

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Механічний факультет

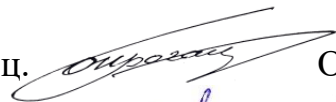
Кафедра метрології та БЖД

## ДИПЛОМНА РОБОТА

магістра

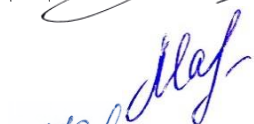
### ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЧІТКИХ ВИМІРЮВАНЬ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук



М. В. Москаленко

Керівник, канд. техн. наук, доц.



О. А. Коваль

Студент гр. ММ-61-21



Я. С. Лисаченко

Харків — 2022

# ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО—ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний  
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності  
Освітній рівень магістр  
Спеціальність 152 «Метрологія та вимірювальна техніка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**

*Олександр О. І. Богатов*  
«19» вересня 2022 р.

## **ЗАВДАННЯ** **НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**Лисаченко Ярославу Сергійовичу**

1. Тема роботи: "Дослідження нечітких вимірювань неелектричних величин в інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах".

Керівник роботи Коваль Олександр Андрійович, к.т.н. доцент



Затверджені наказом по університету від " 4 " жовтня 2022р. № 102 .

2. Строк подання студентом роботи 15 грудня 2022р.

3. Вхідні дані до роботи 1). Методи вимірювання основних технічних параметрів автогрейдера. 2). Достовірність вимірювань інформативних параметрів автогрейдера 3). Методика нечітких вимірювань параметрів динамічного режиму роботи автогрейдера 4). Результати експериментальних досліджень динамічних режимів роботи автогрейдера з використанням нечітких вимірювань. 5). Кількість вимірюваних параметрів — шість

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Вступ; 2. Порівняльна характеристика методів вимірювання основних технічних параметрів автогрейдера; 3. Розробка методики нечітких вимірювань параметрів динамічного режиму роботи автогрейдера; 4. Результати експериментальних досліджень динамічних режимів роботи автогрейдера з використанням нечітких вимірювань 5. Охорона праці і навколишнього середовища; 6. Висновок; 7. Перелік посилань.


5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): плакати (слайди) ; 1 Результати досліджень у вигляді схем та графіків. 6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються:


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
4	Богатов О. І.		

7. Дата видачі завдання « 19 » вересня 2022 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення літератури.	20.09.2022	виконано
2	Порівняльна характеристика методів вимірювання основних технічних параметрів автогрейдера.	19.10.2022	виконано
3	Методика нечітких вимірювань параметрів динамічного режиму роботи автогрейдера.	1.11.2022	виконано
4	Результати експериментальних досліджень динамічних режимів роботи автогрейдера з використанням нечітких вимірювань	11.11.2022	виконано
5	Охорона праці і навколишнього середовища.	15.11.2022	виконано
6	Формулювання висновків.	24.11.2022	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки.	7.12.2022	виконано
8	Створення презентації в PowerPoint.	14.12.2022	виконано
9	Подання роботи керівнику.	15.12.2022	виконано
10	Подання роботи на рецензію.	16.12.2022	виконано
11	Допуск до захисту.	17.12.2022	виконано

Студент гр. ММ-61-21  Лисаченко Я. С.  
(підпис)

Керівник роботи  Коваль О. А.  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 88 с., 13 рис., 2 табл., 1 додаток, 16 джерел.

АВТОГРЕЙДЕР, ВІБРАЦІЇ, ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ,  
ДОСТОВІРНІСТЬ, НЕЧІТКИ ВИМІРЮВАННЯ, РЕЖИМИ РОБОТИ,  
ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ

Об'єкт дослідження — інформативна система параметрів динамічного режиму роботи автогрейдера.

Мета роботи — підвищення достовірності вимірювань інформативних параметрів автогрейдера з впровадженням нечітких вимірювань.

Метод дослідження — методи нечіткої логіки, методи прямого експерименту, статистичного та часового аналізу даних вимірювань шестиканальної інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи автогрейдера.

Предмет дослідження — вимірювані параметри автогрейдера в динамічному режимі.

В магістерській роботі проведені дослідження достовірності вимірювань неелектричних величин з впровадженням нечітких вимірювань, розроблена структура та алгоритм нечітких вимірювань, визначено кількість інформативних вимірювальних параметрів і періодичність їх вимірювання для кожного режиму роботи динамічної системи, а також представлена інформаційно-вимірювальна система інформативних параметрів автогрейдера.

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Порівняльна характеристика методів вимірювання основних технічних параметрів автогрейдера .....	9
1.1 Достовірність вимірювань інформативних параметрів автогрейдера...	9
1.2 Види вимірювань при технічній діагностиці дорожніх машин .....	11
1.3 Допускові параметри основних систем приводів.....	17
1.4 Висновки до розділу.....	21
2 Методика нечітких вимірювань параметрів динамічного режиму роботи автогрейдера .....	22
2.1 Сутність методу нечітких вимірювань .....	22
2.2 Методика проведення тензометричних досліджень.....	24
2.3 Дослідження із застосуванням датчиків опору.....	28
2.4 Установка тензодатчиків.....	32
2.5 Висновки до розділу.....	35
3 Загальна характеристика режимів роботи землерийно-транспортних машин .....	36
3.1 Загальна характеристика режимів роботи землерийно-транспортних машин.....	36
3.2 Динамічні навантаження .....	38
3.3 Загальна характеристика режимів роботи автогрейдера .....	39
3.4 Висновки до розділу .....	46
4 Результати експериментальних досліджень динамічних режимів роботи автогрейдера з використанням нечітких вимірювань.....	47
4.1 Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень на ДЗк 250В.....	49

