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології .....	67
4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів на дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології .....	68
4.4. Правила безпечного виконання робіт на дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології .....	69
4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації.....	73
4.6. Висновок.....	73
5. ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	74
5.1. Розрахунок економічної ефективності.....	74
5.2. Висновки.....	78
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	79
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	81
ДОДАТКИ.....	84

## ВСТУП

На полях України сьогодні працює безліч різноманітної техніки, починаючи від найпростішої виробленої багато десятиків років тому до найсучаснішої високотехнологічної яка керується штучним інтелектом. І дійсно на полі можуть поряд працювати комбайн НІВА СК-5 70х років випуску і найкращий комбайн Claas LEXION 8900 [1, 2], а ще на полях працює відновлена техніка яка була придбана за кордоном у віці 5-7 років і зараз їх вік становить 12-15 років і вони потребують частих ремонтів [1, 3]. Також згідно досліджень [1, 4] машини старіють, зношуються та ламаються і на їх ремонт витрачається близько 9 млрд. грн., що робить технічний сервіс техніки дуже значущим. Також встановлено, що 40-45 % деталей можна відновити і використовувати повторно, 30-35 % деталей можуть використовуватись повторно без ремонту але тут на передній план виходить дефектація деталей та її метрологічне забезпечення. Саме від якісно проведених дефектувальних робіт буде встановлено до якої групи потрапить та чи інша деталь. В зв'язку з цим якісне метрологічне забезпечення та точність вимірювань буде впливати на вартість сервісних робіт.

Специфічною проблемою сервісних підприємств АПК є потреба в спеціалізованих засобах вимірювання, відсутніх у продажі на ринку, тому ремонтні підприємства потребують нестандартизованих засобів вимірювання й контролю. У зв'язку із цим, виникає ще одна проблема – проблема метрологічного обслуговування.

На якість вимірювання у ремонтному виробництві багато в чому вплинуло прийняття законів «Про технічне регулювання» [5] і «Про стандартизацію» [6]. Відповідно до цих законів діяльність сервісних підприємств не попадає під сферу метрологічного контролю й нагляду, а сертифікація послуг по технічному обслуговуванню й ремонту є добровільною. Незважаючи на це, вимоги до якості роботи двигуна, а головне до гарантії його безпеки після проходження капітального ремонту такі ж, як і до нового. Тому вірогід-

ність і адекватність даних, одержуваних при вимірюваннях дуже важливі для забезпечення якості й гарантій безпеки, а також вироблення управлінських рішень на сервісних підприємствах. Незважаючи на це, для підприємств, що займаються капітальним ремонтом двигунів, немає спеціально розроблених нормативних документів, що стосуються оцінки якості вимірювальних процесів.

Крім перерахованого вище, слід зазначити, що в ремонтному виробництві, з погляду вимірювань, існує ряд відмінностей від вимірювань у машинобудуванні й автомобілебудуванні. Та сама методика й ті самі засоби вимірювання застосовуються як для контролю зношених, так і для контролю нових і відремонтованих деталей. Розробка методики оцінки якості вимірювання дозволить визначити прийнятність рекомендованих у нормативній документації методів і засобів вимірювання на різних етапах технологічного процесу капітального ремонту двигунів.

Розв'язок розглянутих організаційних і методичних проблем дозволить удосконалювати метрологічне забезпечення сервісних підприємств АПК і підвищити якість кінцевої продукції й послуг.

**Метою роботи** є розробка способів і методів удосконалювання метрологічного забезпечення сервісних підприємств АПК на основі впровадження процесного підходу й наукового обґрунтування раціональної точності вимірювання, що забезпечують зниження втрат від браку й витрат при контролі якості в сервісному виробництві.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **основні задачі**:

виявити основні проблеми й обґрунтувати необхідність удосконалювання метрологічного забезпечення вимірювання на сервісних підприємствах; розробити функціональну модель організації системи керування метрологічним забезпеченням вимірювання і методику оцінки ризиків вимірювальних процесів; розробити методи й засоби для оцінки впливу погрішності вимірювання на імовірнісні характеристики розподілу контрольованих па-



раметрів деталей і параметрів з'єднань із зазором і натягом; виявити контрольні крапки й місця формування втрат від погрішності вимірювання, розробити методику й оцінити втрати від погрішності вимірювання по кожному місці їх виникнення; розробити методику техніко-економічного обґрунтування вибору універсальних засобів вимірювання для контролю лінійних розмірів деталей, що утворюють з'єднання; провести аналіз метрологічного забезпечення непрямих вимірювання при ремонті двигунів. Розробити рекомендації з удосконалювання метрологічного забезпечення непрямих вимірювання на різних етапах технологічного процесу ремонту двигунів; розробити методику обґрунтування приймальних границь при контролі потужності двигуна після ремонту; розробити спеціальні комп'ютерні програми для розрахунків імовірнісних характеристик розподілу розмірів деталей після контролю; провести оцінку якості вимірювальних процесів при ремонті найбільш важливих деталей двигунів внутрішнього згоряння; апробувати розроблену методику вибору засобів вимірювання при ремонті для відповідальних елементів найбільш важливих деталей двигунів внутрішнього згоряння; оцінити ефективність і розробити рекомендації з удосконалюванню метрологічного забезпечення вимірювання на сервісних підприємствах АПК.

**Об'єкт досліджень** – процес метрологічного забезпечення вимірювання на сервісних підприємствах агропромислового комплексу.

**Предмет дослідження** – основні елементи й точнісні характеристики вимірювальних процесів, відповідальних за контроль якості ремонту двигунів.

**Публікації.** За результатами роботи надруковано статтю: Лех. С.В. Метрологічне забезпечення ремонтного виробництва / С.В. Лех, О.В. Толстенко // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2020. – С. 113–116.

# РОЗДІЛ 1

## СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Характеристика підприємства

Днем заснування ДП «Дніпростандартметрологія» вважається 2 листопада 1902 року, коли відбулося офіційне відкриття Катеринославської Повірочної Палатки.

Про це свідчать документи, які зберігаються у архіві Метрологічного музею при Державному Унітарному підприємстві «Всеросійський науково-дослідний інститут метрології імені Д.І.Менделєєва», Центральному державному архіві науково-технічної документації (м. Санкт-Петербург).

Вибір території для відкриття Палатки був не випадковим. На початку ХХ століття Катеринослав нараховував 175 підприємств і заявив себе як перспективний промисловий центр. Він став 18-м містом Російської імперії і 4-м містом України після Харкова, Києва, Одеси, де була відкрита Палатка. У віданні Палатки були Катеринославська і Таврійська губернії, Севастопольське і Керченське градоначальства.

Завідуючим Палаткою був губернський пробіrer Голенкін Олександр Ілліч (колезький асесор). Штат складався з п'яти співробітників: одного старшого і 3 молодших повірників з дворянського стану, і одного письменника.

Працювала Палатка за адресою: Гоголівський бульвар, буд. 11 (тепер вул. Гоголя, буд.11).

Подальша історія установи нерозривно пов'язана з розвитком індустрії Придніпров'я.

Катеринославська Повірочна Палатка, що спочатку забезпечувала лише повірку і таврування найпростіших мір та вагів, з часом завоювала репутацію установи, що організує порядок у вимірювальному господарстві всіх галузей

промисловості, транспорту, сфери обслуговування, а також наукових і медичних установ.

З розвитком промисловості в регіоні зростала й значущість цієї установи, змінювався її статус:

1902 рік – Катеринославська Повірочна Палатка мір та вагів № 18

1934 рік – Управління мір та вагів

1938 рік – Дніпропетровське управління мір та вимірювальних приладів

1943 рік – Управління у справах мір і вимірювальних приладів при Дніпропетровському обласному виконавчому комітеті

1953 рік – Дніпропетровське обласне управління мір та вимірювальних приладів

1955 рік – Дніпропетровська державна контрольна лабораторія по вимірювальній техніці

1967 рік – Дніпропетровська міжобласна лабораторія держнагляду за стандартами і вимірювальною технікою.

1976 рік – Придніпровський центр стандартизації і метрології

1979 рік – Дніпропетровський центр стандартизації і метрології

1996 рік – Дніпропетровський державний центр стандартизації, метрології і сертифікації

2003 рік – Державне підприємство “Дніпропетровський регіональний державний науково-технічний центр стандартизації, метрології і сертифікації” (ДП “Дніпростандартметрологія”)



Рис. 1.1. Будівля ДП “Дніпростандартметрологія”

На сьогоднішній день ДП “Дніпростандартметрологія” є одним із провідних підприємств Міністерства економічного розвитку й торгівлі України, діяльність якого спрямована на забезпечення єдиної державної політики в сфері стандартизації, метрології, сертифікації й керування якістю, підтримку товаровиробників, забезпечення споживачів якісними товарами й послугами. З 2011 року ДП “Дніпростандартметрологія” керує генеральний директор Олексій Федорович Шипко.

Структуру ДП “Дніпростандартметрологія” наведено на рис. 2 та 3.



Рис. 1.2. Структура ДП “Дніпростандартметрологія”

ДП “Дніпростандартметрологія” налічує 5 відділів.

Структура ДП “Дніпростандартметрологія” наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1- ДП “Дніпростандартметрологія”

Найменування відділів
Управління з продажу послуг (відділ єдине вікно) (з питань сертифікації продукції, оцінки відповідності, стандартизації, випробувань харчової та промислової продукції)
Науково-технічний відділ повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки оптико-фізико-хімічних величин та організаційно-методичної роботи
Відділи метрології, та метрологічних послуг
Відділ стандартизації
Відділ бухгалтерського обліку та звітності

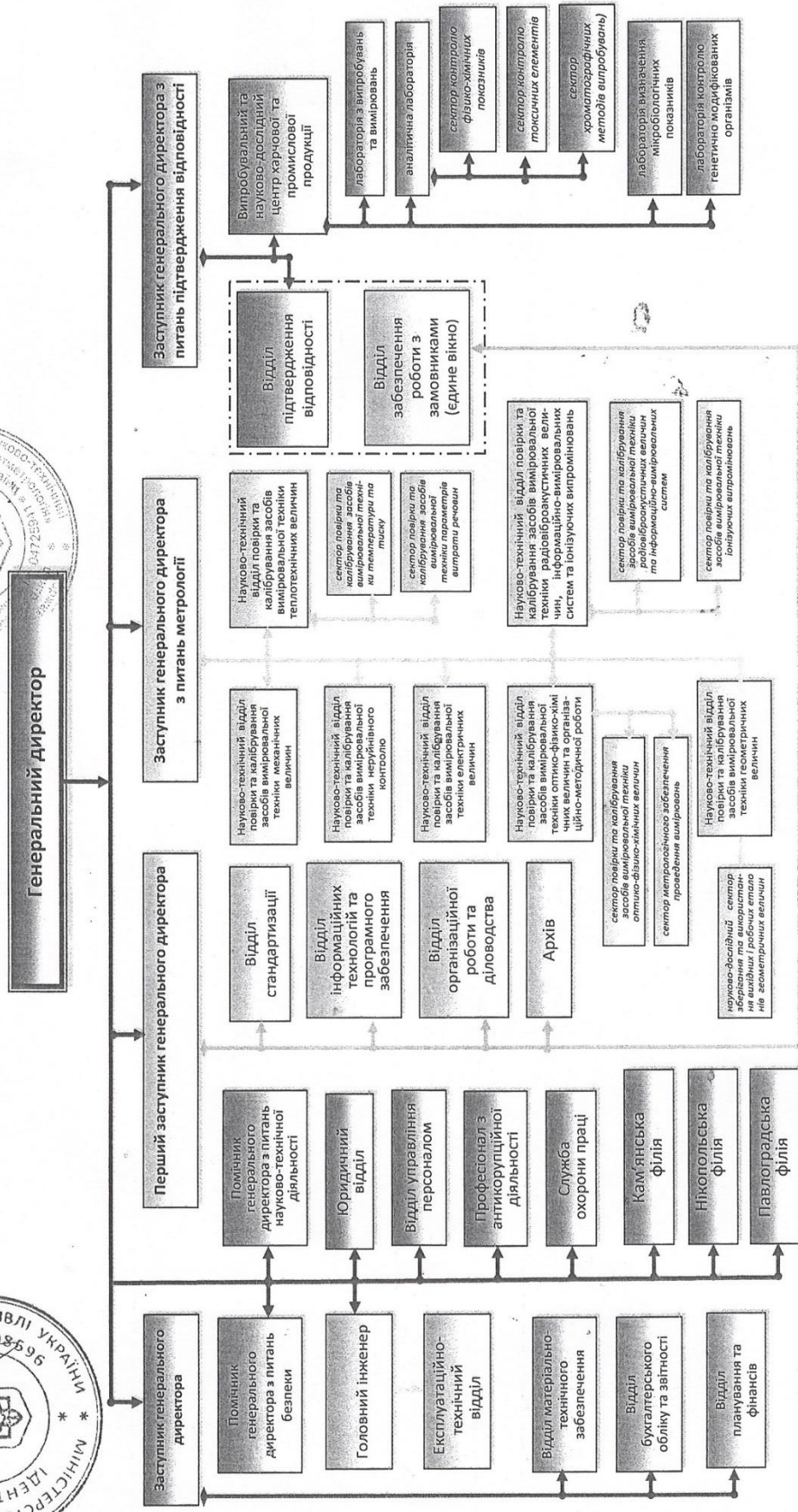
На сьогодні ДП “Дніпростандартметрологія” надає послуги в сфері стандартизації, метрології і сертифікації: методична і інформаційна допомога в розробці і постановці на виробництво продукції виробничо-технічного призначення, товарів народного споживання, харчової продукції, засобів вимірювальної техніки, медичного устаткування, продукції будівельного призначення; забезпечення офіційними копіями стандартів; повірка (калібрування), послуги атестації і сертифікації для галузей промисловості; послуги в питаннях розробки і впровадження систем якості на підприємствах і систем керування довколишнім середовищем на основі стандартів ISO 9001 і ISO 22000

Погоджено:  
Міністерство економічного розвитку і торгівлі України  
Державного підприємства «Дніпропетровський регіональний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації»  
2018 року

Затверджено:  
Генеральний директор ДП «Дніпростандартметрологія»  
2018 року

ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА

Державного підприємства «Дніпропетровський регіональний науково-технічний центр стандартизації, метрології та сертифікації»



\* Примітки: позначкою [ ] об'єднані функції органу сертифікації ДП «Дніпростандартметрологія»;

Рис. 1.3. Структура ДП «Дніпростандартметрологія»



Роботу випробувального Центру забезпечує 4 лабораторії:



Рис. 1.3. Робота випробувального центру

## 1.2. Характеристика основних засобів вимірювання

На сервісних підприємствах використовують різноманітні засоби вимірювання, в основному це штангенциркуль, мікрометр та нутромір індикаторного типу та інші рис. 1.4.

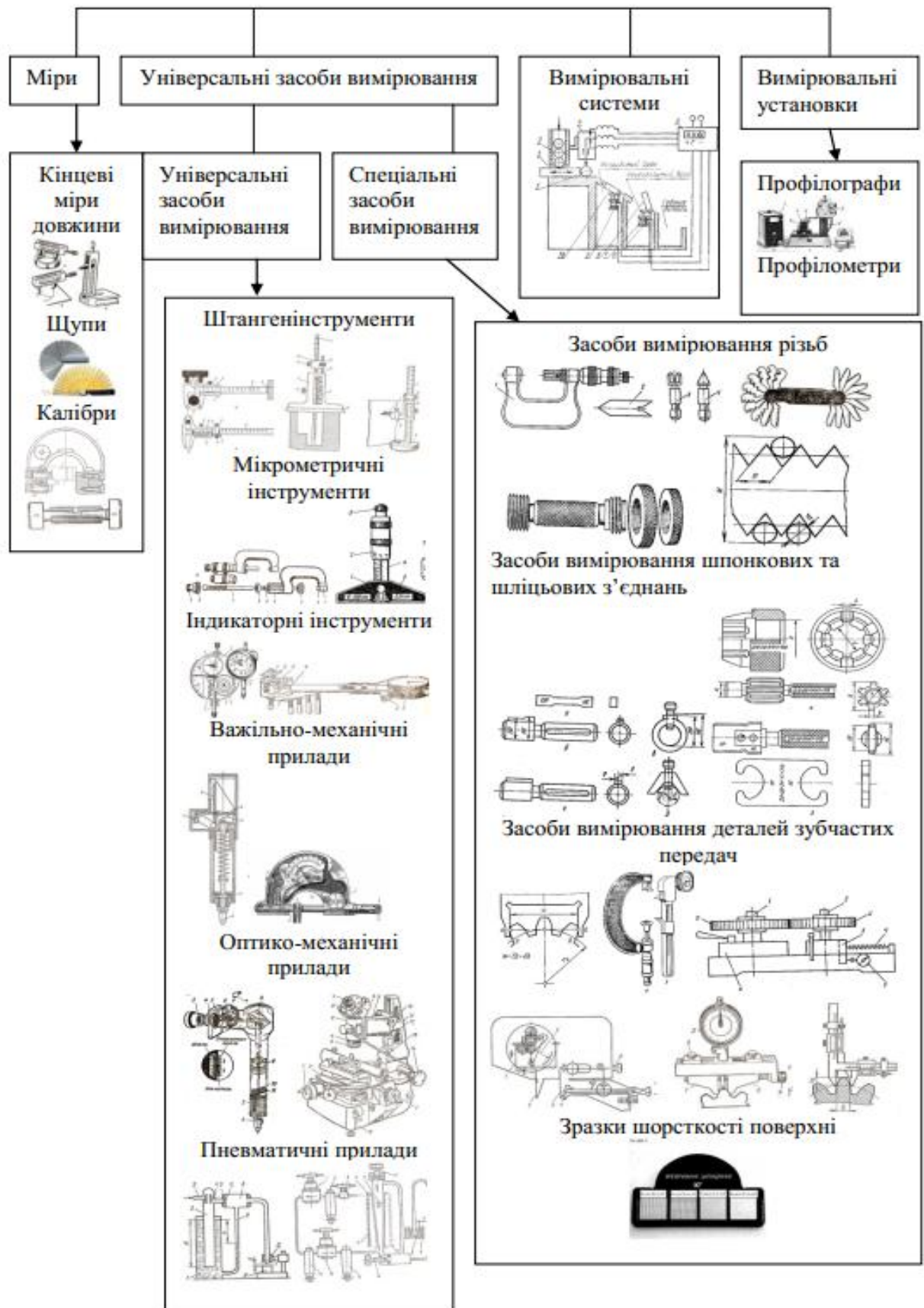


Рис. 1.4. Вимірювальні засоби, що використовуються при технічному сервісі



**Штангенциркуль** - універсальний вимірювальний прилад, призначений для високоточних вимірювань зовнішніх і внутрішніх лінійних розмірів, а також глибин отворів рис. 1.5.

Штангенциркуль - один з найпоширеніших приладів вимірювань, завдяки простій конструкції, зручності у використанні й швидкості в роботі [7].

Штангенциркуль, як і інші штангенінструменти, має вимірювальну штангу (звідси й назва цієї групи) з основною шкалою й ноніус - допоміжною шкалою для відліку долей міліметра. Точність його вимірювань - десяти або соті (у різних видів) долі міліметра. Точність шкали з ноніусом розраховується по формулі: ціна розподілу основної шкали розділити на кількість штрихів ноніуса.

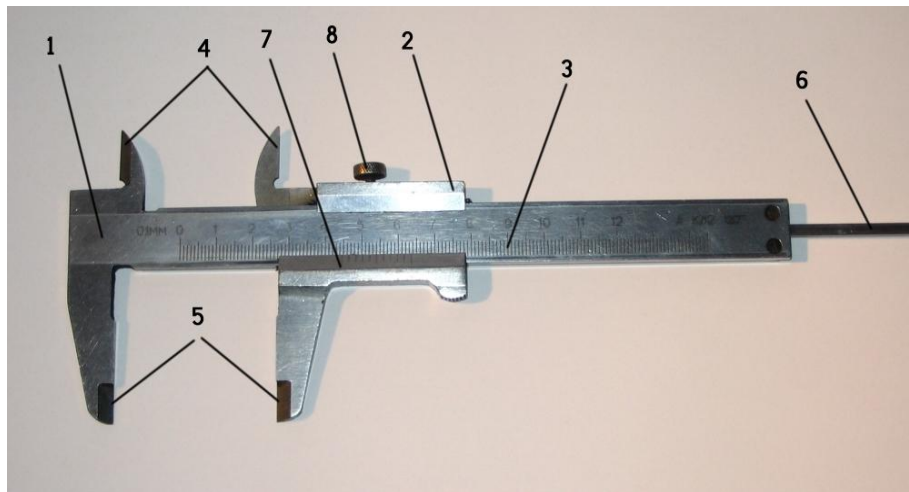


Рис. 1.5. Будова штангенциркуля типу ШЦ-I:

- 1 - штанга; 2 - рухома рамка; 3 - шкала штанги; 4 - губки для внутрішніх вимірювань; 5 - губки для зовнішніх вимірювань; 6 - лінійка глибиноміра; 7 - ноніус;
- 8 - гвинт для затискача рамки.

Порядок відліку показань штангенциркуля по шкалах штанги й ноніуса:

- рахують число цілих міліметрів, для цього знаходять на шкалі штанги штрих, найближчий ліворуч до нульового штриха ноніуса, і запам'ятовують його числове значення;

- рахують частки міліметра, для цього на шкалі ноніуса знаходять штрих, найближчий до нульового розподілу й співпадаючий зі штрихом шкали штанги, і додають його порядковий номер і ціну розподілу ноніуса (ціна розподілу ноніуса розраховується по формулі: ціна розподілу основної шкали розділити на кількість штрихів ноніуса), у найпоширеніших штангенциркулів ШЦ-1 ціна розподілу ноніуса — 0,1 мм.

- підраховують повну величину показання штангенциркуля, для цього складають відлік по основній шкалі (число цілих міліметрів) і відлік по шкалі ноніуса (часток міліметра).

Типи штангенциркулів наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Типи штангенциркулів

Тип	Опис
<b>ШЦ-I</b>	штангенциркуль із двостороннім розташуванням губок для вимірювань зовнішніх і внутрішніх розмірів і з лінійкою для вимірювань глибин.
<b>ШЦК</b>	(штангенциркуль із круговою шкалою). У виямці штанги розміщена рейка, з якої зчеплена шестерня головки, тому показання штангенциркуля, що відповідають положенню губок, читають по шкалі штанги й круговій шкалі головки по положенню стрілки. Це значно простіше, швидше й менш утомливо для виконавця, чом читання відліку по ноніусу.
<b>ШЦТ-I</b>	з однобічним розташуванням губок, оснащених твердим сплавом для вимірювань зовнішніх розмірів і глибин в умовах підвищеного абразивного зношування.
<b>ШЦ-II</b>	із двостороннім розташуванням губок для вимірювань зовнішніх і внутрішніх розмірів і для розмітки. Для полегшення останньої оснащений рамкою мікрометричної подачі.
<b>ШЦ-III</b>	з однобічним розташуванням губок для вимірювань зовнішніх і внутрішніх розмірів.
<b>ШЦЦ</b>	із цифровою індикацією (електронний).

В умовах активної роботи зі штангенциркулем рекомендується протирати його серветкою, змоченою у водно-лужному розчині, потім витирати насухо, а по закінченню робіт - укласти в чохол. Бажано не допускати при експлуатації грубих ударів або падіння вимірювального приладу щоб уникнути вигинів штанги, а також подряпин на вимірювальних поверхнях або їх тертя по вимірювальній деталі.

**Мікрометр.** Мікрометр – це точний вимірювальний інструмент, призначений для роботи з деталями дрібних розмірів [8]. Він має високу точність, тому з його допомогою можна одержати лінійні параметри вимірюваного об'єкта з допуском від 2 мкм. Завдяки настільки малій похибці інструмент і одержав свою назву. Він набагато більш точний, чим штангенциркуль.

Існує не багато популярних конструкції мікрометрів, які є вдосконаленою базовою моделлю цього інструмента підігнаної під певні вузькі цілі.

У простому виконанні мікрометр складається з наступних елементів: в основі конструкції лежить металева скоба, параметри якої обмежують можливість зміни. На одному її кінці є металева п'ята, а на другому прикріплюється механізм у вигляді гвинта. Він відрегульований таким способом, що відстань між його кінчиком і п'ятою скоби відображається на цифровій шкалі інструмента. Укрутивши гвинт до моменту притиснення вимірюваної заготовки, можна одержати точне відображення її ширини. Після цього залишається тільки подивитися на шкалу. Даний прилад є контактним. Він не застосовується для вимірювань м'яких матеріалів, які при дотику починають стискуватися. Будова мікрометра наведена на рис. 1.6.



Рис. 1.6. Мікрометр

Щоб отриманий результат не збивався, поки не буде записаний, на мікрометрі передбачається фіксатор. При його натисканні виключається ймовірність випадкового викручування гвинтів і зрушення покажчика на цифровій шкалі навіть на трохи часток міліметра.

Сфера використання даного встаткування досить велика, тому його конструкція була адаптована під певні цілі. Це дозволяє забезпечити максимально зручні й точні вимірювання. Існують більш 20 конструктивно відмінних між собою мікрометрів, з яких багато є дуже рідкими й практично не застосовуються в побуті.

Серед популярних мікрометрів можна відзначити:

- Гладкий.
- Листовий.
- Для гарячого металопрокату.
- Для глибокого вимірювань .
- Трубний.
- Дротовий.
- З малими губками.
- Універсальний.
- Канавковий.
- Цифровий.

**Нутромір.** Нутромір індикаторний (штихмас) – вимірювальний прилад, що дозволяє точно визначити діаметр отвору або виямки [9]. Він широко застосовується в тих сферах, де технологічні параметри деталей повинні відповідати ДСТУ. Предмет широко застосовується в машинобудуванні, взуттєвій промисловості, при виробництві запчастин і при ремонті автомобілів.

Нутромір індикаторний призначений для вимірювання діаметра отворів з високим ступенем точності рис. 1.7. Він потрібний для перевірки точності відповідності отвору необхідним параметрам. Особливо важливо мати пристрій для того, щоб провести вимірювання там, куди не дістане штангенциркуль.

Незалежно від типу конструкції, призначення інструмента не змінюється, тільки порядок визначення діаметра виямки. Технічні вимоги до виробництва вимірювальних приладів із ціною розподілу 0,001 і 0,002 мм, регламентує ДСТУ 9244:2009 [10]. Для інструментів, де одиницею кроку є 0,01 мм введено ДСТУ ГОСТ 868:2009.

У стандартах якості відображаються не тільки припустимі значення похибок, але й вимоги до твердості матеріалу, з якого виготовляються частини штихмаса. Наконечник повинен бути виготовлений з металу щільністю 57 одиниць по HRC. Цій вимозі відповідає загартована сталь або твердий сплав.

Будова індикаторного нутроміра складається з:

- головки із циферблатом для визначення відхилення;
- вимірювальної частини.



### Рис. 1.7. Індикаторний нутромір

Крім цих основних частин, у штихмаса є гвинт для фіксації циферблата, і ручка, щоб зручно тримати прилад під час роботи. Завдяки наявності містка, що центрує, відбувається автоматичне вирівнювання нутроміра при його розміщенні в отворі.

Технічні характеристики інструмента індикаторного типу визначаються декількома параметрами:

- межа похибок;
- діапазон значень на шкалі;
- методи контролю приладів;
- способи перевірки.

Прилад здатний вимірювати отвори розміром від 6 мм із похибкою 0,015-0,025 мм. Межа похибок збільшується, якщо під час роботи збільшується вимірювальне зусилля приладу.

Принцип дії індикаторного нутроміра полягає у визначенні ступеня відхилення вимірюваного отвору від виставленого розміру. Прилад чутливий до перепадів температури, тому ручка повинна складатися з металу з низькою теплопровідністю. При використанні інструмента з низькою ціною розподілу від нагрівання руки значення змінюються.

**Мікрометричний нутромір.** Конструктивно мікрометричні нутроміри виконують як і нутроміри індикаторного типу. Якщо потрібні точніші вимірювання внутрішніх розмірів від 50 мм, то використовують мікрометричні нутроміри за ГОСТ 10-88 зі змінними подовжувачами з межами вимірювань від 50 до 6000 мм (7 типорозмірів) (рис. 1.8) [12]. Такі нутроміри для визначення діаметрів від 1250 до 10 000 мм (3 типорозміри) мають додатково індикатори годинникового типу. Нутромір мікрометричний призначений для вимірювання внутрішніх розмірів деталей абсолютним методом. Основними елементами нутроміра є мікрометрична головка, подовжувачі і вимірювальний наконечник.



Рис. 1.8. Мікрометричний нутромір

Також використовуються різні калібри, скоби, важільні прилади та індикаторні головки затиснені в стійках.

### 1.3 Аналіз стану метрологічного забезпечення вимірювань при сервісі сільськогосподарської техніки

#### 1.3.1 Вплив рівня метрологічного забезпечення вимірювань на якість продукції сервісних підприємств АПК

Якість кінцевої продукції ремонтного виробництва залежить від безлічі факторів [12], найбільш важливі серед них представлено на рис. 1.9.

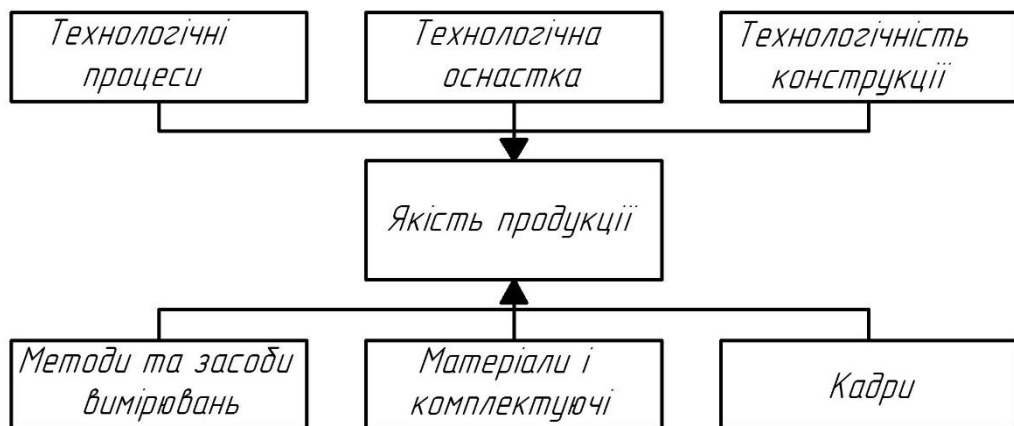


Рис. 1.9. Фактори, що впливають на якість продукції

Серед представлених факторів, особливе місце займають методи й засоби вимірювань, випробувань і контролю на ремонтних підприємствах. Саме від вірогідності вимірювальної інформації залежить адекватність

прийнятих управлінських рішень про регулювання технологічного процесу й висновку про придатність контрольованих виробів. За якість і вірогідність вимірювальної інформації на ремонтних підприємствах відповідає система метрологічного забезпечення.

Вимоги до метрологічного забезпечення технічного обслуговування й ремонту сільськогосподарської й промислової техніки являють собою комплекс обов'язкових і рекомендованих до виконання дій, спрямованих на забезпечення єдності й необхідної точності вимірювань, підвищення ефективності і якості робіт з експлуатації й ремонту.

Основними цілями метрологічного забезпечення на підприємствах технічного сервісу АПК є:

- а) забезпечення умов для одержання достовірної вимірювальної інформації при виконанні робіт з технічного обслуговування й ремонту сільськогосподарської техніки;
- б) підтримка засобів вимірювань, випробувань і контролю в постійній придатності до застосування;
- д) метрологічне забезпечення контролю умов праці й охорони навколишнього середовища.

Метрологічне забезпечення охоплює всі стадії життєвого циклу продукції ремонтного виробництва. Завдання, що вирішуються на різних стадіях життєвого циклу продукції, дозволяють забезпечити необхідний рівень якості контрольних і вимірювальних процесів (рис. 1.10).



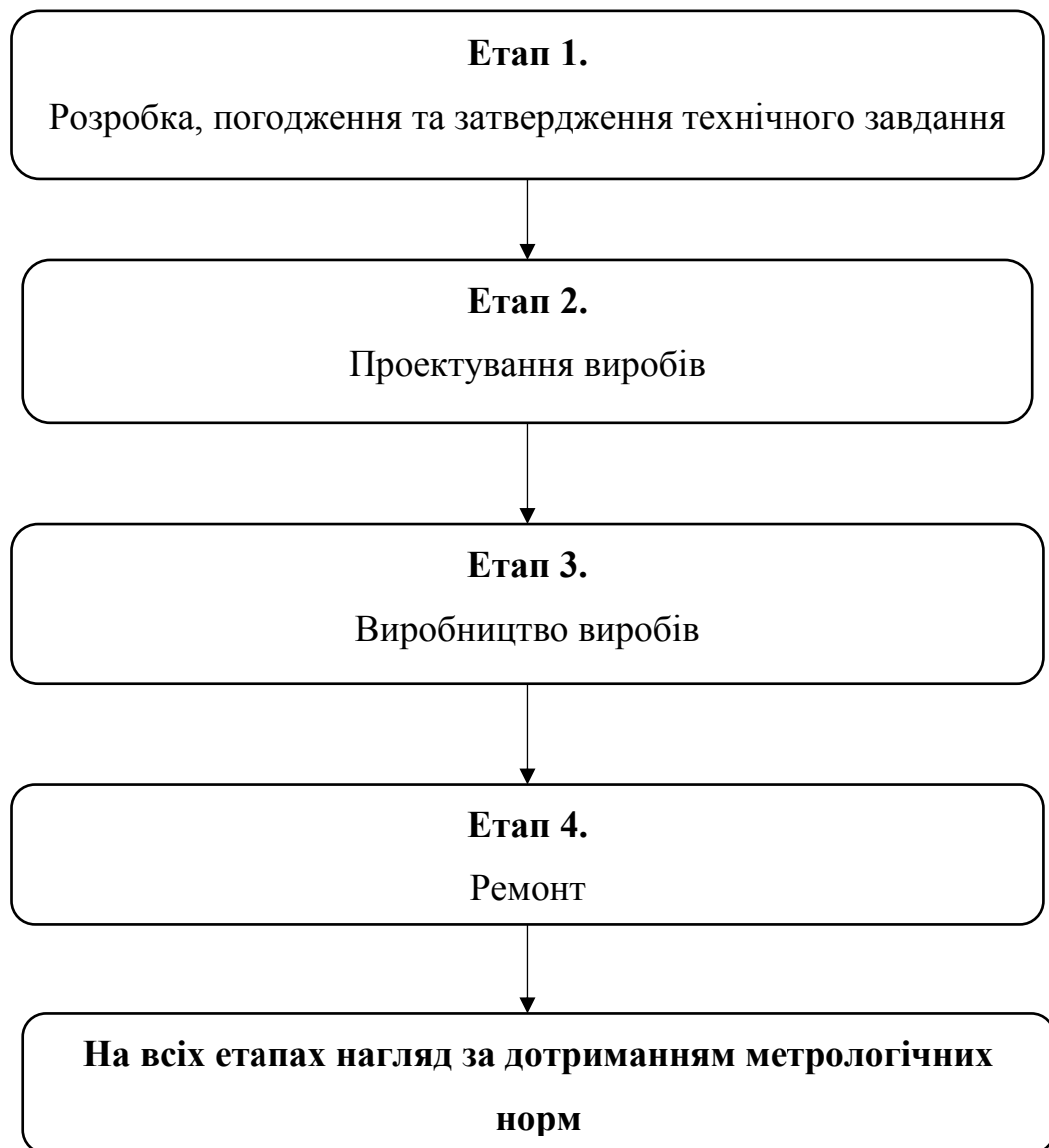


Рис. 1.10. - Завдання метрологічного забезпечення в машинобудівному й ремонтному виробництві

Таким чином, сучасне метрологічне забезпечення вимірювань можна розглядати як систему забезпечення якості контролю. Складеними елементами системи метрологічного забезпечення вимірювань є [13]:

- еталони, одиниці величин і шкали вимірювань;
- перевірочні й калібровані установки;
- засоби вимірювань, випробувань і контролю, а також стандартні зразки;
- допоміжне устаткування;

- методики (вимірювань, перевірки, калібрування, випробувань, контролю, атестації, метрологічної експертизи);

- оператори (фахівців, що виконують вимірювання, повірювальників, калібрувальників, випробувачів і ін.),

- умови вимірювань (випробувань, перевірки, калібрування й ін.).

До процесів системи метрологічного забезпечення вимірювань (МЗВ) відносять:

- проектування МЗВ, включаючи встановлення вимог до показників точності й повноти, вірогідності, своєчасності й актуальності вимірювальній інформації: вибір принципів, методів і методик вимірювань; вибір елементів МЗВ,

- метрологічне підтвердження придатності елементів МЗВ встановленим вимогам, у т.ч. випробування з метою затвердження типу засобів вимірювань, перевірку й калібрування засобів вимірювання, атестацію методик вимірювань, метрологічну експертизу технічної документації й ін.);

- підготовчі й допоміжні роботи (дії), пов'язані із проектуванням МЗВ, метрологічним підтвердженням придатності елементів МЗВ й підтримкою функціонування системи МЗВ.

Головна мета діяльності метрологічної служби – організація, координація й безперервне керування якістю виконання робіт і надання послуг із забезпечення єдності вимірювань на всіх стадіях повного життєвого циклу продукції. Для досягнення головної мети метрологічна служба повинна реалізовувати ряд функцій (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Функції метрологічної служби

Найменування функції	Зміст функції
Інформаційна	Збір, обробка, аналіз, зберігання й актуалізація інформації про вимірювальні й контрольні процеси в системі метрологічного забезпечення; доведення інформації до зацікавлених сторін.

Планування	Визначення цілей керованої системи метрологічного забезпечення, пошуком найбільш ефективних методів і засобів, необхідних для досягнення цих цілей, і формулюванням системи показників, що визначають хід робіт з досягнення поставлених цілей.
Технологічна	Добір, розробка, впровадження й освоєння різних вимірювальних технологій.
Найменування функції	Зміст функції
Керування людськими ресурсами	Добір, атестація й підвищення кваліфікації персоналу метрологічної служби. Розміщення фахівців на робочих місцях відповідно до кваліфікації. Доведення до персоналу інформації про кваліфікаційні вимоги, міру відповідальності й права.
Організаційна	Організація робочих місць, забезпечення умов діяльності, забезпечення необхідними методиками, технічними засобами, інформацією, що містить вимоги до виконання планових завдань.
Науково - технічна	Регулярний огляд технічних наукових джерел і досягнень у сфері метрологічного забезпечення, вибір нових методів, придбання, впровадження й освоєння сучасних методів і методик у процес досягнення мети.
Маркетингу	Огляд і аналіз ринку пропозицій нових технічних засобів, вибір постачальників, придбання й впровадження технічних засобів.
Методична	Планування й проведення навчання фахівців і виконавців суміжних виробничих підрозділів, питанням виконуючих роботи з метрологічного забезпечення, надання консуль-

	тативної допомоги.
Контрольно-наглядова	Контроль і нагляд за станом і правильністю застосування засобів вимірювань , станам і правильністю реалізації методик виконання вимірювань, дотримання метрологічних правил і норм, установлених нормативною документацією.

Щоб діяльність метрологічної служби підприємства повністю задовольняла вимогам державних і міжнародних стандартів до процедур керування контрольним, вимірювальним і іспитовим устаткуванням необхідно усередині системи менеджменту якості підприємства розробити й підтримувати в робочому стані систему якості вимірювань, яка б документально регламентувала основні процедури виконання окремих видів діяльності по метрологічному забезпеченню вимірювань [14].

Таким чином, нами визначені основні функції й елементи системи метрологічного забезпечення при проектуванні й виготовленні продукції машинобудівного й ремонтного виробництва, реалізація яких сприяє досягненню головної мети діяльності організації в області якості – задоволення вимог споживача.

### 1.3.2 Особливості технічного контролю в процесі ремонту машин

Головним об'єктом метрологічного забезпечення ремонтних підприємств є технічний контроль. Основоположником теоретичних основ і практичного застосування методів і засобів технічного контролю при ремонті сільськогосподарської техніки є А.І. Іванов. У роботах [15, 16] А.І. Іванова представлена оригінальна методика розрахунків похибки, що допускається, при вимірах і методика вибору засобів вимірювань. У розви-

ток організаційних, наукових і методичних основ технічного контролю при ремонті машин внесли свій внесок учені В.В. Варнаків, І. М. Голубев, А.С. Дорохов, М.Н. Ерохін, Каплун І.Б., П.А. Карепин, О.А. Леонов, В.Н. Пальчик, А.Г. Пастухів, С.Н. Попов, І.С. Сірий, М.В. Сушкевич, І.І. Черноіванов, А.І. Шевченко і ін.

Технічний контроль здійснюється на всіх стадіях життєвого циклу ремонту машин. У всіх випадках технічного контролю застосовувана методика виявлення браку, дефектів, порушень технологічного процесу може бути різної, залежно від специфіки виконуваних робіт. Відрізняється й характер робіт із проведення технічного контролю в майстернях господарств, на спеціалізованих і неспеціалізованих ремонтних підприємствах [18]. Проте, у загальному випадку технічний контроль можна розділити на наступні етапи: зовнішній огляд, остукування з прослуховуванням, прослуховування, сприйняття нюхом, обмацування, вимір калібрами й універсальними засобами вимірювань, вимір спеціальними приладами й пристосуваннями, перевірка на спеціальних установках і стендах.

Нижче, на рис. 1.11, представлена узагальнена схема технологічного процесу ремонту машин. На схемі (рис. 1.11) відзначені етапи технічного контролю, на яких використовується метод вимірювань універсальними або спеціальним засобами.

Розглянемо більш докладно кожний етап.

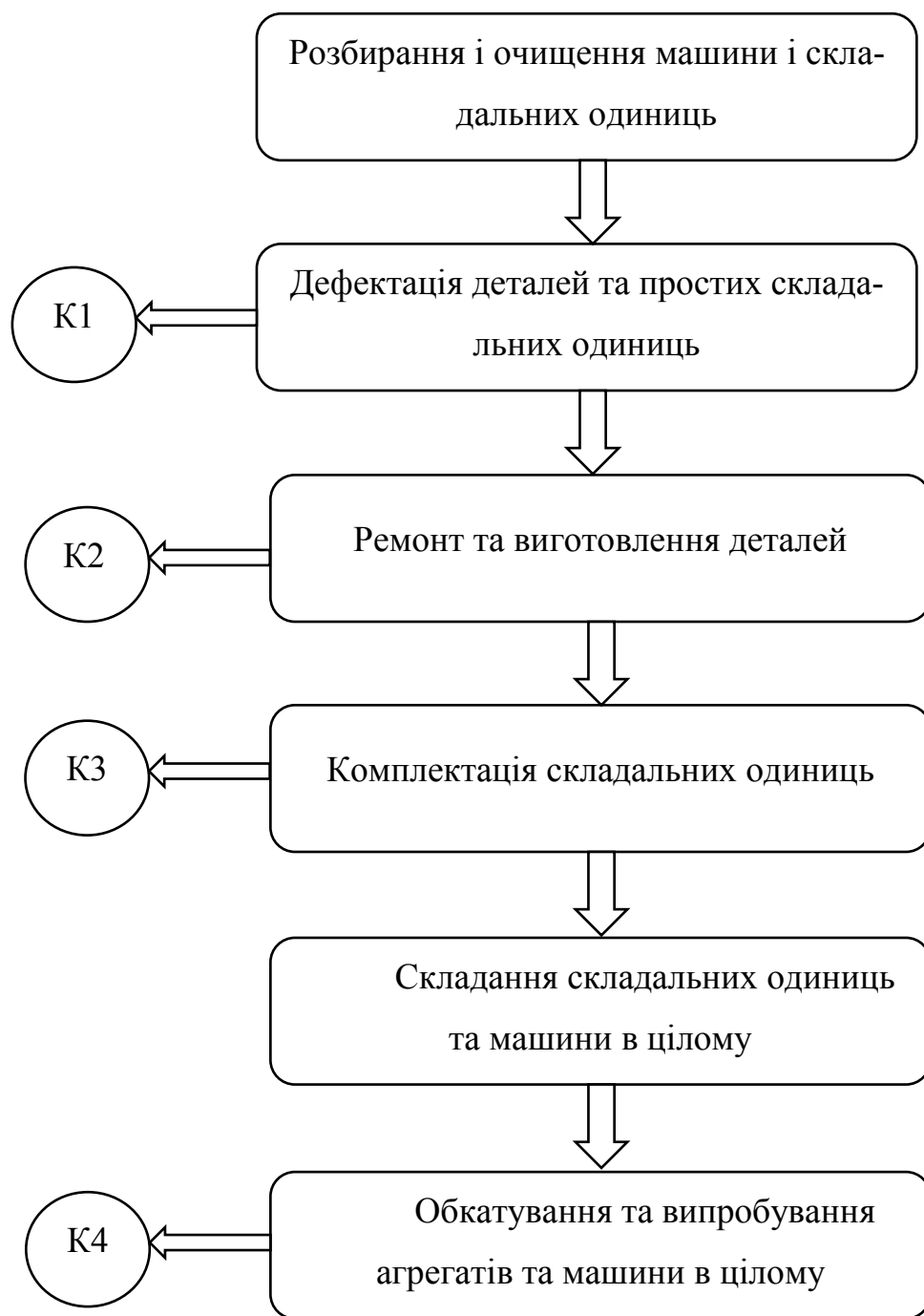


Рис. 1.11. Узагальнена схема технологічного процесу ремонту машин  
*K1, K2, K3, K4* – етапи, на яких використовується метод вимірювань універсальними або спеціальним засобами

*Дефектація деталей і простих складальних одиниць K1.* Спочатку деталь ретельно оглядають, виявляючи виражені дефекти (пробіони, тріщини, злами, відколи, змінання, глибокі різки, задири й ін.). Більшість із

цих дефектів служать вибраковочними ознаками, і деталь бракується без подальшого контролю. В окремих випадках перевіряють приховані дефекти. Якщо дефектоскопія не показала наявності дефектів, перевіряють розміри робочих поверхонь елементів деталей. Для цієї мети можуть бути використані тверді міри (калібри або шаблони) або універсальні засоби вимірювань.