4.2 Висновки до розділу .....	59
5 Охорона праці і навколишнього середовища.....	60
5.1 Промислова санітарія.....	62
5.2 Освітлення.....	62
5.3 Пожежна безпека.....	64
5.4 Висновки до розділу.....	67
Висновки.....	68
Перелік посилань.....	70
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи .....	72

Кафедра МБЖД

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,  
ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЦП — аналого-цифровий перетворювач

ДВЗ — двигун внутрішнього згорання

ІВІС — інтелектуальна вимірювальна інформаційна система

ЕОМ — електронно-обчислювальна машина

ККД — коефіцієнт корисної дії

ППР — планово-попереджувальний ремонт

Кафедра МБЖД

## ВСТУП

Успіх сучасного дорожнього будівництва значною мірою визначають ефективністю використання і рівнем технічної готовності засобів механізації. Збільшення будівельних робіт і їх собівартість, умови організації робіт значною мірою залежить від розвитку і стану дорожньо-будівельних машин. Одним з найбільш перспективних шляхів підвищення якості і надійності будівельних машин є їх технічне діагностування.

Технічне діагностування являє собою комплекс організаційно-технічних заходів, що забезпечує виконання задач за контролем і прогнозування технічного стану машини, її складових частин, а також пошук місця і визначення причин відмови.

На перше місце висуваються завдання підвищення точності технічної діагностики і надійності машини. Одним з найбільш перспективних шляхів цього є введення нечітких вимірювань, тобто таких вимірювань, при яких кількість вимірюваних параметрів точно невідома.

Таким чином, створення систем технічної діагностики є невід'ємною передумовою для визначення технічного стану машин і розвитку дорожньо-будівельної галузі.



# 1 ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОГРЕЙДЕРА

## 1.1 Достовірність вимірювань інформативних параметрів автогрейдера

Найважливішою характеристикою якості вимірювань є їх достовірність, вона характеризує довіру до результатів вимірювань і ділить їх на дві категорії: достовірні і недостовірні, залежно від того, відомі або невідомі імовірнісні характеристики їх відхилень від дійсних значень відповідних величин. Достовірність характеризує імовірність того, що дійсне значення вимірюваної величини лежить у вказаних околицях дійсного. Результати вимірювань, достовірність яких невідома, не представляють цінності і у ряді випадків можуть служити джерелом дезінформації. Це дозволяє для кожного конкретного випадку вибирати методи і засоби вимірювань, що забезпечують отримання результату із заданою точністю. Достовірність вимірювань характеризує абсолютно інші аспекти, чим надійність вимірювань. Вимірювання може бути надійним, але недостовірним. Останнє характеризує точність вимірювань по відношенню до того, що існує в реальності.

Розрізняють змістовну, критерійну, поточну, прогнозну і конструктивну достовірність.

Змістова достовірність — суб'єктивна систематична оцінка того, наскільки добре зміст шкали відповідає поставленій меті вимірювання. Дослідник перевіряє, наскільки пункти шкали адекватно покривають всю область вимірювань. Таким чином, шкала, розроблена для вимірювання вібрацій, вважається неадекватною, якщо буде опущена одна з складових вібрацій дорожньої машини в цілому. Враховуючи суб'єктивну природу даного показника, оцінки змістовної достовірності буде недостатньо при вимірюванні достовірності шкали, проте вона допомагає правильно інтерпретувати отримані результати.

Критерійна достовірність відображає, наскільки використовувана шкала відповідає вибраним значущим критерійним змінним.

Поточна достовірність визначається, коли дані, отримані на основі використання шкали, і відомості про критерійні змінні збираються одночасно.

Для оцінки прогнозової достовірності дослідник збирає дані оцінок за шкалою в один період часу, а по критерійних змінних — в іншій.

Конструктивна достовірність. Конструктивна достовірність пов'язана з відповіддю на питання, що стосуються конструкції або характеристики, вимірюваною даною шкалою. При оцінці конструктивної достовірності дослідник спробує відповісти на теоретичні питання: чому повинна використовуватися ця шкала і які висновки можна зробити з покладеної в її основі теорії. Таким чином, для оцінки конструктивної достовірності необхідна ґрунтовна теоретична розробка суті конструкцій і їх співвідношення з іншими конструкціями. Конструктивна достовірність складніша за інших у визначенні. Достовірність конструкції включає конвергенційну, дискримінантну і номологічну достовірність.

Конвергенційна (яка сходиться) достовірність показує наскільки шкала позитивно корелює з іншими вимірниками тієї ж конструкції. При цьому не обов'язково отримання всіх значень за допомогою методів звичайного шкалювання.

Достовірність дискримінантна показує, наскільки значення шкали не корелюють з іншими конструкціями, від яких вони імовірно відрізняються. Це пов'язано із зменшенням кореляції між конструкціями, що розрізняються. Дискримінантну достовірність також іноді називають диференційованою.

Номологічна достовірність визначається ступенем кореляції значень конструкцій, витікаючих з теорії. Метролог формулює теоретичну модель з подальшими висновками і перевіркою. Потім складається номологічна мережа з декількох систематично взаємозв'язаних конструкцій.