За результатами контролю в процесі дефектації деталі сортують на групи: придатні, придатні тільки для роботи в парі з новою або відновленою до нормального розміру деталлю, що підлягають ремонту й непридатні.

*Контроль при ремонті й відновленні деталей К2.* На ділянці механічної обробки проводять завершальні операції відновлення розмірів деталей після нанесення на їхній поверхні тих або інших видів металопокривів, обробляють елементи деталей на ремонтний розмір, а також виготовляють ряд деталей.

У процесі механічної обробки можуть бути допущені відхилення геометричних параметрів оброблюваних поверхонь деталей, до яких відносять відхилення розміру, відхилення розташування, відхилення форми, хвилястість поверхні. Усі ці відхилення повинні перебувати в заданих межах.

Приймання деталей після їхньої механічної обробки повинен виконувати контролер, який перевіряє якість деталі, оцінюючи всі види відхилень геометричних параметрів її елементів. Контроль проводять відповідними засобами вимірювань (калібрами, універсальними або спеціальними).

*Вимірювання при комплектації складальних одиниць К3.* Комплектація – відповідальна операція, від якої багато в чому залежить якість ремонту як окремих складальних одиниць, так і всього об'єкта. На комплектацію надходять як відремонтовані, так і нові деталі. Вхідний контроль нових деталей і вузлів здійснюється відповідно до ДСТУ 9027:2020 [19].

Комплектувальники або робітники-монтажники підбирають деталі тієї або іншої складальної одиниці, комплектуючи їх по розмірних групах, ремонтних розмірах, масі й іншим параметрам.

При комплектації виконують значне число операцій по вимірювань розмірів і при цьому, як правило, використовують засоби вимірювань, зазначені в технологічній документації по комплектації складальних одиниць.

*Вимірювання в процесі операцій по обкатуванню й регулюванню К4.* На заключних операціях випробування й регулювання складальних одиниць проводять приймальний контроль. При цьому перевіряють комплектність складальної одиниці, наявність кріпильних деталей, підтікання води, палива, мастильних матеріалів, стан прокладок, шплінтів. Вимірюють усі основні функціональні характеристики складальної одиниці (потужність двигунів при номінальній частоті обертання колінчатого вала, вартувий і питома витрата палива й ін.) При виявленні браку об'єкт повертають на повторний ремонт.

Очевидно, що технічний контроль при ремонті машин відіграє найважливішу роль. Більша номенклатура й різноманітність застосовуваних методів і засобів технічного контролю при ремонті машин указує на необхідність впровадження на підприємствах технічного сервісу систем метрологічного забезпечення вимірювань.

### 1.3.3 Дослідження й аналіз проблем метрологічного забезпечення ремонтного виробництва агропромислового комплексу

Проблеми метрологічного забезпечення ремонтних підприємств АПК можна умовно розділити на дві групи: організаційні й нормативно-правові.

Головні організаційні проблеми на шляху реформування метрологічного забезпечення машинобудівних і ремонтних підприємств пов'язані з переходом від крупносерійного до середньо- і дрібносерійного виробництва. При цьому переході відбулися значні зміни в організаційній і вироб-



ничій структурі підприємств. Незважаючи на те, що функції й завдання метрологічного забезпечення можна вважати універсальними, ці зміни відбилися на роботі метрологічних служб і відділів.

Структура й штатний склад метрологічної служби визначаються керівником підприємства й повинні відповідати функціям метрологічного забезпечення. Підрозділу метрологічної служби відносяться до основних виробничих підрозділів підприємства. Тому навіть на середньо- і дрібно-серійних машинобудівних і ремонтних підприємствах доцільно виділяти метрологічну службу як окрему структурну одиницю.

Для реальних машинобудівних і ремонтних підприємств, з урахуванням масштабу й спеціалізації виробництва, вибір і використання типових розв'язків при побудові структури й організації роботи метрологічної служби підприємства стає складним завданням. Це пов'язане з тим, що типові положення не враховують специфіку виробничих процесів підприємства залежно від рівня розвитку й обсягу виробництва.

Існує два основні підходи при виборі організаційної структури метрологічного забезпечення на підприємствах. Перший підхід полягає в перекладанні окремих завдань по метрологічному забезпеченню на співробітників різних служб і підрозділів підприємств. При такому підході метрологічна служба по своїй структурі буде носити децентралізований характер. Звичайно такий підхід при проектуванні метрологічної служби використовують із метою економії коштів. Але практика показує, що при такому підході, фахівці, на яких покладені обов'язки, пов'язані з метрологічним забезпеченням віднімають у себе до 30-50 % часу на підготовку вимірювань. Це приводить не тільки до зниження якості основної роботи, але й не дозволяє одержати вимірювальну інформацію заданого рівня якості. Тому що обрані методи й засоби вимірювань виявляються не оптимальними, що й не відповідають поставленим вимогам, і як наслідок результати вимірювань – недостовірними.

Другий підхід полягає в об'єднанні на підприємстві всіх ділянок, на яких вирішуються питання підготовки засобів вимірювань в один комплекс. Такий підхід має ряд очевидних переваг:

- економія коштів, за рахунок виключення дублювання метрологічних засобів;
- підвищення продуктивності праці окремих фахівців, за рахунок зменшення завантаження по не профільних функціях і завданням;
- зниження втрат від недостовірної одержуваної вимірювальної інформації;
- підвищення рівня якості метрологічного забезпечення вимірювань, за рахунок ефективної координації діяльності фахівців.

При проектуванні метрологічної служби для машинобудівних і ремонтних підприємствах АПК встає ще одне важливе питання, пов'язане з вибором і затвердженням чисельності штатного складу, тому що для галузі відсутні затверджені нормативи. Сучасні метрологічні служби організують у вигляді відділів головного метролога, служби головного метролога, відділів метрології, а також лабораторій. У цьому випадку основним критерієм вибору є категорія підприємства, обсяг і складність розв'язуваних метрологічних завдань.

Аналізуючи існуючі типові рішення єдиної централізованої метрологічної служби, можна виділити три основні варіанти.

Перший варіант – комплексна система організації метрологічної служби. Служба формується з основних ланок (бюро, секторів, лабораторій, і т.д.), кожне з підрозділів служби вирішує питання по різних областях вимірювань. Такий підхід викличе певні труднощі, тому що необхідно оперативно зістиковувати між ланками рішення питань метрологічного забезпечення у всіх областях вимірювань. Як наслідок відбувається зниження керованості службою з боку керівників.

Другий варіант – спеціалізована система організації метрологічної служби. Кожна ланка метрологічної служби вирішує завдання метрологіч-

ного забезпечення в конкретній області вимірювань. При такій побудові керівники спеціалізованих ланок, є провідними спеціалістами в конкретній області вимірювань. Таким чином, спеціалізована система організації метрологічної служби є більш універсальною, потреба працівників вищої кваліфікації менше, чим при комплексній системі. При такій системі керівник служби виконує менше оперативної роботи й вирішує найбільш важливі й принципові питання, що позитивно позначається на загальному керуванні метрологічною службою.

Третій варіант – комбінована система організації метрологічної служби. Цей варіант заснований на комбінації спеціалізованої й комплексної системи.

Кожна із систем має свої переваги і недоліки, вибір конкретної схеми повинен ґрунтуватися на техніко-економічному розрахунках стосовно до реального підприємства.

Питання підпорядкованості метрологічної служби є одним з найважливіших, від вирішення цього питання залежить розвиток і ефективність її функціонування. Це питання має два варіанти вирішення. Перший, це введення метрологічної служби до складу іншого підрозділу. Головним недоліком такого вирішення є нецільове використання фахівців метрологічної служби. Тому, враховуючи, що метрологічне забезпечення охоплює всі структурні підрозділи підприємства, другий варіант, коли метрологічна служба підлегла керівникові, відповідальному за виробництво, є більш кращим.

Значні зміни в організації роботи метрологічних служб і відділів машинобудівних і ремонтних підприємств пов'язані із впровадженням систем менеджменту якості й переходом від функціонального керування до процесного [20]. Цей перехід також викликав ряд проблем.

Незважаючи на наявність державних і міжнародних документів по стандартизації, нормативною основою метрологічної діяльності на ремонтних підприємствах, у силу відзначеного вище стану галузевої стандарти-

зації, залишаються СТО. У зв'язку із впровадженням систем менеджменту якості, як зазначено вище, документацію по метрологічному забезпеченню доцільно розробляти як частину цієї системи. Це дозволить не тільки скоротити трудомісткість робіт з розробки системи метрологічного забезпечення, але й виключить дублювання функцій.

#### **1.4. Висновки та задачі роботи**

**Метою роботи** є розробка способів і методів удосконалювання метрологічного забезпечення ремонтних підприємств АПК на основі впровадження процесного підходу й наукового обґрунтування раціональної точності вимірювань, що забезпечують зниження втрат від браку й витрат при контролі якості в ремонтному виробництві.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **основні завдання**:

1. Визначити основні проблеми й обґрунтувати необхідність удосконалення метрологічного забезпечення вимірів на ремонтних підприємствах; розробити функціональну модель організації системи керування метрологічним забезпеченням вимірювань і методику оцінки ризиків вимірювальних процесів;

2. Розробити методи й засоби для оцінки впливу похибки вимірів на імовірнісні характеристики розподілу контрольованих параметрів деталей і параметрів з'єднань із зазором і натягом;

3. Розробити методику й оцінити втрати від похибки вимірювань по кожному місці їх виникнення;

4. Опробувати розроблену методику вибору засобів вимірювання при ремонті для відповідальних елементів найбільш важливих деталей двигунів внутрішнього згоряння;

5. Провести заходи з удосконалення стану охорони праці.

6. Провести техніко-економічну оцінку роботи.



**РОЗДІЛ 2**  
**ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО**  
**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

**2.1. Розрахунок і вибір посадок із зазором та добір засобів вимірювання**

Визначаємо оптимальний зазор

$$hS = \frac{0,52 \cdot d_n^2 \cdot \omega \cdot \eta}{p} \cdot \frac{\ell}{d_n + \ell}, \quad (2.1)$$

$$hS = \frac{0,52 \cdot 0,153^2 \cdot 105 \cdot 0,04}{6,35 \cdot 10^6} \cdot \frac{0,174}{0,153 + 0,174} = 4283 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2;$$

$$hS = 4283 \text{ мкм.}^2$$

$$S_{opt} = 2\sqrt{hS} = 2\sqrt{4283} = 130,8 \text{ мкм.} \quad (2.2)$$

де  $h$  – товщина масляного шару в місці найбільшого зближення поверхонь вала і отвору в робочому стані, м;

$S$  – зазор в стані спокою, м;

$d_n$  – номінальний діаметр з'єднання, м;

$\omega$  – кутова швидкість,  $\text{с}^{-1}$ ;

$\eta$  – абсолютна в'язкість мастила при робочі температурі,  $\text{Па}\cdot\text{с}$ ;

$\ell$  – довжина з'єднання, м;

$p$  – середній питомий тиск в підшипнику,  $\text{Па}$ .

Визначаємо розрахунковий зазор з урахуванням спрацювання мікронерівностей на поверхні контакту деталей

$$S_{роз} = S_{онм} - K(R_{zD} + R_{zd}) = 130,8 - 1,4(6,3 + 6,3) = 113,16 \text{ мкм}. \quad (2.3)$$

де  $S_{роз}$  – розрахунковий зазор, мкм;

$K$  – коефіцієнт, що враховує спрацювання мікронерівностей у період припрацювання  $K = 1,4$ ;

$R_{zD}, R_{zd}$  – висота нерівностей профілю отвору і вала, мкм.

Вибираємо стандартну посадку [21], яка задовольняє умову

$$S_{ср ст} \leq S_{роз}, \quad (2.4)$$

де  $S_{ср ст} \leq S_{роз}$ ; - середній зазор стандартної посадки, мкм.

Такій умові відповідає посадка  $\text{Ø}153 \frac{H8}{f8}$ , в якій

$$S_{\max ст} = 169 \text{ мкм}, \quad S_{\min ст} = 43 \text{ мкм}.$$

$$S_{ср ст} = (169 + 43) / 2 = 106 \text{ мкм},$$

тобто  $106 < 113,16$ .

Перевіряємо правильність посадки за умовою рідинного тертя

$$h_{\min} \geq K(R_{zD} + R_{zd}) \quad (2.5)$$

$$h_{\min} = \frac{hS}{S_{\max ст} + K(R_{zD} + R_{zd})} = \frac{4283}{169 + 1,4(6,3 + 6,3)} = 22,9 \text{ мкм};$$

$$22,9 > 1,4(6,3 + 6,3).$$

Д

е

$h_{\min}$  – найменша товщина шару мастила, мкм.

Умова дотримується, бо  $22,9 > 17,6$ . Посадка вибрана правильно.

Вибираємо універсальні засоби вимірювання отвору і вала вибраної посадки за умовою

$$\Delta_{\text{im}} \leq \delta, \quad (2.7)$$

де  $\Delta_{\text{im}}$  - гранична похибка засобу вимірювання, мкм [21];

$\delta$  – допустима похибка вимірювання, мкм [21].

Для отвору  $\varnothing 153\text{H}8 \left( \begin{smallmatrix} 0,063 \\ 0,106 \end{smallmatrix} \right)$  з допуском  $\text{TD} = 63$  мкм і допустимою похибкою вимірювання  $\delta = 16$  мкм вибирається індикаторний нутромір з виміральною голівкою з ціною поділки  $0,001$  мм, настроєний за кінцевою мірою 2-го класу, у якого  $\Delta_{\text{im}} = 2$  мкм.


Для вала  $\varnothing 153\text{f}8 \left( \begin{smallmatrix} 0,043 \\ 0,106 \end{smallmatrix} \right)$  з допуском  $\text{Td} = 63$  мкм і допустимою похибкою вимірювання  $\delta = 16$  мкм вибирається мікрометр важільний типу МР з ціною поділки  $0,002$  мм, у якого при вимірюванні в руках  $\Delta_{\text{im}} = 10$  мкм.

Результати наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунків та експлуатаційні дослідження на ремонтному виробництві

Посадка	Похибка вимірювання $\delta$ , мкм	Похибка засобу вимірювання $\Delta_{\text{im}}$ , мкм	Засіб вимірювання		
			Розрахований	На практиці	
				Виробництво	Сервісне підприємство
Вала $\varnothing 153\text{f}8 \left( \begin{smallmatrix} 0,043 \\ 0,106 \end{smallmatrix} \right)$	16	10	Мікрометр важільний типу МР з ціною поділки $0,002$ мм	Мікрометр важільний типу МР з ціною поділки $0,002$ мм	Мікрометр гладенький МК з ціною поділки $0,01$ мм
Отвору	16	2	Індикаторний нутро-	Індикаторний нутро-	Індикаторний нутро-



Ø153Н			мір з вимірювальною голівкою з ціною поділки 0,001 мм	мір з вимірювальною голівкою з ціною поділки 0,001 мм	мір з вимірювальною голівкою з ціною поділки 0,01 мм
8					
					

Як видно з таблиці прилади які використовуються на реальному виробництві відрізняються від тих, що необхідно використовувати. Особливо це стосується ремонтного виробництва бо на підприємствах де виготовляють деталі прилади більш менш відповідають розрахованим.

## 2.2. Розрахунок і вибір посадок з натягом та добір засобів вимірювання

Вибрати стандартну посадку з натягом для таких умов:

$d_n = 0,072$  м;  $l = 0,63$  м;  $d_2 = 0,144$  м;  $M_{кр} = 520$  Н·м; матеріал втулки і вала – сталь 45;  $f = 0,1$ ;  $R_{zD} = 10$  мкм;  $R_{zd} = 6,3$  мкм.

Визначаємо найменший питомий тиск в площині контакту вала і втулки, необхідний для передачі крутного моменту

$$p_{\min} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot d_n^2 \cdot l \cdot f} = \frac{2 \cdot 520}{3,14 \cdot 0,072^2 \cdot 0,63 \cdot 0,1} = 10 \cdot 10^6 \text{ Па.} \quad (2.8)$$

де  $p_{\min}$  – найменший питомий тиск, Па;

$M_{кр}$  – крутний момент, Н·м;

$d_n$  – номінальний діаметр з'єднання, м;

$l$  – довжина з'єднання, м;

$f$  – коефіцієнт тертя.

Визначаємо найменший допустимий натяг (на підставі залежностей, відомих з вирішення задач Ляме для товстостінних циліндрів)

$$N_{\min} = p_{\min} d_n \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right),$$

(2.9)

де  $N_{\min}$  – найменший натяг, м;

$E_D, E_d$  – модулі пружності матеріалів втулки і вала, Па;

$C_D, C_d$  – безрозмірні коефіцієнти пропорційності між величиною нормальних окружних напружень на поверхні дотику і тиском відповідно отвору і вала, які визначають за формулами,

$$C_D = \frac{1 + \left( \frac{d_n}{d_2} \right)^2}{1 - \left( \frac{d_n}{d_2} \right)^2} + \mu_D = \frac{1 + \left( \frac{0,072}{0,144} \right)^2}{1 - \left( \frac{0,072}{0,144} \right)^2} + 0,3 = 1,96; \quad (2.10)$$

$$C_d = \frac{1 + \left( \frac{d_1}{d_n} \right)^2}{1 - \left( \frac{d_1}{d_n} \right)^2} - \mu_d = 1 - 0,3 = 0,7 \text{ (при } d_1 = 0); \quad (2.11)$$

$$N_{\min} = 10 \cdot 10^6 \cdot 0,072 \left( \frac{1,96}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} \right) = 9 \cdot 10^{-6} \text{ м}; \quad N_{\min} = 9 \text{ мкм.}$$

де  $d_2$  – зовнішній діаметр втулки, м;

$d_1$  – внутрішній діаметр вала, м (для суцільного вала  $d_1 = 0$ );

$\mu_D, \mu_d$  – коефіцієнт Пуассона матеріалів втулки і вала (сталь – 0,3).

Визначаємо розрахунковий натяг з урахуванням руйнування мікронерівностей на поверхні контакту

$$N_{\text{роз}} = N_{\text{min}} + 2k (R_{zD} + R_{zd}) = 9 + 2 \cdot 0,6 (10 + 6,3) = 28 \text{ мкм.} \quad (2.12)$$

де  $N_{\text{роз}}$  – розрахунковий натяг, мкм;

$k$  – коефіцієнт змінання поверхневого шару ( $k = 0,25 \dots 0,75$ );

$R_{zD}, R_{zd}$  – висота нерівностей профілю втулки і вала, мкм.

Вибираємо стандартну посадку [21], яка задовольняє умову

$$N_{\text{min ст}} > N_{\text{роз}}, \quad (2.13)$$

де  $N_{\text{min ст}}$  – найменший натяг вибраної стандартної посадки, мкм.

Такій умові відповідає посадка  $\text{Ø}72 \frac{H7}{s6}$ , в якій

$$N_{\text{min ст}} = 29 \text{ мкм}, \quad N_{\text{max ст}} = 78 \text{ мкм},$$

тобто  $29 > 28$ .

Перевіряємо міцність з'єднання

а). Визначають найбільший питомий тиск, який може виникати при вибраній посадці

$$p_{\text{max}} = \frac{N_{\text{max ст}} - 2k (R_{zD} + R_{zd}) \cdot 10^{-6}}{d_n \left( \frac{C_D}{E_D} + \frac{C_d}{E_d} \right)} = \frac{[8 - 2 \cdot 0,610 + 6,3] \cdot 10^{-6}}{0,072 \left( \frac{1,96}{2,1 \cdot 10^{11}} + \frac{0,7}{2,1 \cdot 10^{11}} \right)} = 64 \cdot 10^6 \text{ Па}; \quad (2.14)$$

де  $p_{\text{max}}$  – найбільший питомий тиск, Па;

$N_{\text{max ст}}$  – найбільший натяг вибраної стандартної посадки, мкм.

б). Визначають найбільше напруження у втулці і валі

$$\sigma_D = \frac{1 + \left(\frac{d_n}{d_2}\right)^2}{1 - \left(\frac{d_n}{d_2}\right)^2} \cdot p_{\max} = \frac{1 + \left(\frac{0,072}{0,144}\right)^2}{1 - \left(\frac{0,072}{0,144}\right)^2} \cdot 64 \cdot 10^6 = 106 \cdot 10^6 \text{ Па}; \quad (2.15)$$

де  $\sigma_D, \sigma_d$  – найбільше напруження у втулці і валі, Па.