Таким чином, при впровадженні систем діагностики, автоматичних пристроїв і автоматизованих систем управління в дорожню техніку

достовірність вимірювань має найважливіше значення. Для оцінки достовірності вимірювань необхідно використовувати декілька різних методів або джерел отримання вимірювальної інформації. Всі ці методи та способи вимірювання інформації реалізуються в інформаційно-вимірювальній системі інформативних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера. Розглянемо більш детально основні складові інформаційно-вимірювальної системи автогрейдера в процесі технічної діагностики.

## 1.2 Види вимірювань при технічній діагностиці дорожніх машин

В умовах експлуатації необхідно знати технічний стан кожної конкретної машини. Відмова машини відбувається раптово, але підготовка цієї відмови утворюється протягом визначеного часу: зношування деталей, втомні явища, зміна властивостей мастильних матеріалів і інші процеси залежать від часу й умов експлуатації.

Для завчасного з'ясування результатів цих процесів застосовують технічне діагностування машин (від грецького слова «diagnosticos» — здатний розпізнати). Технічне діагностування являє собою комплекс організаційно-технічних заходів, що забезпечують виконання задач за контролем і прогнозуванням технічного стану машини і (або) її складових частин, а також пошук місця і визначення причин відмови (несправності). Результати діагностування являються підставою для рішення питання про подальший режим експлуатації машини, часу постановки її в ремонт, номенклатуру й обсяг ремонтно-профілактичних робіт, включаючи заміну складових її частин.

Для визначення можливого моменту відмови машини необхідне знання її первинного технічного стану і закономірностей процесів, що обумовлюють зниження її працездатності. Основною проблемою у цій задачі є те, що процеси, які знижують працездатність машин, залежать від умов роботи. Це приводить до того, що їх дія носить досить імовірнісний характер, який не забезпечує необхідної точності прогнозування.

У той же час періодично проведені операції діагностування дозволяють здійснювати необхідне уточнення, що дає можливість з достатньою для практики точністю прогнозувати момент появи відмови або ж наближення до моменту необхідності проведення ремонту. При проведенні технічного діагностування стану машини необхідно, в основному визначити величину її розрегулювання і зносу деталей. Визначення цих величин шляхом безпосереднього вимірювання викликало би необхідність повного розбирання машини, що практично неможливо по економічних і організаційно-технічних поняттях.

Діагностування проводять тільки в тому випадку, якщо можна визначити технічний стан як самої машини, так і її деталей і складових одиниць без розбирання, користуючись тільки зовнішніми даними. Так, наприклад, неточність виготовлення або знос деталей редуктора визначають шляхом аналізу результатів вимірювань шуму і величини вібрації.

Для точної оцінки технічного стану складових одиниць машини за допомогою технічного діагностування застосовують в основному наступні вимірювання:

- акустичні, які дозволяють оцінити величину зносу і розрегулювання кінематичних пар;
- електричні, які дозволяють перевіряти електроапаратуру і деякі складові одиниці (наприклад, придатність сталевих канатів або гальм);
- хімічні, якими оцінюють стан двигунів, змазуючих складових одиниць і гідравлічних систем;
- спектрографічні — дозволяють оцінити величину зносу кінематичних пар.

Розглянемо, які ж вимірювання необхідно проводити при діагностуванні дорожньої машини.

Діагностування мастильної системи. Загальне діагностування мастильної системи визначають шляхом контролю температури, кількості і тиску масла як на холостому ході, так і на робочій швидкості, а також

технічного стану фільтрів і насоса. Значне підвищення тиску свідчить про засмічення мастильної системи або ж про дефект редукційного клапана, а також про використання масла підвищеної в'язкості. Діагностування масляного насоса ґрунтується на визначенні його об'ємної подачі і тиску при температурі масла від 75 °С до 85 °С. Для діагностування фільтрів грубого очищення рекомендується використовувати пристрій, що працює за принципом оцінки перепаду тиску масла до і після фільтра.

Діагностування пневмо і гідросистем. Для швидкої дефектовки несправностей пневмо і гідросистем рекомендується використовувати схеми руху потоків і функціональні циклограми. На схемах руху вказують напрямки руху середовищ для кожного циклу системи у виді цифрових, буквених і умовних позначок. Функціональні циклограми являють собою таблиці, у яких за допомогою букв зазначений стан елементів системи для кожної частини циклу машини, що дозволяє встановлювати їхню взаємодію і послідовність роботи.

Технічне діагностування гідроприводу ґрунтується на аналізі змін об'ємного КПД гідравлічної потужності (добутку витрати робочої рідини на її тиск) і акустичного спектра. Перші два показники застосовують для загального діагностування складових одиниць, що дозволяють встановлювати ступінь економічної доцільності їх подальшої експлуатації. Аналіз акустичного спектра дає можливість локалізувати розташування дефектів. Загальне діагностування гідросистем можна також робити шляхом вимірювання ефективності її роботи при нормальному навантаженні, для цього вимірюють тривалість виконання відповідних робочих рухів і порівнюють її з нормативною тривалістю.

Діагностування фрикціонів і гальм. Загальне діагностування фрикційних муфт зчеплення можна робити при повільному зрушенні з місця цілком загальмованої машини на повній частоті обертання двигуна. Якщо двигун зупинився і затих, то це свідчить про задовільний технічний стан муфти. Якщо двигун не зупиняється, то це означає, що муфта пробуксовує через

несправності: порушено регулювання, відбулося замаслювання або знос фрикційних елементів, спостерігається ослаблення натискних пружин.