в) Перевіряють міцність втулки за умовою

$$\sigma_D < \sigma_{TD}; \quad (2.16)$$

де  $\sigma_{TD}, \sigma_{Td}$  – межі текучості матеріалу втулки і вала, Па. для сталі 45  $\sigma_{TD} = 360 \cdot 10^6$  Па;

$$106 \cdot 10^6 < 360 \cdot 10^6.$$

Вибираємо універсальні засоби вимірювання за умовою:



$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta.$$

Для отвору  $\varnothing 72H7 \left( \begin{smallmatrix} 0,03 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$  з допуском  $TD = 30$  мкм і допустимою похибкою вимірювання  $\delta = 9$  мкм вибирається індикаторний нутромір з вимірювальною голівкою з ціною поділки 0,001 мм, настроєний за кінцевою мірою 2-го класу, у якого  $\Delta_{\text{lim}} = 2$  мкм.



Для вала  $\varnothing 72s6 \left( \begin{smallmatrix} 0,078 \\ 0,059 \end{smallmatrix} \right)$  з допуском  $Td = 19$  мкм і допустимою похибкою вимірювання  $\delta = 5$  мкм вибирається оптиметр з ціною поділки 0,001 мм, у якої  $\Delta_{\text{lim}} = 0,8$  мкм.

Результати наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків та експлуатаційні дослідження на ремонтному виробництві

Посадка	Похибка вимірювання $\delta$ , мкм	Похибка засобу вимірювання $\Delta_{\text{им}}$ , мкм	Засіб вимірювання		
			Розрахований	На практиці	
				Виробництво (фірми) крім заводів	Сервісне підприємство
Вала Ø72s6 	5	0,8	Оптиметр з ціною поділки 0,001 мм	Мікрометр важільний типу МР з ціною поділки 0,002 мм	Мікрометр гладенький МК з ціною поділки 0,01 мм
Отвору Ø72H7 	9	2	Індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,001 мм	Індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,001 мм	Індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,01 мм

### 2.3. Висновки

Розроблена методика розрахунку посадок з зазором та методика вибору засобів вимірювання валу і отвору даної посадки, так для валу посадки Ø153f8  вибираємо мікрометр важільний типу МР з ціною поділки 0,002 мм, а для отвору Ø153H8  індикаторний нутромір з вимірювальною головкою з ціною поділки 0,001 мм. Співставлення розрахованих засобів не відповідають тим засобам, що використовуються на виробництві окрім заводів де чітко працює служба метрології.

При розрахунку посадки з натягом, розраховані засоби вимірювання ще більше не співпадають з тими, що використовуються на виробництві особливо у сервісних підприємствах. Так замість оптимитра використовується звичайний мікрометр з ціною поділки 0,01мм.

**РОЗДІЛ 3**  
**МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**  
**ПРАВИЛЬНОСТІ ВИБОРУ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ**

**3.1. Методика метрологічних вимірювань**

Сьогодні контроль зношування розмірів здійснюється методами, представленими в таблиці 3.1 [23].

Таблиця 3.1 - Методи контролю зношування

Метод	Переваги	Недоліки	Область застосування
Зважування	Доступність і універсальність засобів	Необхідність розбирання	Контроль інтегрального зношування
Мікрометраж	Доступність і універсальність засобів вимірювання	Неможливість оцінки місцевого зношування й залишкових деформацій	Контроль інтегрального й місцевого (по перетину) зношування
Профілографування по глибині вирізаних лунок	Можливість вимірювань місцевого (по поверхні) зношування	Необхідність розбирання. Неприйнятний для деяких матеріалів	Контроль місцевого зношування і його розподілу
Поверхнева активація	Безрозбірне й безперервне вимірювання	Необхідність активації деталі	Контроль зношування при випробуванні

Активаційний аналіз мастильного матеріалу	Відсутність поперечної активації	Прийнятний при Рясному змазуванні	Контроль інтегрального зношення з відбором проб
По гасінню сцинталяцій (світінню) у маслі	Контроль в процесі випробувань	Придатний тільки для прозорих масел	Порівняльні лабораторні випробування

Мікрометрування (мікрометраж) - один з найбільш точних методів визначення розмірів і зносів поверхонь деталі. За допомогою мікрометрування можна визначити відхилення форми й розташування поверхонь, зміна яких так само можуть впливати на інтенсивність зношування з'єднань.

Мікрометраж використовують для визначення якості виготовлення або відновлення поверхонь деталей, інтенсивності їх зношування, характеру зношування (місць найбільшого й найменшого зношування), терміну служби деталей, з'єднань і т.д.

### **3.2 Методика вимірювань розмірів елементів з'єднання «корінна шийка колінчатого вала – корінна опора в зборі із вкладишем»**

#### **3.2.1 Методи й засоби вимірювань дійсних розмірів корінних шийок колінчатого вала**

Вимірювання проводилися з метою визначення закону розподілу дійсних діаметрів корінних шийок колінчатих валів двигунів ЯМЗ-238.

Для експерименту обрані колінчаті вали від двигунів ЯМЗ -238. Діаметри корінних шийок контролювалися у відновлених і нових колінчатих валів. Точностні параметри корінної шийки колінчатого вала двигуна ЯМЗ238 наведено в таблиці 3.2.



Таблиця 3.2 – Точностні параметри корінної шийки колінчатого вала двигуна ЯМЗ-238

Номінальний розмір з відхиленнями	Допуск, мм	Розмір припустимий у сполученні з новими деталями	Ремонтний розмір
110-0,022	0,022	109,965	1Р – 109,75-0,022 2Р – 109,5-0,022 3Р – 109,25-0,022 4Р – 109-0,022

Для виявлення закону розподілу дійсних діаметрів корінних шийок колінчатих валів двигунів ЯМЗ-238 обраний універсальний засіб вимірювань максимально можливої точності – скоба важільна СРП 125-0,001. Метрологічні характеристики важільної скоби СРП 125-0,001 представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики засобів вимірювань, застосовуваних для контролю шийок колінчатих валів двигуна ЯМЗ-238

Вимірюваний параметр	Засіб вимірювань	Діапазон показань, мм	Діапазон вимірювань, мм	Ціна поділки, мм	Похибка вимірювань *, мм
Корінна шийка	Скоба важільна СРП 125-0,001	±0,014	100-125	0,002	±0,001

\* ±30 поділок від нульового штриха ( відповідно до ДСТУ)

Перед виміром деталі й засіб вимірювання витримувалися в приміщенні протягом часу, необхідному для вирівнювання їх температури. Поверхні, що підлягають вимірюванню, ретельно промивалися й очищалися.

При дослідженні закону розподілу дійсних розмірів корінних шийок колінчатого вала, важливо правильно вибрати перетин й площини вимірювань. При виборі площин і перетинів важливо враховувати, що корінна

шийка колінчатого вала має більш менш рівномірне зношування, чим шатунна, тому що вона сприймає навантаження поперемінно від декількох шатунів, тиск від одного шатуна передається на кілька корінних шийок відразу, довжина й діаметр їх більше. Але іноді зустрічається нерівномірне зношування корінної шийки по довжині окружності через відхилення від співвісності корінних опор і радіального биття корінних шийок [24]. Таким чином, з обліком вище викладеного, розмітку вимірюваних площин і перетинів з метою оцінки закону розподілу дійсних розмірів корінних шийок колінчатого вала слід проводити згідно з рис. 3.1.

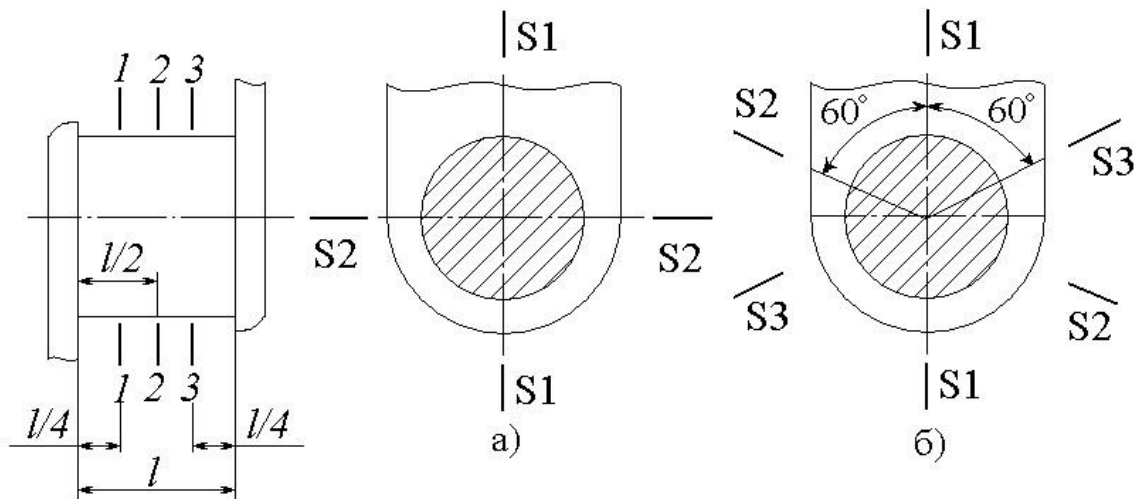


Рис. 3.1. Розташування перетинів і площин вимірювань при оцінці закону розподілу дійсних розмірів корінних шийок колінчатого вала при положенні шатунних шийок під кутом  $90^\circ$  і  $180^\circ$  (а) і  $120^\circ$  (б)

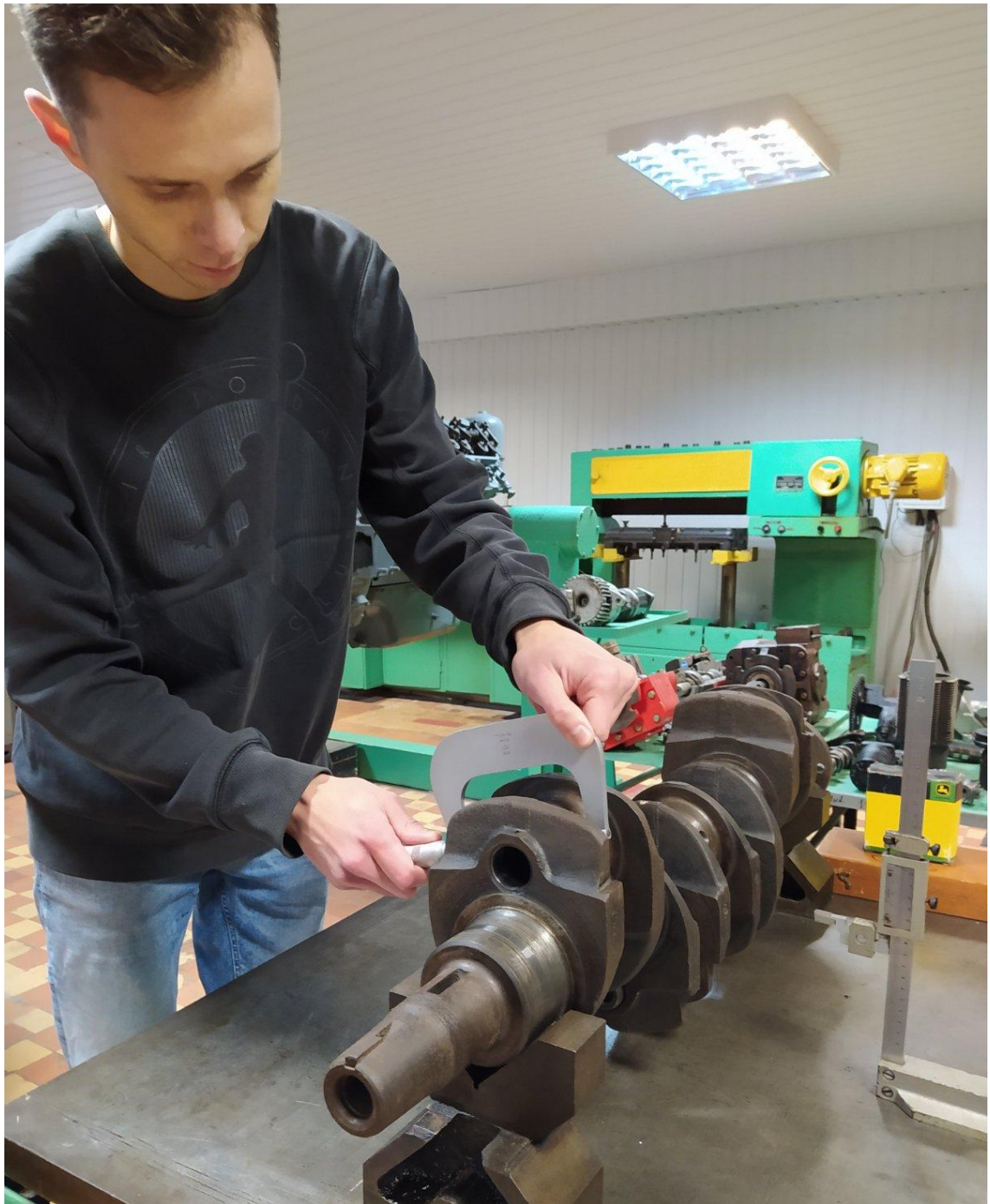


Рис. 3.2. Забір шийок колінчатого валу

Корінні шийки по зовнішньому діаметру вимірюють у трьох перетинах по двом або трьом площинам ( через  $90^\circ$  або  $60^\circ$ ). Перший напрямок S1 для всіх корінних шийок береться в площині кривошипа першої шатунної шийки [25].

Крайні перетини корінний і шатунної шийок перебувають у кінців на відстані  $1/4$  її загальної довжини, а середнє – у середині. Першим вважають

перетин від носка колінчатого вала (те місце, де кріпиться шестерня привода газорозподільного механізму).

У процесі вимірювань повинні бути визначені площини й перетину з найбільшими величинами зношування й відхилень форми – для циліндричних поверхонь це конусоподібність і овальність.

На підставі вимірювань визначають найменший розмір корінної шийки, який урахують при оцінці закону розподілу.

Замір радіусу кривошипів проводимо згідно схеми рис. 3.3, а прогин валу згідно схеми рис. 3.4 [24, 25].

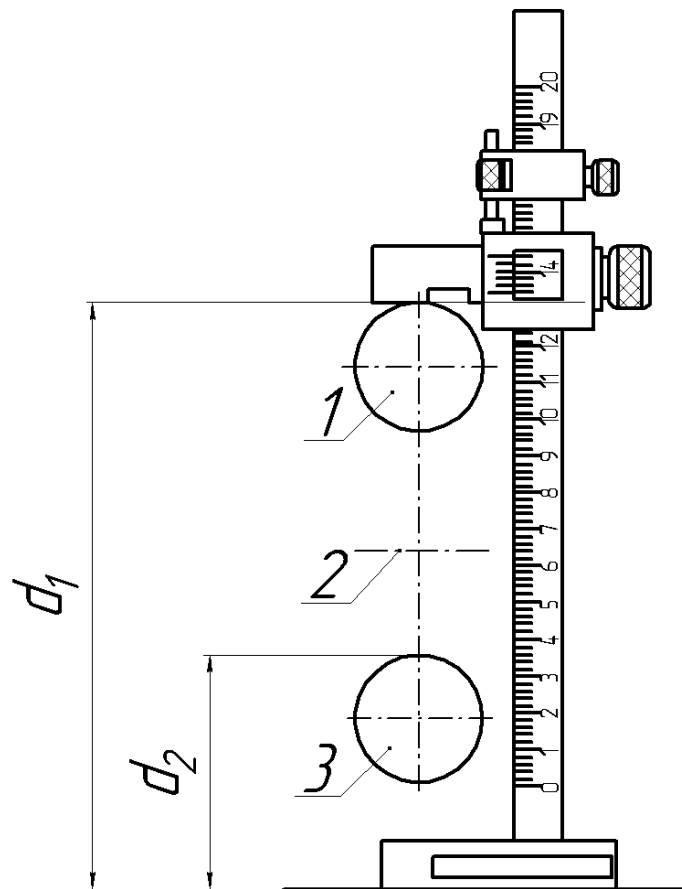


Рис. 3.3. Схема заміру радіусу кривошипу

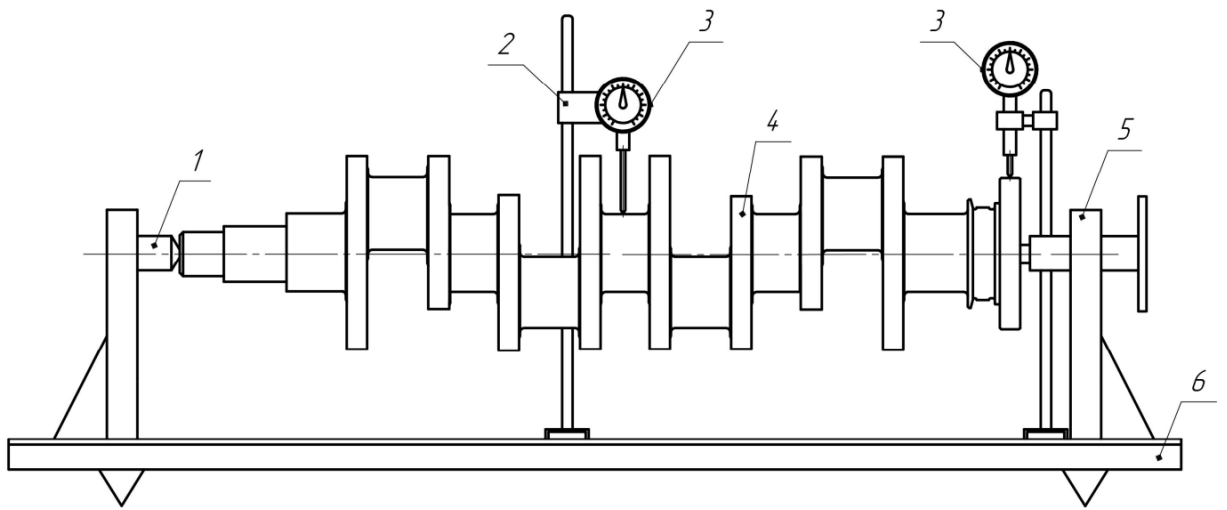


Рис. 3.4. Забір прогину вала



Рис. 3.5. Забір радіусу кривошипа



Рис. 3.6. замір прогину вала

3.2.2 Методи й засобу вимірювань внутрішнього діаметра корінної опори в зборі із вкладишем

Вимірювань проводять із метою апроксимації довірчого розсіювання реальним законом розподілу розміру корінної опори в зборі із вкладишем двигуна ЯМЗ-238. Точностні параметри корінної опори в зборі із вкладишем наведено в таблиці 3.4.



Таблиця 3.4 – Точнісні параметри корінної опори в зборі із вкладишем двигуна ЯМЗ-238

Найменування контр- ольованого розміру	Розміри по креслен- ню, мм	Зазор, мм	
		по кресленню	припустимий
Діаметр корінної опори в зборі із вкладишем	$110^{+0,132}_{+0,108}$	+0,108  +0,154	+0,188
	$P1 - 109,75^{+0,132}_{+0,108}$		
	$P2 - 109,50^{+0,132}_{+0,108}$		
	$P3 - 109,25^{+0,132}_{+0,108}$		
	$P4 - 109,00^{+0,132}_{+0,108}$		
	$P5 - 108,75^{+0,132}_{+0,108}$		
	$P6 - 108,50^{+0,132}_{+0,108}$		

Для вимірювань діаметрів корінної опори в зборі із вкладишем двигунів ЯМЗ-238 обраний засіб вимірювань максимально можливої точності. Для виявлення закону розподілу дійсних діаметрів корінної опори в зборі із вкладишем двигунів ЯМЗ-238 обраний засіб вимірювань максимально можливої точності – нутромір індикаторний підвищеної точності цифровий НИЦПТ 160-0,001, метрологічні характеристики якого зведено в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Характеристики засобів вимірювань застосовуваних для контролю діаметрів корінної опори в зборі із вкладишем двигунів ЯМЗ-238

Засіб вимірювань	Умовне по- значення	Діапазон вимірювань, мм	Ціна поділ- ки, мм	Похибка ви- мірювань, мм
Нутромір індикатор- ний підвищеної точ- ності цифровий	НИЦПТ 160-0,001	0-160	0,001	±0,002

З метою зниження похибки вимірювань, контрольовані деталі й засоби вимірювань витримували перед початком вимірювань протягом часу, необхідному для вирівнювання їх температури. Усі вимірювані поверхні були ретельно очищені.

При виборі площин і перетинів вимірювань внутрішнього діаметра вкладиша корінної опори враховувалися ті ж фактори, що й при вимірі самої шийки колінчатого вала. Розмітка вимірюваних площин і перетинів з метою оцінки закону розподілу дійсних розмірів вкладишів корінних шийок колінчатого вала слід проводити згідно з рис. 3.7.

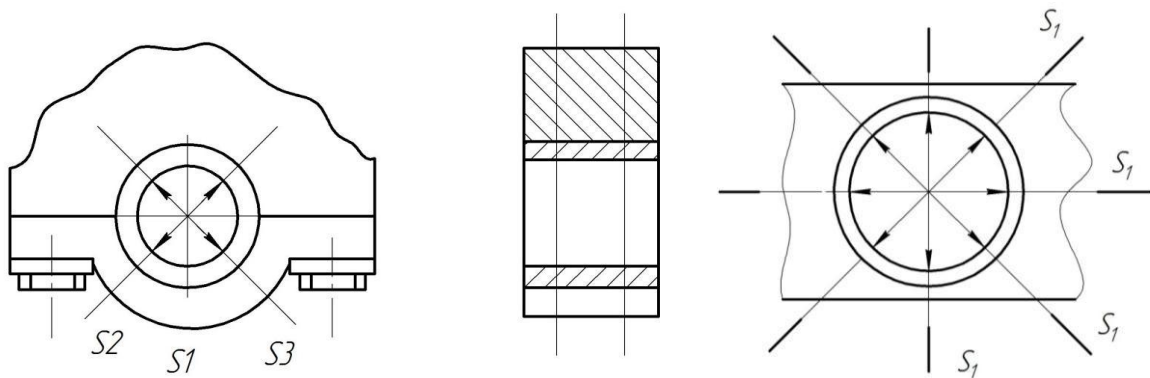


Рис. 3.7. Розташування перетинів і площин при оцінці закону розподілу дійсних діаметрів корінних опор у зборі із вкладишами колінчатого вала



Рис. 3.8. Забір діаметра корінного підшипника



З отриманих результатів вимірювань діаметрів вибирають найбільше значення, яке враховують при оцінці закону розподілу.

### 3.3. Результати вимірювань шийок колінчатого валу

Вимірювання проводилися з метою виявлення реальних законів розподілу розмірів корінних і шатунних опор двигунів ЯМЗ-238. Діаметри контролювалися у відновлених і нових деталей.