Діагностування механізму зчеплення проводять шляхом вимірювання лінійкою величини вільного ходу педалі і визначення різниці частоти обертання ведучих і відомих частин механізму при його роботі під навантаженням за допомогою стробоскопічної лампи або приладу.

Для діагностування гальм ходового пристрою машин використовують стенди. Найбільш поширеними являються стенди, які дозволяють визначати як величину гальмових сил на кожному колесі, так і уповільнення або гальмовий шлях кожного колеса. У першому випадку заміряють опір, що виникає при гальмуванні коліс, а в другому реєструють максимальне кутове уповільнення кожного ролика, його гальмовий шлях і реактивний момент. Діагностування гідравлічних гальмах додатково оцінюють за допомогою діаграм самописців залежність між силою натискання на педаль і гальмову силу. Загальна оцінка технічного стану гальмової системи може бути зроблена за допомогою деселерометрів, працюючих на основі реєстрації величини максимального уповільнення при гальмуванні за допомогою пристроїв, що враховують інерційні сили, які утворюються при гальмуванні. Синхронність дії гальм перевіряють диференціальними електросекундомірами, які дозволяють враховувати різницю в часі включення гальм коліс, розташованих на одній осі машини. Діагностування гальм засновано на застосуванні блок-схем структурно-причинних зв'язків, що забезпечують можливість швидкого виявлення дефектів і розрегулювання. У цих блок-схемах зазначений взаємозв'язок між причинами і наслідками різних ушкоджень машин. При локалізації дефектів гальм рекомендується звертати увагу на гальмові пружини, технічний стан яких оцінюють по розвиваючому і реєструючому зусиллю, за допомогою перетворювачів тиску, а також на опір обмоток котушок електромагнітних гальм. Початковий зазор у магнітопроводі гальма заміряють звичайним вимірювальним інструментом. Еліпсність гальмових барабанів визначають за допомогою термошупів шляхом вимірювання

температури на поверхні ободу: максимальна температура ободу буде в місцях найбільшого тертя шківів об гальмові накладки.

Діагностування передач. При діагностуванні коробки передач проводять вимірювання шумів та вібрацій.

Діагностування підшипників котіння проводять з використанням акустичних і механічних способів, а також контролю їхньої температури на дотик.

Діагностування карданної передачі проводять шляхом вимірювання її окружного люфту в карданах і шліцьових з'єднаннях, частоти вібрацій та стороннього шуму. Діагностування пневматичного ходового пристрою машин полягає у визначенні розрегулювання кутів установки коліс за допомогою стендів і пристосувань. Стан шин перевіряють шляхом порівняння установленої величини тиску, який знаходиться в їх повітрі і зазначеними нормативними даними, в паспорті машини. Наявність сторонніх металевих предметів у шинах установлюється портативними метало індикаторами.

Для виявлення витoku повітря із шин застосовують прилади, що працюють за принципом перетворення ультразвуку в звук, сприйманий вухом людини. Повітря, що рухається з великою швидкістю з невеликих отворів (діаметром менш 0,05 мм), викликає ультразвук, який фіксується приладом.

Діагностування гусеничного ходового пристрою складається з установлення величини зносу гусеничних коліс, якості регулювання їх натягу, визначення зазорів у підшипниках, зносу направляючих коліс опорних роликів і перевірки герметичності ущільнень.

Службу технічного діагностування машин організують за допомогою стаціонарних діагностуючих станцій, які обслуговують мобільні будівельні машини типу автокранів, навантажувачів на пневматичному ходовому пристрої, автогрейдерів і мобільних діагностичних станцій, призначених для обстеження малорухомих машин типу екскаваторів, баштових кранів безпосередньо на місці їх експлуатації.

Стаціонарні діагностуючі станції розміщують в окремих приміщеннях, у яких передбачені дві лінії:

- лінія загального діагностування, розташовувана в складі ліній технічного обслуговування і призначена для визначення придатності або непридатності машини для подальшої експлуатації без вказівки її конкретних несправностей;

- лінія заглибленого діагностування, розташовувана як продовження першої лінії і призначена для встановлення конкретних причин несправностей і ухвалення рішення про необхідність напрямку машини в черговий ремонт.

Порядок проведення діагностування складається із збору й аналізу зведень про роботу машини, її візуального огляду, інструментального дослідження і видачі діагнозу.

Результати діагностування заносять у спеціальну карту, у якій указують (у графі «Стан») виявлені дефекти і (у графі «Висновок») необхідні для їх усунення міри. Наприкінці карти механік—оператор який проводить діагностування, дає висновок про технічний стан машини й у разі потреби — про направлення машини на позачерговий ремонт або технічне обслуговування.

Мобільні діагностуючі установки, укомплектовані необхідним устаткуванням, розміщують на автомашинах. З їхньою допомогою проводять діагностування безпосередньо на місцях експлуатації машини. Результати цієї операції також заносяться в карту діагностування.

Дані діагностичних аналізів і складені на їх основі прогнози надходять на диспетчерський пункт, на якому коректують розроблені заходи ППР.

Таким чином, проведений аналіз свідчить про те, що не дивлячись на тяжкі умови експлуатації і жорсткі вимоги до надійності, діагностика дорожніх машин на сьогодні носить лише фрагментарний та періодичний характер.

### 1.3 Допускові параметри основних систем приводів



Контроль технічного стану двигуна без його розбирання в першому наближенні здійснюється за показниками контрольно—вимірювальних приладів. По тиску масла, яке повинне знаходитися в межах від  $1,7 \text{ кгс/см}^2$  до  $2,5 \text{ кгс/см}^2$ , судять про справність мастильної системи; при падінні тиску нижче  $0,7 \text{ кгс/см}^2$  двигун необхідно зупинити. Знижений тиск вказує на ослаблення пружин перепускного клапана, несправність масляного насоса, протікання ущільнень; підвищене — на засмічення фільтрів і трубопроводів, а також на підвищення в'язкості масла. Перевищення температури понад  $90^\circ$  вказує на погану роботу масляного радіатора.

Охолоджуюча температура води характеризується тепловим режимом двигуна: при  $75^\circ$  необхідно проводити додаткове утеплення двигуна, а при перевищенні  $85^\circ$  слід прийняти заходи до інтенсивнішого його охолодження.

Величина тиску палива повинна знаходитися в межах від  $0,6 \text{ кгс/см}^2$  до  $1,0 \text{ кгс/см}^2$ . Тиск понад  $1,0 \text{ кгс/см}^2$  вказує на засмічення фільтрів і трубопроводів або несправність перепускного клапана підкачуючого насоса. Зниження тиску палива нижче  $0,4 \text{ кгс/см}^2$  є наслідком слабкого затягування перепускного клапана або роботи двигуна без фільтрів. Несправність роботи двигуна може бути визначена без його розбирання, на слух. Прослуховування двигуна здійснюється за допомогою фонендоскопів. Для встановлення джерела невідповідних звуків проводиться послідовне виключення з роботи перевіряючих елементів.

Контроль стану двигуна також визначається за допомогою аналізу проб мастила на вміст в них продуктів зносу шляхом спектрографії. Дані про знос знаходяться шляхом порівняння кінцевих результатів з еталонними.

Для аналізу карбюраторної системи без її розбирання використовуються спеціальні прилади, що забезпечують автоматичний підрахунок співвідношення повітря до палива, визначення засмічення і зносу жиклерів, забруднення повітряних фільтрів.

Герметичність циліндрів визначається за допомогою приладів, які забезпечують виявлення відсотка пропускання прокладок, всмоктуючого і вихлопного трубопроводів, поршневих кілець, клапанів.

Ефективна потужність двигуна може бути визначена на спеціальних гальмових стендах. За показаннями електроприладів судять про стан акумуляторів. Крім того, для контролю електроустаткування застосовуються транзисторні осцилоскопи, які забезпечують вимірювання напруги запалення свічок і котушок.

Зубчаті передачі. Нормально відрегульована зубчата передача повинна забезпечувати плавність роботи, у неї не повинно бути биття і ексцентриситету; контакт зубів має бути рівномірний, робочі поверхні зубів мають бути у хорошому стані, а бічний і радіальний зазори не повинні виходити з встановлених норм.

Циліндрові зубчаті передачі. Торцеве биття циліндричних зубчатих коліс контролюється за допомогою індикаторів. Величина торцевого биття не повинна перевищувати для зубчатих коліс значень порядку  $\pm 0,1$  мм для діаметрів до 300 мм і  $\pm 0,15$  мм для діаметрів понад 600 мм.

Перевірка бічних зазорів здійснюється щупами, індикаторами і свинцевим дротом. У останньому випадку величина бічного зазору дорівнює товщині сплюсненого після пропуску через прокручену зубчату передачу свинцевого зволікання.

Допустимі значення бічного зазору лежать в межах від 0,12 мм для модуля 2 мм до 0,6 мм для модуля 12 мм. Регулювання бічного зазору здійснюється за допомогою зміни міжцентрової відстані зубчатої передачі.

Перевірка взаємного розташування валів проводиться за допомогою штангенциркулів. Регулювання правильності зубчатого зачеплення і взаємного розташування валів здійснюється за допомогою переміщення як в горизонтальному, так і у вертикальному положенні підшипників валів, на яких розміщені зубчаті колеса.

Конічні зубчаті передачі. У конічних зубчатих передачах проводиться контроль правильності зачеплення величини і розташування плям контакту, що стосуються взаємного розташування валів.

Розмір плями контакту в конічних зубчатих колесах має бути не менше 60 % по довжині зуба і від 20 % до 40 % по висоті зуба. Показано розташування плям контакту при неправильній збірці конічних зубчатих коліс. Слід також мати на увазі, що плями, які стосуються конічних зубчатих коліс не повинні доходити до краю вузького кінця на 3,0 мм і до верхньої частини бічної поверхні на від 0,4 мм до 1,0 мм. Допустимий зсув осей конічних передач складає від 0,015 до 0,06 їх торцевого модуля, а допустиме биття торцевого модуля залежно від міри точності і діаметру коливається від 20 мк до 480 мк. Допустимий гарантований бічний зазор і відхилення міжосьового кута визначається залежно від вигляду сполучення і довжини утворюючого ділильного конуса.

Регулювання конічних зубчатих передач визначається методами, аналогічними тим, що застосовуються для регулювання циліндричних зубчатих передач.