Для експерименту були обрані корінні й шатунні опори двигунів ЯМЗ-238, що потрапили на 1-й капітальний ремонт. Параметри досліджуваних деталей наведено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6-Параметри шатунних та корінних опор двигуна ЯМЗ 238

Найменування контрольованого розміру	Номінальний розмір, мм	Допуск, мм	Розміри по кресленню, мм
Корінна опора	$110^{+0,132}_{+0,108}$	0,024	$P1 - 109,75^{+0,132}_{+0,108}$ $P2 - 109,50^{+0,132}_{+0,108}$ $P3 - 109,25^{+0,132}_{+0,108}$ $P4 - 109,00^{+0,132}_{+0,108}$ $P5 - 108,75^{+0,132}_{+0,108}$ $P6 - 108,50^{+0,132}_{+0,108}$
Шатунна опора	$88^{+0,111}_{+0,076}$	0,035	$P1 - 87,75^{+0,111}_{+0,076}$ $P2 - 87,50^{+0,111}_{+0,076}$ $P3 - 87,25^{+0,111}_{+0,076}$ $P4 - 87,00^{+0,111}_{+0,076}$ $P5 - 86,75^{+0,111}_{+0,076}$ $P6 - 86,50^{+0,111}_{+0,076}$

У порядку експерименту по двигунах ЯМЗ-238 було обміряно 90 опор двигунів ЯМЗ-238 тобто 10 колінчатих валів. Отримані дані були оброблені за допомогою методів математичної статистики. Для виявлення закону розподілу розмірів шатунних і корінних опор була проведений стратифікація за ознаками: нові деталі й допущені до складання після дефектації. Потім отримані розподіли по цих ознаках були сполучені. На основі оброблених даних були побудовані гістограми, експериментальні й теоретичні криві розподілу розмірів нових і зношених деталей рис. 3.9 – 3.12.

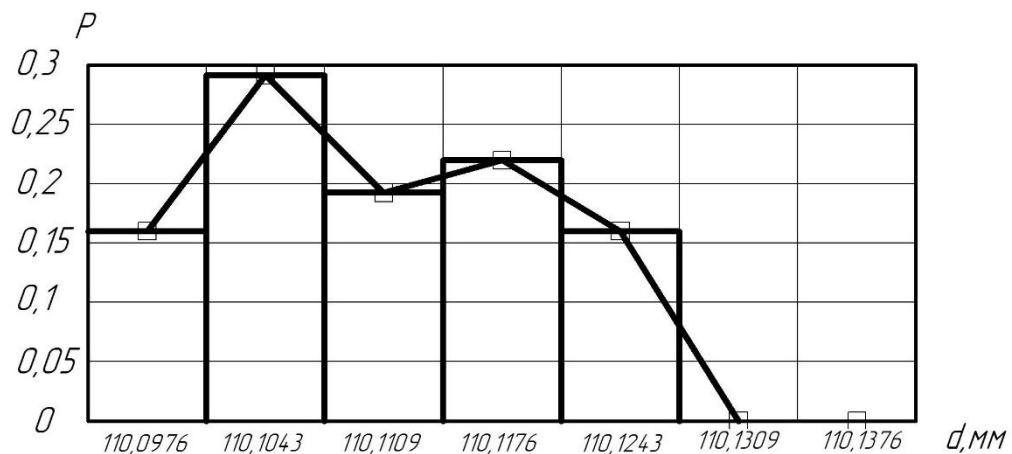


Рис. 3.9. Гістограма, полігон розподілу діаметрів нових корінних опор двигунів ЯМЗ 238

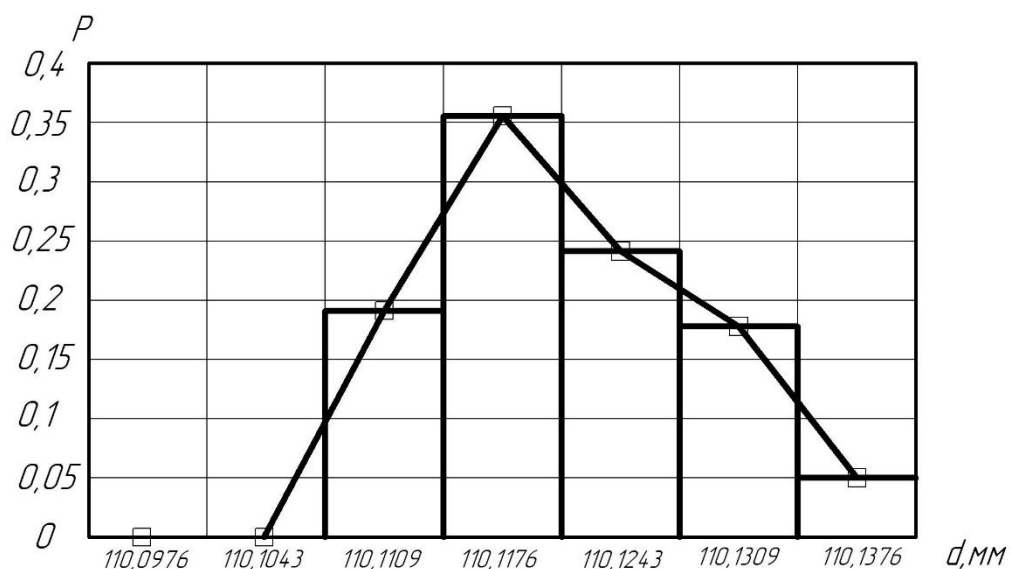


Рис. 3.10. Гістограма, полігон розподілу діаметрів відремонтованих корінних опор двигунів ЯМЗ 238

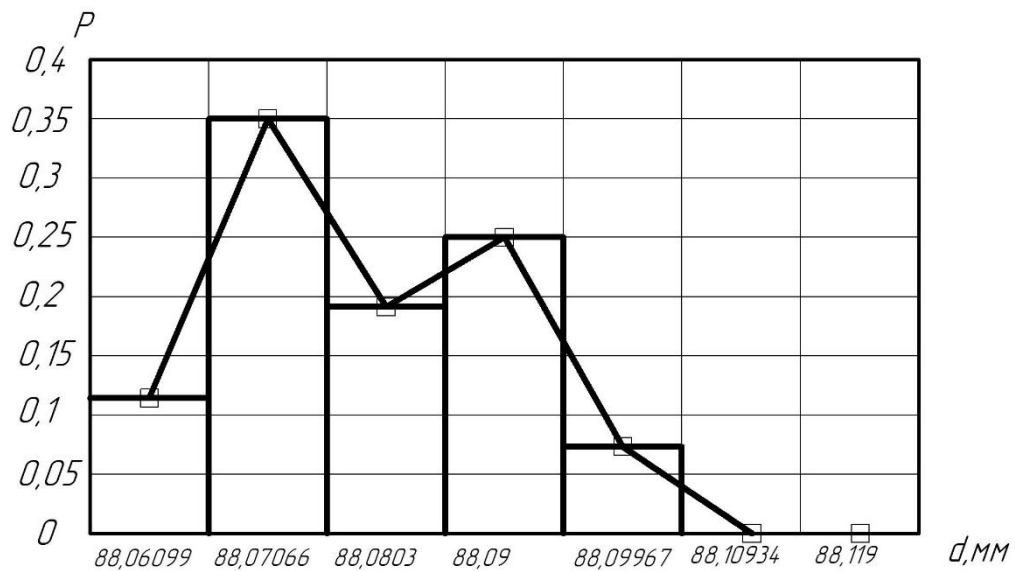


Рис. 3.11. Гістограма, полігон розподілу діаметрів нових шатунних опор двигунів ЯМЗ 238

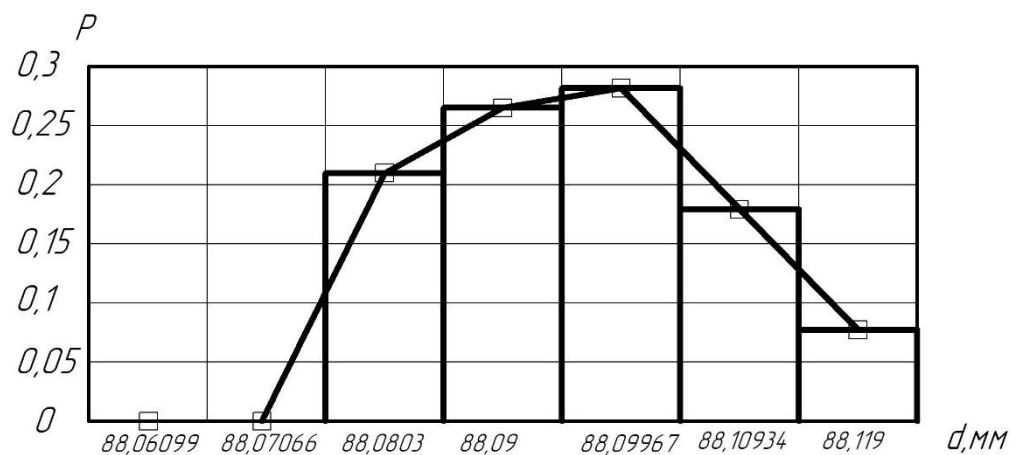


Рис. 3.12. Гістограма, полігон розподілу діаметрів відремонтованих шатунних опор двигунів ЯМЗ 238

На підставі аналізу даних, отриманих після сполучення розподілів, виявлено, що розсіювання діаметрів шатунних опор підкоряється закону нормального розподілу. Придатними є 91,33 % опор, опор з поправним браком - 1,46 %, непоправним браком - 7,21 %. Розсіювання розмірів діаметрів корінних опор підкоряється закону нормального розподілу. Придатними є 91,4 % опор, опор з поправним браком - 1,39 %, непоправним браком - 7,21 %.

### 3.4. Вибір номенклатури засобів вимірювання

У якості базових засобів вимірювання для вимірювання шатунних і корінних опор двигуна ЯМЗ - 238 приймемо нутроміри мікрометричні НМ 50-100 і НМ 100-160, рекомендовані в технічних вимогах на капітальний ремонт дизеля ЯМЗ-238.

Для порівняння з базовим засобом вимірювання розглянемо трохи більш точних засобів вимірювання для контролю шатунних і корінних опор двигуна ЯМЗ-238. Метрологічні характеристики обраних засобів вимірювання представлено в таблицях 3.7 і 3.8.

Таблиця 3.7 - Метрологічні характеристики засобів вимірювання для контролю корінних опор двигуна ЯМЗ-238

Найменування приладу	Умовне позначення	Вимірювальна головка	Ціна поділки, мкм	Діапазон вимірювань, мм	Похибка, мкм
*Нутромір мікрометричний	НМ 50-100	-	0,01	50-100	35
Нутромір індикаторний	НИ-100	ИЧ-10	0,01	50-100	25
		МИГ2	0,002	50-100	15
		МИГ1	0,001	50-100	13
		ИЧЦ	0,001	50-100	12
Електронна пробка	ЦДЗМ	-	0,1	50-500	0,5

\*-базовий засіб вимірювання

Таблиця 3.8 - Метрологічні характеристики засобів вимірювань для контролю шатунних опор двигуна ЯМЗ-238

Найменування приладу	Умовне позначення	Вимірювальна головка	Ціна поділки, мкм	Діапазон вимірювань, мм	Похибка, мкм
*Нутромір мікрометричний	НМ 100-160	-	0,01	100-160	35
Нутромір індикаторний	НИ-160	ИЧ-10	0,01	100-160	25
		МИГ2	0,002	100-160	15
		МИГ1	0,001	100-160	13
		ИЧЦ	0,001	100-160	12
Електронна пробка	ЦДЗМ	-	0,1	50-500	0,5

\*-базовий засіб вимірювання

Таблиця 3.9 – Метрологічні характеристики засобів вимірювання для контролю шатунних і корінних шийок колінчатого валу ЯМЗ 238

Прилад	Умовне позначення	Вимірювальна головка	Ціна поділки, мм	Діапазон вимірювань, мм	Діапазон показань, мм	Похибка, мкм*
Мікрометр	МК-100	-	0,01	75...100	-	±15
	МК-125			100...125		
Мікрометр важільний	МР-100-0,002	-	0,002	75...100	0,06	±7,5
	МР-125-0,002			100...125		
Скоба індикаторна	СИ-100-0,01	ИЧ-10	0,01	50...100	0...10	±20
	СИ-200-0,01			100...200		
Скоба індикаторна	СИ-100-0,002	2МИГ	0,002	50...100	0...2	±6,5

	СИ-200- 0,002			100...200		
Мікрометр з цифровим індикато- ром	МКЦ- 100-0,001	–	0,001	75...100	–	±3
	МКЦ- 125-0,001			100...125		
Скоба важі- льна	СР-100- 0,002	–	0,002	75...100	±80	±2
	СР-125- 0,002			100...125		

### **3.5. Дослідження динаміки витрат на вимірювання залежно від виду й похибки засобу вимірювання**

Вихідні дані для розрахунків річних витрат на вимірювання шатунних і корінних опор при однократних вимірюваннях представлено в таблицях 3.10 - 3.11.

За результатами побудовані графічні залежності (рис. 3.13 - 3.14) витрат залежно від засобу вимірювання.

Таблиця 3.10 - Вихідні дані для розрахунків річних витрат на вимірювання шатунних опор двигунів ЯМЗ-238 залежно від засобу вимірювання при однократних вимірюваннях

Показник	Засіб вимірювання (похибка вимірювань, мм)					
	HM175 (±0,0175)	НІ 100 з вимірювальною головкою				ЦЦЗМ (±0,00025)
		ИЧ10 (±0,0125)	МИГ2 (±0,0075)	МИГ1 (±0,0065)	ИЧЦ (±0,006)	
<b>Разові витрати</b>						
Балансова вартість засобу вимірювання (ціна, інші одноразові витрати, пов'язані із придбанням, монтажем і введенням в експлуатацію засобу вимірювання), грн	1300	3420	4240	4240	4800	11500
<b>Поточні витрати</b>						
Годинна тарифна ставка контролера (оператора), грн/год	42,3	42,3	42,3	42,3	42,3	42,3
Норма часу на одине вимірювання (контроль) одного виробу, (г/шт.)	0,0992	0,0496	0,05456	0,05704	0,05952	0,09845
Коефіцієнт, що враховує ЄСВ і додаткову заробітну плату	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262	0,262
Кількість метрологів, що обслуговують установку	1	1	1	1	1	1
Годинна тарифна ставка метролога, р./год	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1	57,1
Час, що витрачається метрологом на повірку, г/пов., г/рем.	2,3	0,5	1,1	1,1	0,6	0,312
Середня річна кількість перевірок (планових і непланових) одного ЗВ, пов./рік	1	1	1	1	1	1
Коефіцієнт амортизаційних відрахувань на реновацію й капітальний ремонт	0,2	0,67	0,67	0,67	0,5	0,00015
Сумарні річні наведені витрати на обслуговування приладу, грн	3568	3568	4240	4300	4710	10086
Сумарні витрати від похибки вимірювань, грн	2075	1557	768	727	707	11,7

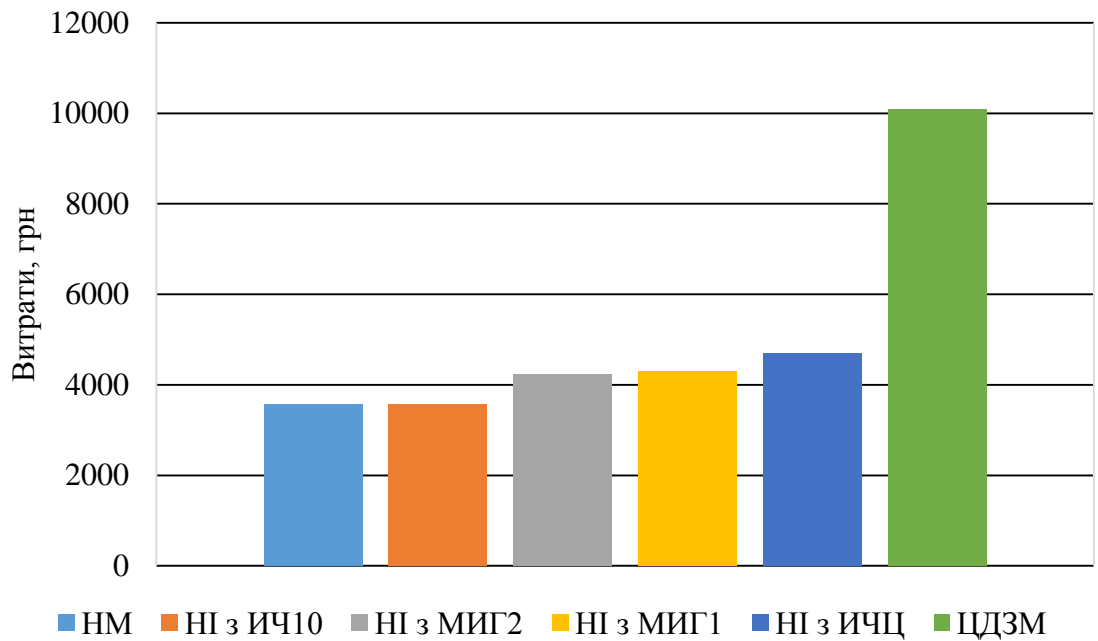


Рис. 3.14. Сумарні річні витрати на придбання та обслуговування вимірювальних приладів

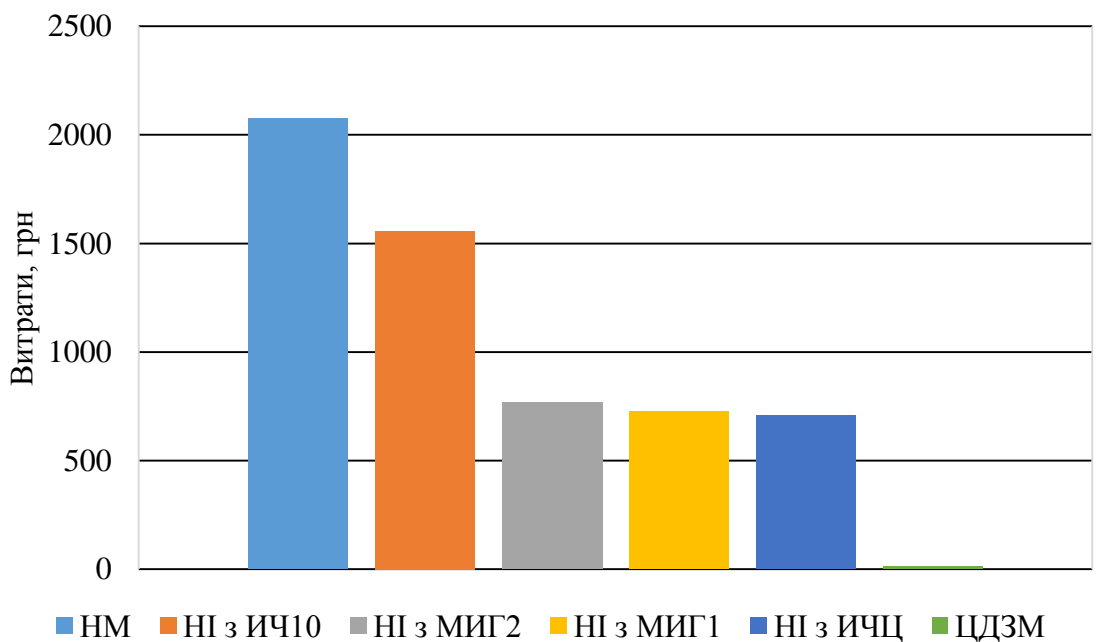


Рис. 3.15. Сумарні витрати пов'язані з похибкою вимірювання



### 3.6. Висновки

Розглянуті існуючі методи контролю зношування розмірів і відхилень, а також основи проведення мікрометражу деталей.

Розроблена методика проведення вимірювань шатунних і корінних опор двигуна. Обґрунтовано проведення вимірювань у двох перетинах по трьом площинам, два з яких перебувають на відстані 7 - 10° від площини рознімання для можливості контролю відхилення по довжині вкладиша, а третє перпендикулярно площини рознімання.

У результаті аналізу точності обробки корінних і шатунних шийок, виявлено, що при контролі шатунних придатними є 91,33 % опор, 1,46 % мають поправний брак і 7,21 % - непоправний брак. При контролі корінних опор 91,4 % є придатними, 1,39 % мають поправний брак і 7,21 % є непоправно бракованими.

Аналіз витрат на виміри від виду й похибки показав, що зі збільшенням точності вимірювань, витрати зростають. При застосуванні методики багаторазових спостережень витрати стають значно більше через ріст заробітної плати контролерів, залежно від зменшення похибки засобу вимірювань, витрати знижуються. При аналізі витрат із-за помилок контролю й від неправильного забракування й прийняття деталей, виявлено, що зі збільшенням точності вимірювань, втрати мають тенденцію до зниження. При застосуванні методики багаторазових вимірювань, втрати зменшуються й стають приблизно рівними для всіх засобів вимірювань, при цьому найбільш вигідну позицію займає електронна пробка ЦДЗМ.

Рекомендується для шатунних опор використовувати однократні виміри, які найбільш доцільно проводити індикаторним нутроміром з вимірювальними головками МИГ-2 або МИГ-1, де сумарні витрати мінімальні. При контролі корінних опор найбільш доцільним є використання електронної пробки ЦДЗМ, яка має малу похибку вимірювань.



## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1. Загальні відомості про охорону праці в державному підприємстві «Дніпростандартметрологія»

ДП "Дніпростандартметрологія" має розгалужену мережу по всій Дніпропетровській області. На підприємстві організовано службу охорони праці, яка діє на головному підприємстві та на філіях.

ДП "Дніпростандартметрологія" гарантує своїм співробітникам гідні й безпечні умови праці, виконуючи ліцензійні вимоги по забезпеченню виробничої безпеки. У постійному режимі ведеться моніторинг умов праці, проводиться атестація робочих місць, реалізується програма страхування ризиків.

"Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності" [27, 28].

В ДП "Дніпростандартметрологія" ведеться впровадження інтегрованої системи керування промисловою й екологічною безпекою, охороною праці й навколишнього середовища відповідної до міжнародних стандартів OHSAS 18001, ISO 14001 і ISO 9001. У рамках політики в області промислової безпеки, охорони праці й навколишнього середовища на підприємстві також діють стандарти, що регламентують використання будинків і встаткування підприємства. Устаткування проходить планово-запобіжні ремонти відповідно до попередньо встановлених графіків. Частина найбільш важливого встаткування оснащена системами постійного контролю.