Черв'ячні зубчаті передачі. Контроль черв'ячних зубчатих передач визначається величиною і розташуванням плям контакту, на міжосьову відстань, граничний перетин осей і бічний зазор. У нормально зібраній черв'ячній зубчатій передачі величина плями контакту повинна складати не менше 60 % від висоти зуба і 50 % від його довжини.

Бічний гарантований зазор в черв'ячних передачах за ГОСТ 3675 залежно від величини міжосьової відстані і виду сполучення вагається в межах від 55 мк до 750 мк. Допуск на міжосьову відстань змінюється від 0,05 % до 0,22 % залежно від його величини і класу точності. Гранично допустимий перетин осей змінюється в межах від 0,015 мм для модуля 2 мм до 0,03 мм для модуля 10 мм. Значення допусків на радіальне биття визначаються по ГОСТ 3675.

Регулювання черв'ячної зубчатої передачі проводиться тими ж методами, що і регулювання циліндричних зубчатих передач.

Нормально працюючі фрикційні системи повинні забезпечувати безвідмовність, швидкість і надійність дії, плавність включення і виключення, безшумність. Натискання педалі викликає стискання поверхонь і відповідну передачу зусиль.

Вільний хід нових фрикційних передач прийнято робити від  $0,1 \cdot L$  до  $0,2 \cdot L$ .

По мірі зносу фрикційних поверхонь зазор  $S$  збільшується на деяку величину  $\Delta$ . Загальний знос  $\Delta_0$  допускається до величини, при якій максимальний зазор  $S_{\max}$  дорівнює сумі фрикційного поверхні  $S$  та загального зносу  $\Delta_0$  допускає включення фрикційної системи переміщенням педалі.

Для забезпечення надійної експлуатації необхідно проводити регулювання ходу педалі в мить, коли її запас руху досягає значення від 0,2 до 0,3.

#### 1.4 Висновки до розділу

Таким чином, проведений аналіз свідчить про наступне:

— не дивлячись на тяжкі умови експлуатації і жорсткі вимоги до надійності діагностика дорожніх машин на сьогодні носить лише фрагментарний та періодичний характер;

— на автогрейдері будь-які елементи інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи інформативних параметрів динамічних режимів роботи відсутні, є лише датчики-сигналізатори критичних режимів роботи;

— при проведенні діагностування дорожніх машин проводиться вимірювання близько тридцяти неелектричних величин (деформація, зсув, вібрації, тиск тощо). Суттєвим є те, що всі вимірювання цих неелектричних величин проводяться або в статистичному режимі, або в динамічному режимі з використанням спеціалізованих стендів. Але в умовах реальної експлуатації дорожньої техніки динамічні режими роботи, навантаження будуть відмінними від стендових. Таким чином виміряні параметри не будуть достовірними в повній мірі і за ними не можна прийняти рішення про відповідність параметрів вузлів та систем установленим параметром.

Отже, необхідно проводити всі вимірювання в динамічному режимі в реальних умовах експлуатації. Для цього повинна бути використана ІВІС вимірювання інформативних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера.

## 2 МЕТОДИКА НЕЧІТКИХ ВИМІРЮВАНЬ ПАРАМЕТРІВ ДИНАМІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРА

### 2.1 Сутність методу нечітких вимірювань

Вимірювання — єдиний спосіб одержання кількісної інформації про величини, що характеризують ті або інші фізичні явища або процеси. Тому розробка нових машин, механізмів, апаратів, а також безпосереднє здійснення складних технічних виробничих процесів у промисловості зв'язані з необхідністю вимірювання численних фізичних величин. При цьому число підлягаючих вимірювань механічних, теплових, хімічних, оптичних, акустичних і т. д. величин, тобто так званих неелектричних величин, що цікавлять науку і виробництво, у багато разів більше числа всіх можливих електричних і магнітних величин.

Тому, вимірювання неелектричних величин досягло зараз високого розвитку й утворює найбільш велику, стрімко розвинуту область сучасної вимірювальної техніки, а виробництво приладів для вимірювань різних фізичних величин складає основну частину приладобудівної промисловості.

Розробка технології підвищення ефективності і якості вимірювань залишається актуальною науковою проблемою. На практиці підвищення якості вимірювань досягається використанням великої кількості вимірювань.

Складність задачі точного вимірювання характеристик динамічної системи, у якості якої виступає автогрейдер, обумовлена наступними причинами: велика площа вимірювання, велика кількість вимірювальних параметрів, порівняно невелика площа контакту сенсора й об'єкта на вимірювальній ділянці, похибки вимірювань, внесені суб'єктами, які їх виконують, похибки, обумовлені випадковими факторами тощо.

Щоб знати фактичний стан машини і прогнозувати її поведінку, потрібно щоб динамічні характеристики були відомі і не змінювалися, а збуджуючі фактори були незначними. Однак динамічні характеристики

автогрейдера міняються в залежності від переключення передачі і навантаження, іншими словами, вони різні при різних передачах, навантаженнях і станах дороги. Крім того, значний вплив на них робить ухил дороги.

Виникає необхідність у розробці правил оптимальних вимірювань при зміні динамічних характеристик. Для цього введемо поняття нечітких вимірювань, тобто таких вимірювань при яких кількість вимірювальних параметрів та їх періодичність наперед невідомі.

Нечіткі вимірювання характеризуються:

- варіацією кількості вимірювальних параметрів;
- варіацією періодичності вимірювань;
- варіацією кількості датчиків.

Нечіткі висновки, нечіткі або наближені міркування — це найбільш важливий метод у нечітких вимірюваннях. Так, наприклад, вібрація, шум і стукоти, які з'являються в автогрейдері, дозволяють оцінити технічний стан його двигуна, коробки передач або ведучого моста. Напруженість роботи двигуна характеризується: тривалістю роботи під навантаженням; розподілом часу по операціям технологічного циклу; числом включень основних механізмів машини; кількістю запусків двигуна.

У процесі експлуатації в машині відбуваються зміни від початкових параметрів, наприклад утрата потужності, збільшення зазорів у сполучених парах. Тому технічний стан її може бути встановлений як сукупність цих відхилень, що виявляються певним чином і являються діагностичними параметрами. Їх можна згрупувати по загальним ознакам. Так, наприклад, вібрація, шум і стукіт, що з'явилися в машині, дозволяють оцінювати технічний стан двигуна, коробки передач або ведучого моста.

На практиці вібрацію оцінюють статоскопами, але ними контролюються тільки окремі елементи, шасі, коробка передач не контролюються. Отже, необхідно використовувати тензорезистори при діагностуванні землеройно-транспортних машин у якості первинних електричних перетворювачів, які

установлюються на пружних чуттєвих елементах, для вимірювання різних механічних величин, сил і тисків у широкому діапазоні, переміщень відносно невеликої величини (до 50 мм), прискорень і вібропереміщень при порівняно низьких (до кількох сотень Гц) частотах зміни цих параметрів.

Елементи несучої конструкції також вібрують і в залежності від напруг необхідно з різною частотою опитувати датчики. Чим більші напруження при критичних режимах роботи автогрейдера, тим більше будуть вібрації і тим частіше варто знімати показання з датчиків. Експериментально встановлюють частоту коливань кожного елемента і з появою даної частоти формується сигнал попередження. Потім приймається рішення про подальшу роботу автогрейдера.

Якщо вимірювання вібрації можливі з більшою точністю, то можна одержати точну інформацію. Однак на практиці нерідкі випадки, коли через особливості промислової системи інформацію з досить великою точністю одержати не вдається (при цьому враховується похибка вимірювання, що змінює в ту або іншу сторону значення вимірювальної величини), або немає можливості установити пристрій вимірювання рівня вібрації. У даному випадку буде використовуватися граничне значення. Якщо рівень вібрації буде високим, тоді необхідно опускати педаль зчеплення, зменшуючи частоту обертання двигуна; якщо дуже високий, необхідна тоді зупинка автогрейдера, при цьому гальмування рекомендується робити плавно, поступово збільшуючи силу тиску на педаль. Сильне і різке гальмування в деяких випадках може викликати занос автогрейдера.

## 2.2 Методика проведення тензометричних досліджень

Процес проведення експериментальних робіт можна розділити на наступні основні етапи:

1. Складання методики експерименту.
2. Підготовка проведення роботи до виїзду на випробування.



3. Підготовка експерименту на машині і налаштування апаратури.
4. Проведення експерименту.
5. Обробка результатів експерименту.

Всі роботи, які починаються з підготовки до випробувань і закінчуються обробкою експериментальних даних, необхідно проводити в строгій послідовності і дуже ретельно. Недбалість і похибки, які допускаються на будь-якому з етапів, неминуче приведуть до недостовірних результатів або значно ускладнять подальшу роботу.

Складання методики експерименту. Методика проведення досліджень повинна відповідати цілям поставленої роботи і відповідати програмі проведення випробувань. Правильно розроблена методика містить наступні розділи:

1. Досліджувані параметри машини, схеми вузлів і досліджуваних перетинів. При випробуваннях будівельних машин залежно від поставлених завдань і цілей дослідження визначають наступні параметри:

- зовнішні зусилля і навантаження;
- швидкості основних робочих рухів;
- запис осцилограм швидкостей основних робочих рухів дає багато інформації, оскільки площа кривої швидкості робочого руху є пройдена ним дорога, а кут нахилу дотичної кривої швидкості — прискорення руху даного приводу в даний момент часу;
- струми в колах задаючих обмоток основних приводів, які характеризують положення контролера і характеристики приводу, на яких працює машиніст в даний момент;
- струми в головних колах приводів, як основний показник їх навантаження;
- зусилля і напруга у вузлах і елементах металоконструкцій;
- крутячі моменти, напруга і зусилля в механізмах;
- тиск на опорну поверхню машини при пересуванні і роботі;
- зусилля і тиск в гідرو і пневмоциліндрах;

— прискорення і переміщення елементів землерийної машини.

2. Поєднання варіантів досліджуваних параметрів, видів навантажень і операцій роботи машини, при яких визначаються значення досліджуваних параметрів. Одночасний запис всіх цих величин з врахуванням того, що при повних дослідженнях машин записується до 200 значень зусиль і напруги в різних елементах металоконструкцій, зазвичай неможлива, оскільки це привело б до величезної кількості потрібної апаратури і значно ускладнило б запис осцилограм. Зазвичай доводиться вести записи окремими варіантами, прагнучи до зменшення їх кількості, що також важко зробити, оскільки в кожному з варіантів необхідно записувати параметри всіх приводів і деяку кількість точок, потрібних для зв'язку записів окремих варіантів між собою, з метою здобуття загальної картини навантаження.

У цій же частині методики наводяться дані про тип і кількість навантажень на машину і запис нульових ліній на осцилограмах.