На підприємстві організовано кабінет з охорони праці (рис. 4.1) в якому проводяться навчання, інструктажі та інше.

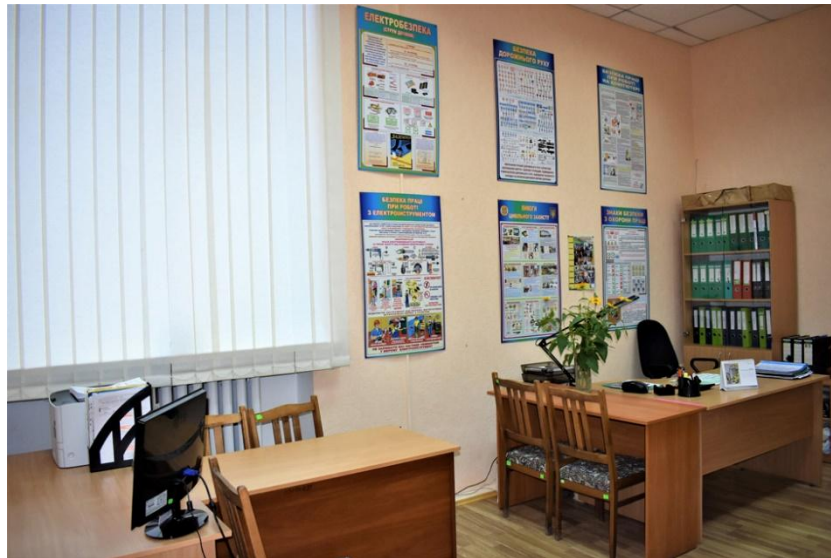


Рис. 4.1. Кабінет з охорони праці

В цілому стан охорони праці на підприємстві знаходиться на задовільному рівні.

За останні п'ять років на підприємстві нещасних випадків не зафіксовано. Звісно робітники хворіють і інколи перебувають на лікарняному але ця відсутність пов'язана з сезонними захворюваннями ОРВ та грипу. В 2019 році робітник пробув на лікарняному майже місяць (лікування виразки шлунку) діаграма розподілу захворюваності наведена на рис. 4.2.



Рис. 4.2. Кількісний аналіз захворюваності

## **4.2. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології**

На робітників дільниці під час метрологічних випробувань впливають небезпечні й шкідливі фактори:

- можливість мимовільного падіння контрольних гир;
- обертові частини, що рухаються, і механізми технологічного обладнання;
- фізичні навантаження й механічні впливи при підключенні еталонного обладнання та обладнання і пристроїв, що підлягають повірці;
- шкідливі хімічні речовини в повітрі робочої зони;
- можливість одержання хімічних опіків;
- підвищена температура поверхонь устаткування;
- нервово-психічні перевантаження;
- статичні перевантаження;
- робота з обладнанням, що працює під надлишковим тиском;
- підвищений рівень шуму й вібрації;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень пульсації світлового потоку;
- підвищене значення напруги в електричній мережі, замикання якої може пройти через тіло людини;
- напруга зору, уваги;

Всі ці фактори в залежності від терміну дії можуть привести до травмувань та втрати працездатності співробітників дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології. Довгострокова робота під дією шкідливого фактора також може привести до професійних та хронічних захворювань.

Аналіз дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології показав, що всі вище перераховані фактори знаходяться в

допустимих межах згідно [29, 30, 31, 32] окрім порушення мікроклімату особливо влітку коли на вулиці підвищена температура та в міжсезоння коли ще не ввімкнули централізоване опалення або коли його вже вимкнули і в приміщенні ще холодно.

Пожежна безпека відповідає нормам НАПБ Б.03.002-2007 [33]. Вогнегасники проходять перевірку і в разі необхідності заміну.

#### **4.3. Заходи по забезпеченню захисту працівників від дії шкідливих та небезпечних факторів на дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології**

Для уникнення травмувань та негативного впливу обладнання дільниці на співробітників, вони повинні мати певну категорію і фах. Так на дільниці повинні працювати такі фахівці:

- провідний інженер з метрології,
- інженер з метрології I категорії,
- інженер з метрології II категорії,
- Інженер з метрології.

Провідний інженер з метрології: повна вища освіта відповідного напрямку підготовки (магістр, спеціаліст) та підвищення кваліфікації. Стаж роботи за професією інженера-метролога I категорії не менше 2 років.

Інженер з метрології I категорії: повна або базова вища освіта відповідного напрямку підготовки (магістр, спеціаліст або бакалавр) та підвищення кваліфікації; для магістра – без вимог до стажу роботи; для спеціаліста - стаж роботи за професією метролога II категорії не менше 2 років, для бакалавра – не менше 3 років.

Інженер з метрології II категорії: повна або базова вища освіта відповідного напрямку підготовки (спеціаліст або бакалавр) та підвищення кваліфікації; для спеціаліста – без вимог до стажу роботи, для бакалавра – стаж роботи за професією метролога не менше 2 років.

Інженер з метрології: повна або базова вища освіта відповідного напрямку підготовки (спеціаліст або бакалавр) без вимог до стажу роботи.

Для поліпшення мікроклімату на ділянці необхідно впровадити кондиціювання повітря, щоб показники мікроклімату відповідали вимогам [30, 31]:

- Температура – від 21 до 25 °С;
- Відносна вологість – від 40 до 60%;
- Швидкість руху повітря – не більш 0,1 м/с.

Встановити термопанелі для обігріву в міжсезоння.

#### **4.4. Правила безпечного виконання робіт на ділянці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології**

Загальні вимоги. До робіт, пов'язаних з перевіркою, калібруванням і ремонтом засобів вимірювання допускаються особи старше 18 років, що мають профільну освіту, що пройшли медичний огляд, що знають будову і мають групу електробезпечності не нижче III-ї.

Інженер по метрології в процесі роботи зобов'язаний проходити: - повторний інструктаж – не рідше одного разу в 6 місяців; - перевірку знань вимог охорони праці – не рідше одного разу в 2 роки; - медичний огляд – не рідше одного разу у два роки.

Інженер по метрології, забезпечується спеціальним одягом і засобами індивідуального захисту відповідно до норм видачі затвердженими директором Установи залежно від проведення окремих видів робіт:

- халат бавовняний;
- гумові діелектричні килимки;
- рукавички діелектричні;
- рукавички гумові;
- рукавички х/п;
- костюм для захисту від загальних виробничих забруднень;

На зовнішніх роботах узимку додатково куртка й штани на утеплюючому підкладі.

Інженер по метрології повинен виконувати тільки ту роботу, яка йому доручена.

Персонал повинен дотримуватись вимог інструкції заводу-виробника обладнання, що використовується; правил внутрішнього розпорядку; установлені режими праці й відпочинку; порядок повідомлення адміністрації про випадки травмування працівника й несправності обладнання, пристосувань і інструмента; правила особистої гігієни.

Палити дозволяється тільки в спеціально відведених і обладнаних для цього місцях.

Забороняється поява на роботі в стані алкогольного й іншого наркотичного стану, забороняється вживання в робочий час алкогольних і інших наркотичних напоїв і речовин.

У випадку нездужання або погіршення стану здоров'я повідомити керівництво.

За невиконання вимог охорони праці працівник залучається до відповідальності згідно із правилами внутрішнього трудового розпорядку підприємства й чинного законодавства України.

Перед початком роботи. Надягти робочий одяг, взуття й інші засоби індивідуального захисту, застебнути всі застібки (зав'язати зав'язки), перекона-тися, що в кишенях немає гострих колючих і ріжучих предметів.

Одержати в безпосереднього керівника завдання на проведення робіт.

Перевірити стан робочого місця, справність і комплектність устаткування, заземлення, вентиляції, пристосувань, інструмента, достатність висвітлення (необхідно забезпечити виразну видимість застосовуваних засобів перевірки, зняття показань лічильників).

Розкласти інструмент і пристосування так, щоб вони не впали й були в зручному для користування порядку.



Перед включенням електроживлення обладнання переконатися у відсутності зовнішніх несправностей в електричних з'єднаннях між складовими частинами обладнання, а також перевірити справність сполучних дротів. Сполучні дроти не повинні мати скруток, ушкоджень ізоляції й оплетки.

При вимірах металеві корпуси переносних засобів вимірювання, кожуха трансформаторів і дільників напруги необхідно заземлити.

Підключення й відключення обладнання до гідравлічної системи проводиться при закритій запірній арматурі.

Переконатися, що пуск у роботу обладнання нікому не загрожує небезпекою.

Доступ до обладнання, що перевіряється повинен бути вільним.

Про всі виявлені несправності сповістити безпосереднього керівника й без його дозволу до роботи не приступати.

Під час роботи. Інженер по метрології допускається до роботи тільки на атестованому обладнанні, до якого допущений і зобов'язаний виконувати тільки ту роботу, якої навчений і яка доручена керівником відділу.

Не допускати на своє робоче місце осіб, що не мають відносини до дорученої роботи, і не довіряти свою роботу й устаткування іншій особі без дозволу керівника відділу.

Роботу необхідно виконувати згідно з інструкцією по експлуатації обладнання з дотриманням вимог інструкції з охорони праці.

Необхідно зосередитися на виконуваній роботі, не відволікатися на сторонні справи й розмови й не відволікати інших.

Не допускається при виконанні робіт розмовляти по мобільному телефону.

На всіх роботах, пов'язаних з можливим травмуванням очей, користуватися захисними окулярами.

Працювати тільки справним інструментом і пристосуваннями, використовувати захисні засоби по призначенню.

Не застосовувати пристосування, інструменти, не передбачені для проведення робіт з перевірки, ремонту, налагодження засобів вимірювання.

Для приєднання переносних засобів вимірювання, трансформаторів і дільників напруги застосовувати одножильні й багатожильні дроти з ізоляцією, відповідної до вимірюваної напруги й перетином, відповідним до вимірюваної величини струму, але не менш 2,5 мм<sup>2</sup>.

Приєднання й від'єднання переносних засобів вимірювання робити тільки при знятій напрузі.

Під час вимірювання не допускається торкатись дротів і виводів устаткування.

Робоче місце повинне утримуватися в чистоті й порядку, не допускається його захламлення й захаращення.

Забороняється захаращення проходів, виходів, тамбурів, сходів, а також підступів до електрощитів, протипожежного реманенту.

При виявленні несправності обладнання не допускається робити ремонт і усунення цих несправностей, якщо це не входить в обов'язку персоналу. Необхідно припинити роботу й сповістити про це безпосередньому керівникові робіт.

По закінченню роботи. По закінченню робіт зробити всі необхідні відключення, згідно з технічним описом і інструкції для експлуатації обладнання.

Упорядкувати робоче місце.

Увесь інструмент, пристосування, прилади й засоби захисту оглянути, упорядкувати й забрати в місця їх зберігання.

Промаслене дрантя забрати в спеціальні металеві урни (ящики) із кришками, що закриваються.

Зняти робочий одяг, оглянути її й упорядкувати, забрати в шафу для робочого одягу. Необхідно вчасно здавати робочий одяг у ремонт і прання.

Про всі недоліки, виявлені під час роботи, а також про вжиті заходи повідомити керівника робіт.

#### **4.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації**

При всякій перерві в подачі електроенергії необхідно негайно відключити електроустаткування.

У випадку пожежі негайно сповістити всіх працюючих у виробничому приміщенні, довести до відома керівництво й вжити заходів до ліквідації пожежі наявними засобами пожежогасіння. При необхідності викликати пожежну бригаду по телефону 101.

Вимкнути електроенергію. Пам'ятати, що електромережу, електрообладнання гасити тільки вуглекислотними порошковими вогнегасниками, азбестовими ковдрами, піском. При займанні матеріалів, стружки з магнію та його сплавів користуватися виключно спеціальною емульсією.

Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

При аваріях і виникненні виробничих травм негайно звільнити потерпілого від травмуючого фактора, дотримуючись правил власної безпеки, надати йому першу допомогу, при необхідності викликати бригаду швидкої допомоги по телефону 103, сповістити безпосереднього керівника робіт, по можливості зберегти обстановку, якщо це не загрожує життю й здоров'ю навколишніх працівників і не приведе до аварії.

#### **4.6. Висновок**

Аналіз стану охорони праці на підприємстві показав, що він знаходиться на задовільному рівні. Потребує покращення стану охорони праці показники мікроклімату на ділянці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології.

Впровадження заходів по охороні праці дозволить знизити рівень травматизму та підвищити якість роботи.

## РОЗДІЛ 5

### ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 5.1. Розрахунок економічної ефективності

Розрахунки економічної ефективності від підвищення точності вимірювань, підвищення вірогідності вимірювань, випробувань і контролю може бути досягнуте за допомогою застосування більш точного засобу вимірювання у порівнянні з базовим.

У якості базового засобу вимірювання приймемо нутромір мікрометричний НМ 50-100, пропонується у технічній документації для контролю корінних і шатунних опор двигуна ЯМЗ 238.

У якості більш точних приймемо нутромір індикаторний НІ з вимірювальною голівкою МИГ2 і пробку електронну ЦДЗМ.

Параметри наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Метрологічні характеристики засобів вимірювання для контролю корінних опор двигуна ЯМЗ-238

Найменування приладу	Умовне позначення	Вимірювальна голівка	Ціна поділки, мкм	Діапазон вимірювань, мм	Похибка, мкм
*Нутромір мікрометричний	НМ 50-100	-	0,01	50-100	35
Нутромір індикаторний	НИ-100	МИГ2	0,002	50-100	15
Електронна пробка	ЦДЗМ	-	0,1	50-500	0,5

\*-базовий засіб вимірювання

Для розрахунків економічної ефективності використовуємо формулу [34]:

$$E = C_1 + EK_1 - C_2 + EK_2 \quad , \quad (5.1)$$

де  $C_1$ ; і  $C_2$  - собівартість процесу контролю базовим і більш точним засобом вимірювання, грн.;

$E$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

$K_1, K_2$  - питомі капітальні вкладення й інші одноразові витрати.

У нашому випадку, формула (5.1) прийме вид:

$$E = Z_{вим1}^p + P_{\Sigma1}^p - Z_{вим2}^p + P_{\Sigma2}^p, \quad (5.2)$$

де  $P_{\Sigma1}^p, P_{\Sigma2}^p$  - річні втрати від похибки вимірів і контролю при використанні базового й нового засобу вимірювання, грн./рік;

$Z_{вим1}^p, Z_{вим2}^p$  - сумарні річні наведені витрати на вимірювання, при використанні базового й нового засобу вимірювання, грн./рік.

Результати розрахунків економічної ефективності для річної програми 500 двигунів представлено в таблиці 5.5. Графічні залежності економічної ефективності від застосування більш точних засобів у порівнянні із застосуванням базового представлено на рис. 5.1, 5.2.

Таблиця 5.2 - Розрахунки економічного ефекту від заміни засобу вимірювання при контролі якості шатунних і корінних опор (річна програма 500 двигунів)

Показник	Позначення	Шатунні опори			Корінні опори		
		НМ100	НІ 50-100 + МИГ2	ЦДЗМ	НМ100	НІ 50-100 +	ЦДЗМ
Сумарні річні витрати на вимірювання, грн./рік	$Z_{вим}^p$	37020	17473	33964	837778	57907	24015
Річні втрати від похибки вимірювань, грн./рік	$P_{\Sigma}^p$	12999	12072	254	190982	186702	8519
Сумарні річні витрати, пов'язані з вимірюваннями, грн./рік.		50020	29545	34218	1028760	244609	32534
Економічна ефективність, грн./рік	$E$	-	20475	15802	-	784151	996226

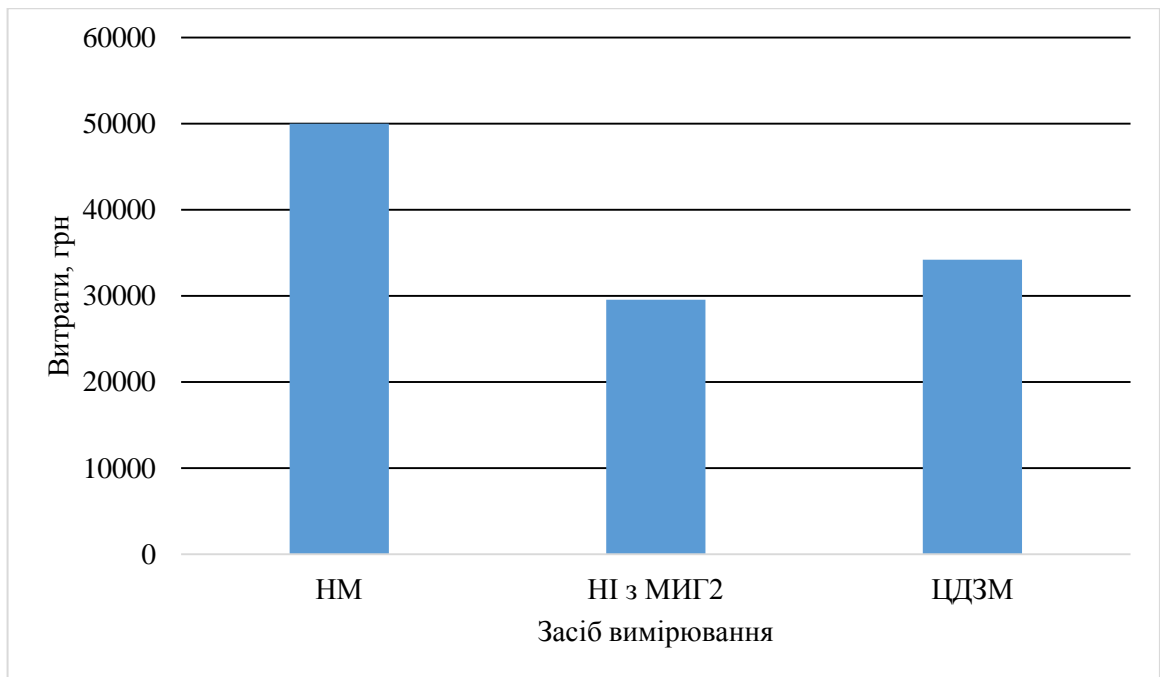


Рис. 5.1 – Річні витрати від заміни засобу вимірювання при контролі якості шатунних опор (річна програма 500 двигунів)

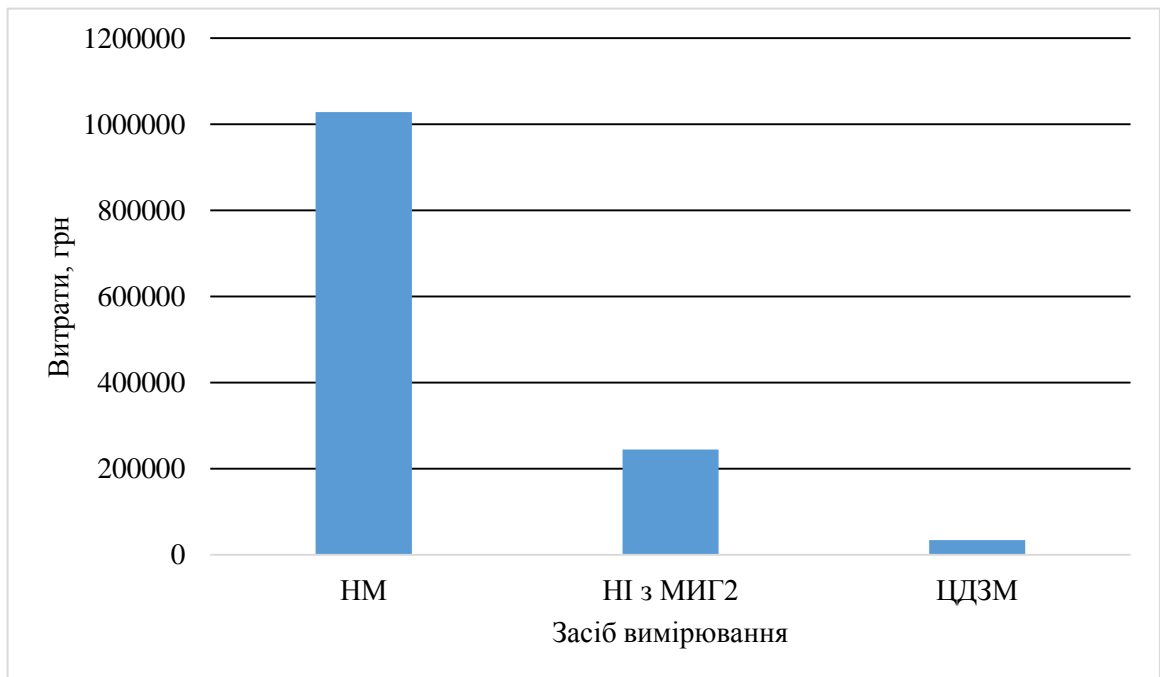


Рис. 5.2 – Річні витрати від заміни засобу вимірювання при контролі якості корінних опор (річна програма 500 двигунів)

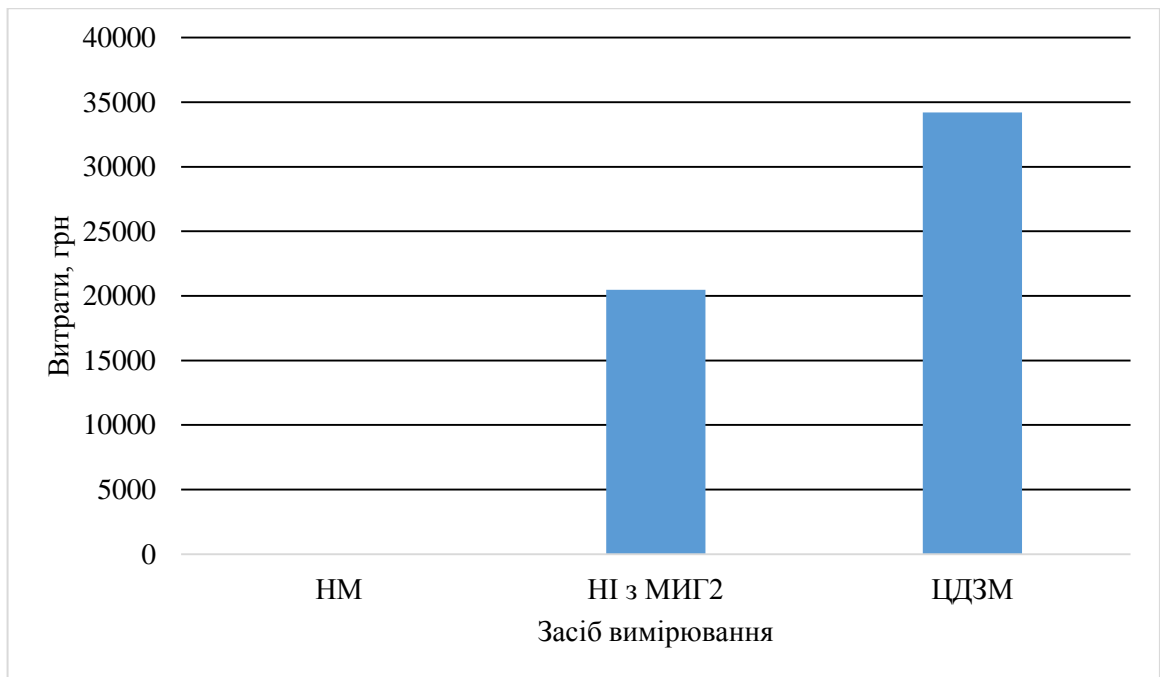


Рис. 5.3 - Економічний ефект від заміни засобу вимірювання при контролі якості шатунних опор (річна програма 500 двигунів)

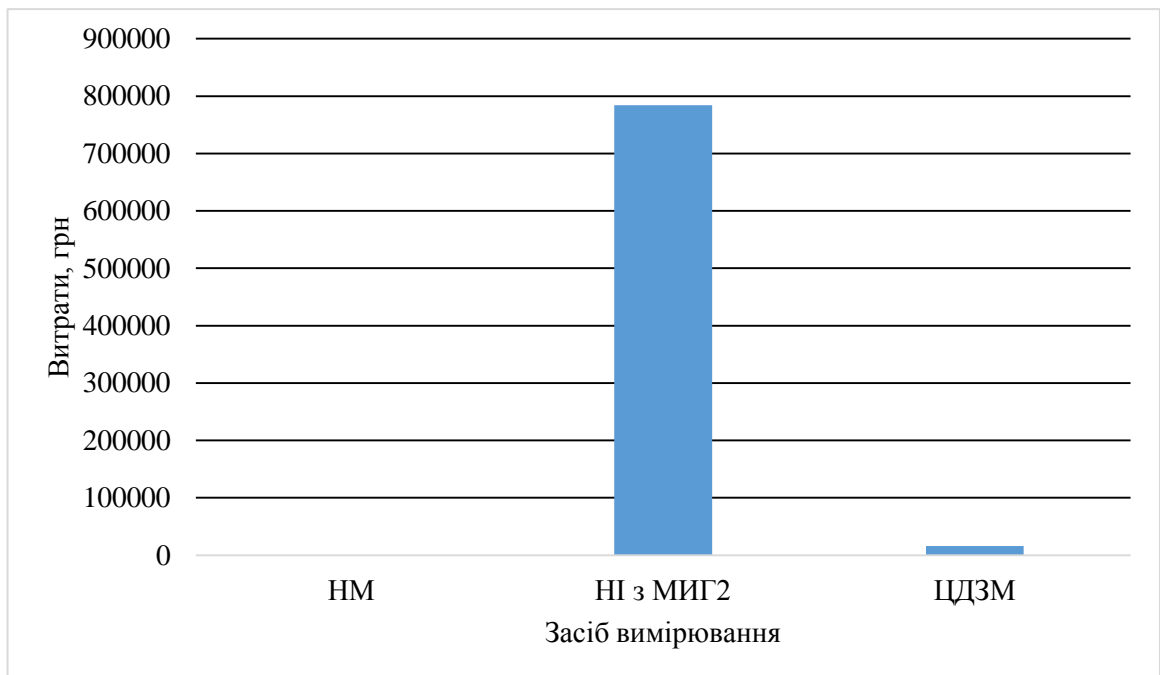


Рис. 5.4 - Економічний ефект від заміни засобу вимірювання при контролі якості корінних опор (річна програма 500 двигунів)

## **5.2. Висновки**

Розглянуті особливості формування економічного ефекту з урахуванням похибки вимірювання.

Проведені розрахунки економічної ефективності від підвищення точності вимірів, у результаті якого виявлено, при контролі шатунних опор найбільш ефективно застосовувати нутромір індикаторний з вимірювальною голівкою МИГ2, а контроль корінних опор найбільш ефективно здійснювати електронною пробкою ЦДЗМ.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розроблена методика розрахунку посадок з зазором та методика вибору засобів вимірювання валу і отвору даної посадки, так для валу посадки  $\varnothing 153f8 \left( \begin{smallmatrix} 0,043 \\ 0,106 \end{smallmatrix} \right)$  вибираємо мікрометр важільний типу МР з ціною поділки 0,002 мм, а для отвору  $\varnothing 153H8 \left( \begin{smallmatrix} 0,063 \\ \end{smallmatrix} \right)$  індикаторний нутромір з вимірювальною голівкою з ціною поділки 0,001 мм. Співставлення розрахованих засобів не відповідають тим засобам, що використовуються на виробництві окрім заводів де чітко працює служба метрології.

При розрахунку посадки з натягом, розраховані засоби вимірювання ще більше не співпадають з тими, що використовуються на виробництві особливо у сервісних підприємствах. Так замість оптимитра використовується звичайний мікрометр з ціною поділки 0,01мм.

Розглянуті існуючі методи контролю зношування розмірів і відхилень, а також основи проведення мікрометражу деталей.

Розроблена методика проведення вимірювань шатунних і корінних опор двигуна. Обґрунтовано проведення вимірювань у двох перетинах по трьом площинам, два з яких перебувають на відстані  $7 - 10^\circ$  від площини рознімання для можливості контролю відхилення по довжині вкладиша, а третє перпендикулярно площини рознімання.

У результаті аналізу точності обробки корінних і шатунних шийок, виявлено, що при контролі шатунних придатними є 91,33 % опор, 1,46 % мають поправний брак і 7,21 % - непоправний брак. При контролі корінних опор 91,4 % є придатними, 1,39 % мають поправний брак і 7,21 % є непоправно бракованими.

Аналіз витрат на виміри від виду й похибки показав, що зі збільшенням точності вимірювань, витрати зростають. При застосуванні методики багаторазових спостережень витрати стають значно більше через ріст заробітної плати контролерів, залежно від зменшення похибки засобу вимірювань, витрати знижуються. При аналізі втрат із-за помилок контролю й від неправи-

льного забраковування й прийняття деталей, виявлено, що зі збільшенням точності вимірювань, втрати мають тенденцію до зниження. При застосуванні методики багаторазових вимірювань, втрати зменшуються й стають приблизно рівними для всіх засобів вимірювань, при цьому найбільш вигідну позицію займає електронна пробка ЦДЗМ.

Рекомендується для шатунних опор використовувати однократні виміри, які найбільш доцільно проводити індикаторним нутромір з вимірювальними головками МИГ-2 або МИГ-1, де сумарні витрати мінімальні. При контролі корінних опор найбільш доцільним є використання електронної пробки ЦДЗМ, яка має малу похибку вимірювань.

Аналіз стану охорони праці на підприємстві показав, що він знаходиться на задовільному рівні. Потребує покращення стану охорони праці показники мікроклімату на дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології.

Впровадження заходів по охороні праці дозволить знизити рівень травматизму та підвищити якість роботи.

Розглянуті особливості формування економічного ефекту з урахуванням похибки вимірювання.

Проведені розрахунки економічної ефективності від підвищення точності вимірів, у результаті якого виявлено, при контролі шатунних опор найбільш ефективно застосовувати нутромір індикаторний з вимірювальною головкою МИГ2, а контроль корінних опор найбільш ефективно здійснювати електронною пробкою ЦДЗМ.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Лех, С.В. Метрологічне забезпечення ремонтного виробництва / С.В. Лех, О.В. Толстенко // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ГО "Інститут інноваційної освіти" Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – 2020. – С. 113–116.
2. Топ-5 лучших зерноуборочных комбайнов [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/top-5-luchshih-zernouborochnyh-kombajnov>.
3. Волошин Р. В. Обґрунтування ефективних методів діагностування агрегатів мобільних сільськогосподарських машин / Р. В. Волошин, С. В. Калганков. // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти». – 2018. – С. 200–205.
4. Войтюк В. Забезпечення працездатності техніки [Електронний ресурс] / В. Войтюк, А. Демко, С. Войтюк // Пропозиція. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/zabezpechennya-pracezdatnosti-tehniki>.
5. Закон України "Про технічні регламенти та оцінку відповідності" [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2015, - № 14, - с.96.
6. Закон України "Про стандартизацію" [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2014, - № 31, - с.1058.
7. Штангенциркуль [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>
8. Мікрометр [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>
9. Нутромір [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki>

10. ДСТУ ГОСТ 9244:2009 Нутромеры с ценой деления 0,001 И 0,002 мм. Технические условия
11. ДСТУ ГОСТ 868:2009 Нутромеры индикаторные с ценой деления 0,01 мм. Технические условия.
12. Кряжков В. М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники / В. М. Кряжков. – М: Машиностроение, 1989. – 335 с.
13. Головки Д. Б., Основи метрології та вимірювань: / Головки Д. Б., Рого К. Г., Скрипник Ю. О. Навчальний посібник .-К.: Либідь, 2001. -408 с.
14. Шкаруба, Н.Ж. Место и роль метрологической службы в системе менеджмента измерений [Текст] / Н.Ж. Шкаруба, Е.А. Левшанова // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – №6. – С. 56-61.
15. Иванов, А. И. Основы взаимозаменяемости и технические измерения [Текст] / А. И. Иванов. – М.: Колос, 1975. – 493 с.
16. Иванов, А. И. Технические измерения [Текст] / А. И. Иванов. – М.: Колос, 1970. – 255 с.
18. Бондарева Г.И. Входной контроль и метрологическое обеспечение на предприятиях технического сервиса [Текст] / Г.И. Бондарева, О.А. Леонов, Н.Ж. Шкаруба // Сельский механизатор. – 2017. – № 4. – С. 36-38
19. ДСТУ 9027:2020 Системи управління якістю. Настанови щодо входного контролю продукції.
20. Архипов В.С. Внедрение и совершенствование системы управления качеством продукции на ремонтных предприятиях [Текст]: учеб. пособие. – М.: Машиностроение, 1991. – 40 с.
21. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч.-В.Д. Мягков и др.-б-изд., перераб. и доп. -Л. : Машиностроение, 1982. -ч.1, 543 с.
22. Допуски и посадки. Справочник.В 2-х ч.-В.Д. Мягков и др.-б-юд., перераб. и доп. -Л. : Машиностроение, 1982. -ч.2, 448 с.
23. Цюцюра С. В., Цюцюра В. Д. Метрологія, основи вимірювань, стандартизація та сертифікація: Навч. посіб. — 3 –тє вид., стер. — К.: Знання, 2006. — 241 с.

24. Ремонт машин та обладнання: підручник для вищих навчальних закладів / [Дирда В.І., Мельянцов П.Т., Калганков, Є.В. та ін.]. – Дніпропетровськ: Журфонд, 2015. – 292 с.

25. Мельянцов П.Т. Методичні рекомендації «Організація та технологія ремонту МТП в умовах сільськогосподарського підприємства» / Мельянцов П.Т., Калганков Є.В., Кириленко О.І. – Д.: ДДАУ, 2010. – 125 с.

26. Дорожовець М. та ін. Основи метрології та вимірювальної техніки: У 2 т. / М. Дорожовець, В. Мотало, Б. Стадник, В. Василюк, Р. Борек, А. Ковальчик; За ред.. Б. Стадника. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2005. — Т. 1. Основи метрології. — 532 с.

27. Закон України “Про охорону праці” / Законодавство України про охорону праці. - К. Нова редакція 2002 р.

28. НПАОП 0.00 – 7.11 – 12 "Загальні вимоги стосовно забезпечення роботодавцями охорони праці працівників".

29. ДСН 3.3.6.037-99 „Державні санітарні норми шуму, ультразвуку та інфразвуку”.

30. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”.

31. ДБН В.2.5-28-2018 "Природне і штучне освітлення".

32. ДСН 3.3.6.039-99 „Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації”.

33. НАПБ Б.03.002-2007 „Правилах пожежної безпеки в Україні”.

34. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу : підручник /. В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.

35. Сокол С.П. Методичні рекомендації до виконання і оформлення дипломних проєктів ОКР "Бакалавр" за напрямом підготовки 6.100102 "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва і дипломних робіт ОКР "Магістр" за спеціальністю 8.1001023 "Механізація сільського господарства" / С.П. Сокол, Б.Г. Харченко – Д.: ДДАУ, 2013. – 44 с.

## **ДОДАТКИ**

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра надійності і ремонту машин**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
СЕРВІСНИХ ВИРОБНИЦТВ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Доповідач: Лех С.В.

Керівник: доц. к.т.н. Толстенко О.В.

**Метою роботи** є розробка способів і методів удосконалювання метрологічного забезпечення ремонтних підприємств АПК на основі впровадження процесного підходу й наукового обґрунтування раціональної точності вимірювань, що забезпечують зниження втрат від браку й витрат при контролі якості в ремонтному виробництві.

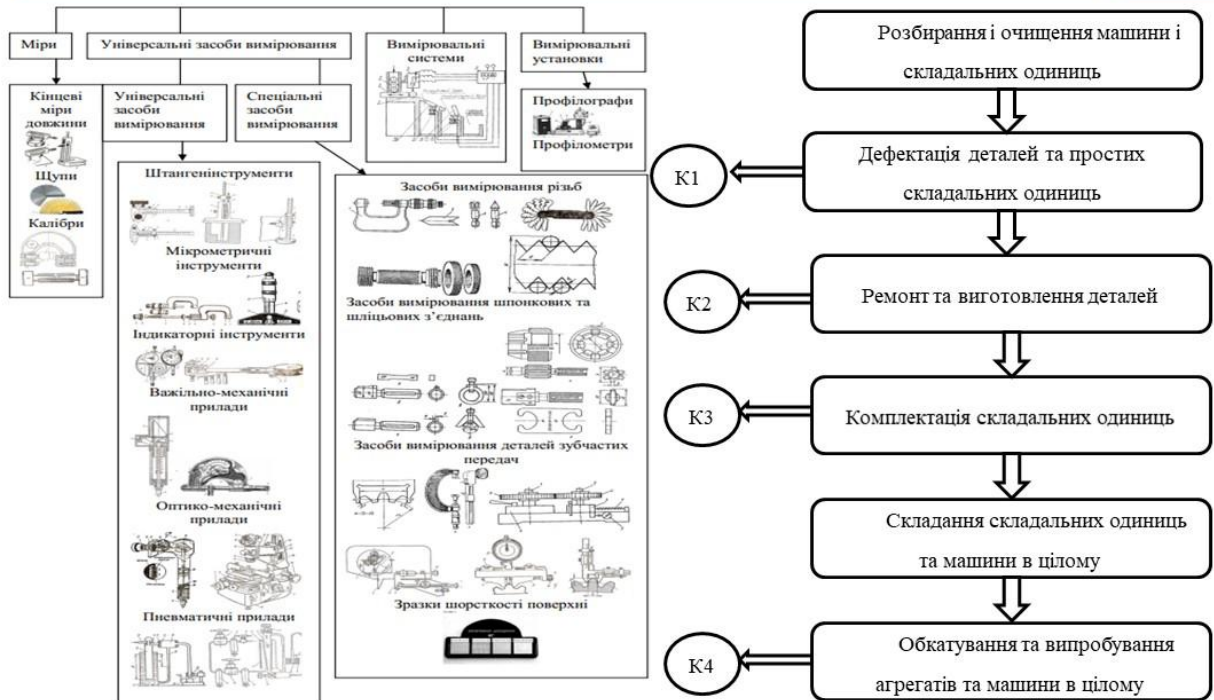
### Задачі досліджень

1. Визначити основні проблеми й обґрунтувати необхідність удосконалення метрологічного забезпечення вимірів на ремонтних підприємствах; розробити функціональну модель організації системи керування метрологічним забезпеченням вимірювань і методику оцінки ризиків вимірювальних процесів;
2. Розробити методи й засоби для оцінки впливу похибки вимірів на імовірнісні характеристики розподілу контрольованих параметрів деталей і параметрів з'єднань із зазором і натягом;
3. Розробити методику й оцінити втрати від похибки вимірювань по кожному місці їх виникнення;
4. Опробувати розроблену методику вибору засобів вимірювання при ремонті для відповідальних елементів найбільш важливих деталей двигунів внутрішнього згоряння;
5. Провести заходи з удосконалення стану охорони праці.
6. Провести техніко-економічну оцінку роботи.



# ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕС РЕМОНТУ АГРЕГАТІВ З ЕЛЕМЕНТАМИ КОНТРОЛЮ

3



# ВИБІР ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ

4

Метрологічне забезпечення сервісних підприємств має такі задачі:

- одержання достовірної виміральної інформації при виконанні робіт з технічного сервісу;
- підтримка та контроль виміральної засобів у робото здатному стані;
- підготовка кадрів.

Вибираємо універсальні засоби вимірювання отвору і вала вибраної посадки за умовою

$$\Delta_{\text{lim}} \leq \delta,$$

$\Delta_{\text{lim}}$  - гранична похибка засобу вимірювання, мкм

$\delta$  – допустима похибка вимірювання, мкм

Вимірюваний параметр	Засіб вимірювань	Діапазон показань, мм	Діапазон вимірювань, мм	Ціна поділки, мм	Похибка вимірювань *, мм
Корінна шийка	Скоба важільна СРП 125-0,001	±0,014	100-125	0,002	±0,001
Корінна опора	Нутромір індикаторний підвищеної точності цифровий НИЦПТ	-	0-160	0,001	±0,002

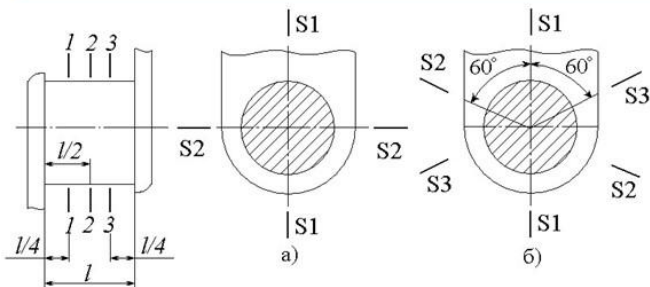
# ТОЧНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ ЯМЗ 238

5

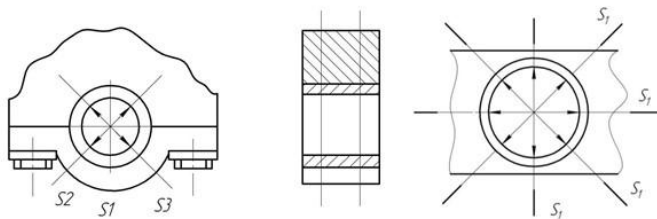
Найменування контролюваного розміру	Номинальний розмір, мм	Допуск, мм	Розміри по кресленню, мм
Корінна опора	$110^{+0,132}_{-0,108}$	0,024	<i>P1</i> – 109,75 $^{+0,132}_{-0,108}$ ¶ <i>P2</i> – 109,50 $^{+0,132}_{-0,108}$ ¶ <i>P3</i> – 109,25 $^{+0,132}_{-0,108}$ ¶ <i>P4</i> – 109,00 $^{+0,132}_{-0,108}$ ¶ <i>P5</i> – 108,75 $^{+0,132}_{-0,108}$ ¶ <i>P6</i> – 108,50 $^{+0,132}_{-0,108}$ ¶
Шатунна опора	$88^{+0,111}_{-0,076}$	0,035	<i>P1</i> – 87,75 $^{+0,111}_{-0,076}$ ¶ <i>P2</i> – 87,50 $^{+0,111}_{-0,076}$ ¶ <i>P3</i> – 87,25 $^{+0,111}_{-0,076}$ ¶ <i>P4</i> – 87,00 $^{+0,111}_{-0,076}$ ¶ <i>P5</i> – 86,75 $^{+0,111}_{-0,076}$ ¶ <i>P6</i> – 86,50 $^{+0,111}_{-0,076}$ ¶

# МЕТОДИКА МІКРОМЕТРАЖУ КОЛІНЧАТОГО ВАЛУ ТА ПОСТІЛІ БЛОКУ ЦИЛІНДРІВ

6



Розташування перетинів і площин вимірювань при оцінці закону розподілу дійсних розмірів корінних шийок колінчатого вала при положенні шатунних шийок під кутом  $90^{\circ}$  і  $180^{\circ}$  (а) і  $120^{\circ}$  (б)

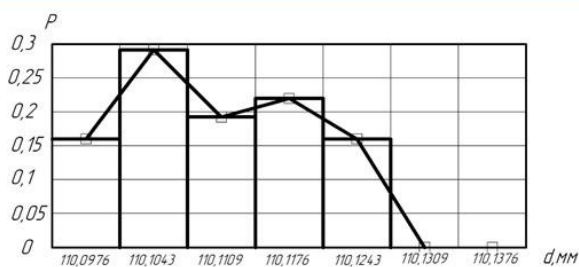


Розташування перетинів і площин при оцінці закону розподілу дійсних діаметрів корінних опор у зборі із вкладищами колінчатого вала

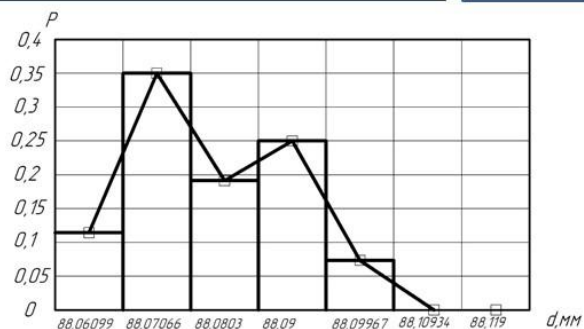


# РОЗПОДІЛ РОЗМІРІВ НОВИХ ТА ВІДРЕМОНТОВАНИХ ШИЙОК КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ

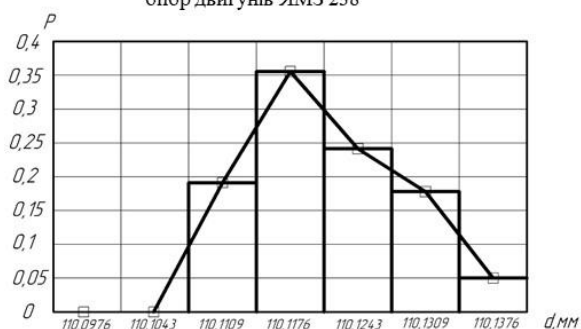
7



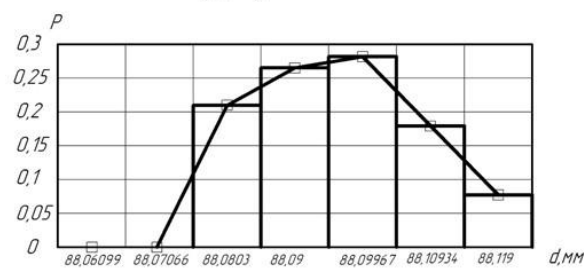
Гістограма, полігон розподілу діаметрів нових корінних  
опор двигунів ЯМЗ 238



Гістограма, полігон розподілу діаметрів нових шатунних  
опор двигунів ЯМЗ 238



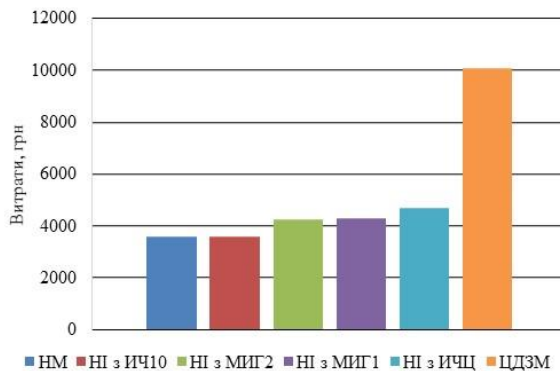
Гістограма, полігон розподілу діаметрів відремонтованих  
корінних опор двигунів ЯМЗ 238



Гістограма, полігон розподілу діаметрів відремонтованих  
шатунних опор двигунів ЯМЗ 238

## ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ВИТРАТ НА ВИМІРЮВАННЯ ВІД ВИДУ Й ПОХИБКИ ЗАСОБУ ВИМІРЮВАННЯ

8



Сумарні річні витрати на придбання та обслуговування вимірювальних приладів

НМ - Нутромір мікрометричний

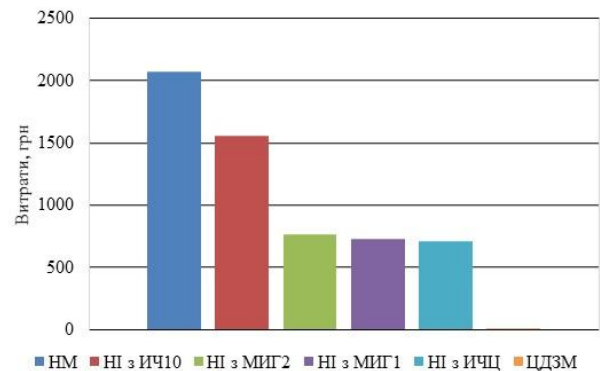
НІ з ІЧ10 – нутромір індикаторний з індикатором годинникового типу

НІ з МИГ2 – нутромір індикаторний з багатообертовий індикатор годинникового типу 2 класу

НІ з МИГ1 – нутромір індикаторний з багатообертовий індикатор годинникового типу 1 класу

НІ з ІЧЦ – нутромір індикаторний з індикатором годинникового типу цифровим

ЦДЗМ – Електронна пробка



Сумарні витрати пов'язані з похибкою вимірювання

## ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

9

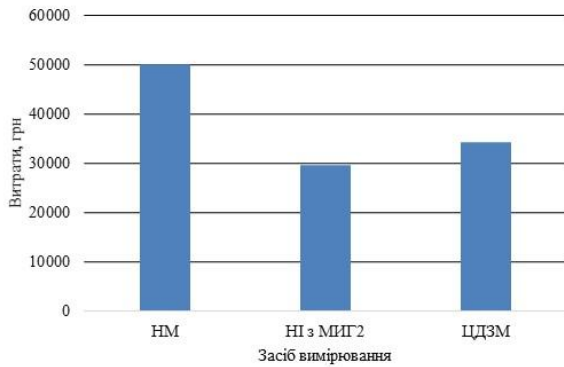


Кабінет з охорони праці в  
ДП «Дніпростандартметрологія»

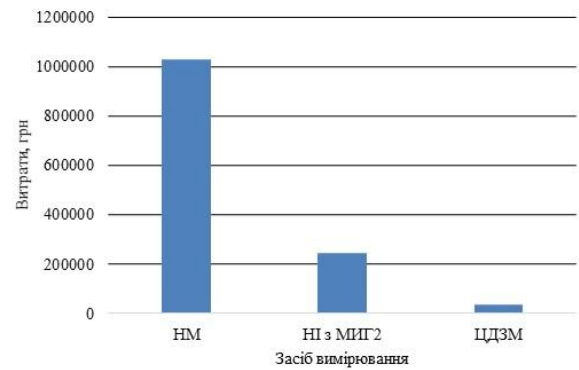


Кількісний аналіз захворюваності



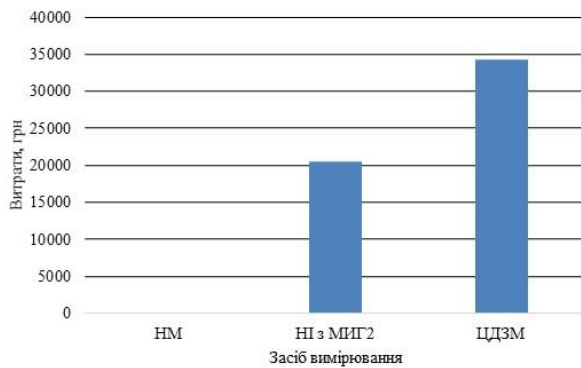


Річні витрати від заміни засобу вимірювання при контролі якості шатунних опор (річна програма 500 двигунів)

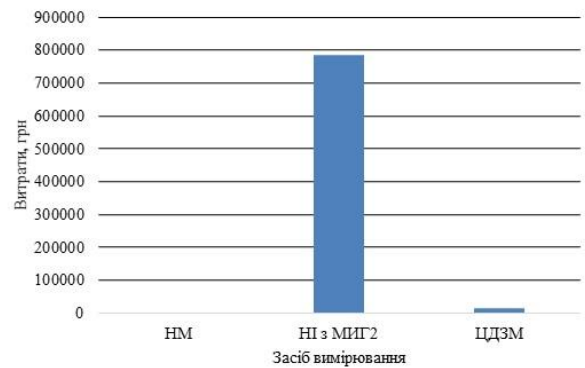


Річні витрати від заміни засобу вимірювання при контролі якості корінних опор (річна програма 500 двигунів)





Економічний ефект від заміни засобу вимірювання при контролі якості шатунних опор (річна програма 500 двигунів)



Економічний ефект від заміни засобу вимірювання при контролі якості корінних опор (річна програма 500 двигунів)

Проведені розрахунки економічної ефективності від підвищення точності вимірів, у результаті якого виявлено, при контролі шатунних опор найбільш ефективно застосовувати нутромір індикаторний з вимірювальною головкою МИГ2, а контроль корінних опор найбільш ефективно здійснювати електронною пробкою ЦДЗМ.

Розглянуті існуючі методи контролю зношування розмірів і відхилень, а також основи проведення мікрометражу деталей.

Розроблена методика проведення вимірювань шатунних і корінних опор двигуна. Обґрунтовано проведення вимірювань у двох перетинах по трьом площинам, два з яких перебувають на відстані 7 - 10° від площини рознімання для можливості контролю відхилення по довжині вкладиша, а третє перпендикулярно площини рознімання.

У результаті аналізу точності обробки корінних і шатунних шийок, виявлено, що при контролі шатунних придатними є 91,33 % опор, 1,46 % мають поправний брак і 7,21 % - непоправний брак. При контролі корінних опор 91,4 % є придатними, 1,39 % мають поправний брак і 7,21 % є непоправно бракованими.

Аналіз витрат на виміри від виду й похибки показав, що зі збільшенням точності вимірювань, витрати зростають. При застосуванні методики багаторазових спостережень витрати стають значно більше через ріст заробітної плати контролерів, залежно від зменшення похибки засобу вимірювань, витрати знижуються. При аналізі втрат із-за помилок контролю й від неправильного забракування й прийняття деталей, виявлено, що зі збільшенням точності вимірювань, втрати мають тенденцію до зниження. При застосуванні методики багаторазових вимірювань, втрати зменшуються й стають приблизно рівними для всіх засобів вимірювань, при цьому найбільш виграшну позицію займає електронна пробка ЦДЗМ.

Рекомендується для шатунних опор використовувати однократні виміри, які найбільш доцільно проводити індикаторним нутроміром з вимірювальними головками МИГ-2 або МИГ-1, де сумарні витрати мінімальні. При контролі корінних опор найбільш доцільним є використання електронної пробки ЦДЗМ, яка має малу похибку вимірювань.

Аналіз стану охорони праці на підприємстві показав, що він знаходиться на задовільному рівні. Потребує покращення стану охорони праці показники мікроклімату на дільниці повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки та метрології.

Впровадження заходів по охороні праці дозволить знизити рівень травматизму та підвищити якість роботи.

Розглянуті особливості формування економічного ефекту з урахуванням похибки вимірювання.

Проведені розрахунки економічної ефективності від підвищення точності вимірів, у результаті якого виявлено, при контролі шатунних опор найбільш ефективно застосовувати нутромір індикаторний з вимірювальною головкою МИГ2, а контроль корінних опор найбільш ефективно здійснювати електронною пробкою ЦДЗМ.

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ  
Науково-навчальний центр прикладної інформатики

ІНСТИТУТ ІННОВАЦІЙНОЇ ОСВІТИ

**АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ РОЗВИТКУ НАУКИ В  
КОНТЕКСТІ ГЛОБАЛЬНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ  
ІНФОРМАЦІЙНОГО СУСПІЛЬСТВА**

МАТЕРІАЛИ

III Міжнародної науково-практичної конференції

*23–24 жовтня 2020 р.*

*м. Київ*

Київ  
Інститут інноваційної освіти  
2020

УДК 001(063):378.4 (Укр)  
ВБК 72я43  
А43

*До збірника увійшли матеріали наукових робіт (тези доповідей, статті), надані згідно з вимогами, що були заявлені на конференцію.*

*Роботи друкуються в авторській редакції, мовою оригіналу.  
Автори беруть на себе всю відповідальність за зміст поданих матеріалів.  
Претензії до організаторів не приймаються.  
При передруку матеріалів посилання обов'язкове.*

**А43** **Актуальні проблеми розвитку науки в контексті глобальних трансформацій інформаційного суспільства** : Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 23–24 жовтня 2020 р.) / ГО «Інститут інноваційної освіти»; Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти», 2020. – 120 с.

Матеріали конференції рекомендуються освітянам, науковцям, викладачам, здобувачам вищої освіти, аспірантам, докторантам, студентам вищих навчальних закладів тощо<sup>1</sup>.

Відповідальний редактор: С.К. Бурма  
Коректор: П.А. Немкова

Матеріали видано в авторській редакції.

УДК 001(063):378.4 (Укр)

© Усі права авторів застережені, 2020  
© Інститут інноваційної освіти, 2020  
© Друк ФОП Москвін А.А., 2020

Підписано до друку 30.10.2020. Формат 60x84/16.  
Віддруковано з готового оригінал-макету.  
Папір офсетний. Друк цифровий. Гарнітура Charter. Ум. друк. арк. 6,96.  
Зам. № 3010/20-13. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить змішаними мовами: укр., англ.

Виготовник: ФОП Москвін А.А. Цифрова друкарня «Сору Арт».  
69095, Запоріжжя, просп. Соборний, 109. Тел.: (061) 708-08-80  
Інститут інноваційної освіти: e-mail: novaoevita@gmail.com; сайт: www.novaoevita.com

Видання здійснене за експертної підтримки  
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України  
03600, Київ-187, просп. Академіка Глушкова, 40.

<sup>1</sup> [Рішення № 12](#) [Порядку присудження наукових ступенів затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2018 р. № 567](#)  
[№ 28](#) [Постанови Кабінету Міністрів України від 30 грудня 2018 р. № 1187](#) «Про затвердження ліцензійних умов провадження освітньої діяльності»  
[№ 18](#) [Постанови Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 882](#) «Про підаток оподаткування авторських прав»

#### Список використаних джерел

1. Афанасьев И. А. Шляхи підвищення післяремонтної надійності турбокомпресорів автотракторних двигунів / І. А. Афанасьєв, Є. В. Калганков // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej. – Warszawa – 2016. – С. 6–11.
2. Плаксин А. М. Продление срока службы турбокомпрессоров автотракторной техники применением гидроаккумулятора в системе смазки / Плаксин А.М., Гриценко А.В., Бурцев А.Ю., Глемба К.В., Лукомский К.И. // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–4. – С. 728–732;
3. Бурцев А. Ю. Повышение эксплуатационной надежности турбоком- прессоров двигателей внутреннего сгорания // Материалы III междунар. науч.-техн. конф. «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. д. т. н. Н. С. Сергеева. Челябинск, 2013. С. 28–34.
4. Турбокомпрессор ТКР-11-238НВ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://kompresor.org.ua/turbokompresory/105-tkr-11-238nb.html>.
5. Ханин Н.С. Автомобильные двигатели с турбонаддувом / Ханин Н.С., Аболтин Э.В., Лямцев Б.Ф. – М.: Машиностроение, 1991. – 336 с.

УДК 620.1.631.372

*С.В. Лех,*

здобувач вищої освіти ступеня магістра  
інженерно-технологічного факультету

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

*О.В. Толстенко,*

кандидат технічних наук, доцент кафедри надійності і ремонту машин  
інженерно-технологічного факультету

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

#### МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА

**Анотація.** В статті розглянуто стан та проблеми машино-тракторного парку України. Наведено взаємозв'язок між якістю продукції сервісних послуг (ремонтно-обслуговуючих робіт) та метрологічним забезпеченням. Розглянуто задачі метрологічного забезпечення підприємств технічного сервісу та шляхи підвищення точності засобів вимірювання.

**Ключові слова;** метрологія, метрологічне забезпечення, технічний сервіс, сервісне обслуговування.

**Загальна суть проблеми.** На полях України сьогодні працює безліч різноманітної техніки, починаючи від найпростішої виробленої багато десятиліть тому до найсучаснішої високотехнологічної яка керується штучним інтелектом. І дійсно на полі можуть поряд працювати комбайн НІВА СК-5 70х років випуску і найкращий комбайн Claas LEXION 8900 [1], а ще на полях працює відновлена техніка яка була придбана за кордоном у

віці 5-7 років і зараз їх вік становить 12-15 років і вони потребують частих ремонтів [2]. Також згідно досліджень [3] машини старіють, зношуються та ламаються і на їх ремонт витрачається близько 9 млрд. грн., що робить технічний сервіс техніки дуже значущим. Також встановлено, що 40-45 % деталей можна відновити і використовувати повторно, 30-35 % деталей можуть використовуватись повторно без ремонту але тут на передній план виходить дефектація деталей та її метрологічне забезпечення. Саме від якісно проведених дефектувальних робіт буде встановлено до якої групи потрапить та чи інша деталь. В зв'язку з цим якісне метрологічне забезпечення та точність вимірювань буде впливати на вартість сервісних робіт. Тому розширення метрологічного забезпечення та точність вимірювань є однією з найважливіших напрямків метрології.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Основні визначення та терміни метрології наведено в Законі України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [4]. Саме цей закон починає регламентувати діяльність повірочних метрологічних станцій та пов'язує випробувальні лабораторії споживача та виробника але робота сервісних підприємств щодо метрологічного забезпечення цим законом не регламентується, що робить дотримання метрологічних правил керівниками сервісних підприємств не обов'язковим і як правило носить добровільний характер.

Автори роботи [5] пов'язують якість продукції (послуги сервісу в нашому випадку) з метрологічним забезпеченням та наводять фактори, що на неї впливають (рис. 1).



Рис. 1. Фактори, що впливають на якість продукції

Як видно методи та засоби вимірювань та кадри займають провідні місця бо спираючись саме на результати вимірювання будуть прийматись рішення.

На сьогодні метрологічна система сервісних підприємств перебуває в стадії реформування тому потребує удосконалення.



**Мета роботи.** Удосконалення метрологічного забезпечення підприємств технічного сервісу та підвищення точності вимірювань.

**Виклад основного матеріалу.** Метрологічне забезпечення сервісних підприємств має такі задачі:

- одержання достовірної вимірювальної інформації при виконанні робіт з технічного сервісу;
- підтримка та контроль вимірювальних засобів у робото здатному стані;
- підготовка кадрів.

Сервісна служба агропромислового комплексу має декілька рівнів і звісно метрологічне забезпечення цих підприємств має бути різним, але показники вимірювань не повинні різнитись. Тому необхідні загальні методики вибору вимірювальних засобів, методики проведення вимірювань, методики проведення діагностичних робіт та післяремонтного контролю. Для цього потрібні зв'язки виробництва зі споживачем продукції і звісно зв'язок з фаховими вищими навчальними закладами та науковими центрами.

Служба технічного сервісу може бути у господарстві і у великого дилера, звісно програми ремонтно-обслуговуючих робіт таких підприємств буде різний і тому для господарства доцільно використовувати для вимірювань універсальні засоби вимірювання, для серійних виробництв (дилерські майстерні) доцільне використання спеціальних вимірювальних засобів, які пришвидшать процес контролю та вимірювань бо на таких підприємствах як правило вимірюються однотипні деталі.

Для прикладу розглянемо вибір засобів вимірювання для звичайного

з'єднання «отвір-вал» для посадки з'єднання  $\varnothing 68 \frac{N7}{h6}$

Вибираємо універсальні засоби вимірювання отвору і вала вибраної посадки за умовою:

$$\Delta_{\text{вим}} \leq \delta.$$

де  $\Delta_{\text{вим}}$  – гранична похибка засобу вимірювання, мкм [6];

$\delta$  – допустима похибка вимірювання, мкм [6].

Для отвору  $\varnothing 68 H(\frac{+0.030}{-0.030})$  з допуском  $T_b = 30$  мкм і допустимою похибкою вимірювання  $\delta = 9$  мкм вибирається індикаторний нутромір з вимірювальною голівкою з ціною поділки 0,001 при роботі у межах ділянки 0,1 мм, у якого  $\Delta_{\text{вим}} = 6,5$  мкм.

Для вала  $\varnothing 68 h(\frac{-0.019}{-0.019})$  з допуском  $T_a = 0.019$  мкм і допустимою похибкою  $\delta = 5$  мкм, вибирається мікрометр важільний типу МР та МРІ з ціною поділки 0,002 мм, що настроєний по кінцевим мірам другого класу, у якого  $\Delta_{\text{вим}} = 5$  мкм.

Якщо на спеціалізованих сервісних підприємствах більш-менш дотримуються правильності вибору вимірювальних засобів то в майстернях господарств вимірювання проводяться мікрометрометром і нутроміроміром оснащеним індикаторною голівкою з ціною поділки 0.01 мм. Використання таких вимірювальних засобів знижує якість ремонтних робіт, а також підвищує вартість ремонту.

**Висновки.** Метрологічне забезпечення підприємств технічного сервісу має велике значення і суттєво впливає на якість та вартість кінцевої продукції. Необхідно на законодавчому рівні створювати умови для співпраці виробництва з метрологічними центрами та науковими центрами вишів.

#### Список використаних джерел

1. Топ-5 лучших зерноуборочных комбайнов [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://aggeek.net/ru-blog/top-5-luchshih-zernouborochnyh-kombajnov>.
2. Волошин Р.В. Обґрунтування ефективних методів діагностування агрегатів мобільних сільськогосподарських машин / Р.В. Волошин, Є.В. Калганков. // Інтеграція світових наукових процесів як основа суспільного прогресу Науково-учбовий центр прикладної інформатики НАН України. – Київ : ГО «Інститут інноваційної освіти». – 2010. – С. 200–205.
3. Войтюк В. Забезпечення працездатності техніки [Електронний ресурс] / В. Войтюк, А. Демко, С. Войтюк // Пропозиція. – 2008. – Режим доступу до ресурсу: <https://propozitsiya.com/ua/zabezpechennya-pracездatnosti-tehniki>.
4. Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність» 2119-VIII від 22.06.2017. – Чинний від 2010-09-01. – К.: Мінрегіонбуд України. – 85 с.
5. Кряжков В.М. Надежность и качество сельскохозяйственной техники / В.М. Кряжков. – М: Машиностроение, 1989. – 335 с.
6. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. / В.Д. Мягков и др. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – ч.1, 543 с.



<i>А.Р. Огородник,</i> СОЦІАЛЬНА АДАПТАЦІЯ ВНУТРІШНЬО ПЕРЕМІЩЕНИХ ОСІБ У ДІЯЛЬНОСТІ НЕДЕРЖАВНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ.....	96
<i>Г.І. Черетінська, О.В. Швед,</i> ОСОБЛИВОСТІ ТА НАПРЯМИ ДІЯЛЬНОСТІ ФАХІВЦІВ ПСИХОЛОГІЧНОЇ СЛУЖБИ ЗАКЛАДУ ЗАГАЛЬНОЇ СЕРЕДНЬОЇ ОСВІТИ ТА ОЦІНКА ЇХ ЯКОСТІ.....	103

**Розділ 12  
ТРАНСПОРТ**

<i>Б.П. Дикий,</i> ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДВИГУНІВ ВНУТРІШНЬОГО ЗГОРАННЯ ТА ШЛЯХИ ЇЇ ПІДВИЩЕННЯ .....	109
<i>С.В. Лех, О.В. Толстенко,</i> МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕМОНТНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	113

---

Підписано до друку 30.10.2020. Формат 60x84/16. Папір офсетний білий.  
Гарнітура «Schlager». Друк цифровий. Ум. друк. арк. 6,90.  
Зам. № 3010/20-13. Тираж 100 прим. Ціна договірна. Виходить змішаними мовами: укр., англ.

Віддруковано з готового оригінал-макета ФОП Москвін А.А.  
м. Запоріжжя, просп. Соборний, 109.

Інститут інноваційної освіти. Науково-навчальний центр прикладної інформатики НАН України  
e-mail: novosovita@gmail.com; сайт: www.novosovita.com

Видання здійснене за експертної підтримки  
Науково-навчального центру прикладної інформатики НАН України  
03600, Київ-107, просп. Академіка Глушкова, 40