3. Відповідно до найбільшої кількості досліджуваних параметрів у варіантах записів визначається необхідна кількість основної тензометричної апаратури (підсилювачів і осцилографів). Число досліджуваних параметрів і варіантів записів визначає кількість матеріалів, необхідних для проведення випробувань. При визначенні необхідної кількості сполучних дротів враховують довжину кожного з них. Кількість дротів повинна забезпечувати два-три варіанти записів з врахуванням підготовки подальшого варіанту під час запису і настройку попереднього.

4. Для запису окремих параметрів, зусиль і напруги потрібні різні пристосування (роз'ємні датчики, тахогенератори тощо). Їх види і кількість мають бути приведені в методиці.

Підготовка проведення робіт до виїзду на випробування. Комплекс підготовчих робіт при проведенні досліджень грає велику роль, оскільки при його успішному проведенні значно знижуються терміни проведення робіт, а отже, і пов'язані з ними простой машини. Підготовка до проведення робіт полягає в наступному:

1. Вивчення, перевірка роботи і ремонт (у разі потреби) тензометричної, реєструючої і допоміжної апаратури.
2. Проектування і виготовлення необхідних пристосувань.
3. Виготовлення або перевірка роботи пульта управління апаратурою. При використанні двох або більш осцилографів подача секундних сигналів на кожен з них має бути одночасною, це забезпечить можливість зв'язку між собою осцилограм, записаних на окремих стрічках. Крім того, пульт управління забезпечує одночасний пуск і зупинку всіх осцилографів, а також подачу сигналу особливих явищ на кожен осцилограф.
4. Перевірка тарування підсилювачів. Кожен з каналів підсилювачів тарується за допомогою балочного опору. При цьому визначається ціна масштабного відліку кожного з каналів. Дані тарування підсилювачів записуються в журнал.
5. Підготовка з'єднувальних проводів. При цьому перевіряється цілісність і ізоляція кожної з жил дроту між собою і металевим обплетенням. Обидва кінця дроту мають бути маркірованими з вказівкою номера дроту і його довжини.
6. Виготовлення достатньої кількості компенсаційних пластинок, перехідних колодок, клемників і інших пристосувань, необхідних для монтажу сполучних схем від датчика до осцилографа.
7. Наклейка і монтаж тензодатчиків на пристосування, спеціальні датчики і компенсаційні пластинки.
8. Тарування пристосувань і спеціальних датчиків проводиться на пресі або на інших навантажених пристосуваннях з достатньою мірою точності показників навантаження. При таруванні визначають величину і лінійність відхилення шлейфу осцилографа при навантаженні і розвантаженні пристосування на кожному з діапазонів каналу підсилювача. Одночасно записується і величина масштабного відхилення. Величина навантаження пристосування при таруванні повинна перевершувати можливу при випробуваннях. Дані тарування наносяться на графік і записуються в журнал

випробувань. Тарування пристосувань бажано проводити на тих же датчиках, каналах підсилювача і шлейфах осцилографа, на яких передбачається запис їх показників при проведенні випробувань. При проведенні тарування пристосувань бажано визначити і зафіксувати також діапазон запису і розташування шлейфу у вихідному положенні (до початку запису). Ці дані необхідно використовувати при проведенні випробувань. Тарування пристосувань і підсилювачів необхідно проводити до виїзду на випробування, оскільки під час їх проведення не виключена можливість виходу з строю одного з каналу підсилювача або пристосування.

Після закінчення підготовки апаратура, пристосування і матеріали ретельно запаковуються і відправляються до місця проведення випробувань.

### 2.3 Дослідження із застосуванням датчиків опору

При дослідженні дорожніх машин найбільшого поширення набувають електричні тензометри, а серед них — дротяні тензометри (датчики опору). Це обумовлюється тим, що вони дозволяють порівняно швидко записати параметри, як постійні, так і ті що швидко змінюються в одній або декількох точках і проводити вимірювання у віддалених і важкодоступних місцях. Вимірювання дротяними тензометрами опору засноване на зміні електричного опору провідника при його деформації. Провідник за допомогою клею міцно з'єднується з досліджуваною деталлю і деформується разом з нею. Зміна опору провідника внаслідок деформації реєструється вимірювальною апаратурою. Тензодатчик опору складається з дротяних решіток, зазвичай круглих в перетині (діаметром від 0,012 мм до 0,05 мм), які розташовуються між двома тонкими смужками паперу у вигляді зигзагоподібних плоских решіток. До кожної з цих смужок провідник ретельно приклеюється і при деформації смужок працює спільно з ними. Для зручності включення тензодатчиків у вимірювальну схему до кінців вимірювальних решіток провідника при виготовленні датчика приварюються контактною зваркою або припаюються

міцні мідні вивідні кінці. Датчик приклеюється до об'єкту і деформується разом з ним.

Тензометри можна класифікувати по наступним ознакам:

1. По швидкості зміни вимірюваної напруги:

- а) для вимірювання статичної напруги;
- б) для вимірювання динамічної напруги.

При виборі типу тензометра потрібно мати на увазі, що прилади для статичних вимірювань дозволяють отримати лише найбільші значення напруги; прилади для вимірювань динамічної напруги можуть дати картину зміни деформації за часом, але це буває дуже важно при дослідженнях дорожніх машин. Прилади, призначені для вимірювання динамічних процесів, можуть бути використані і для запису статичних процесів.

Величина бази, на якій проводиться вимірювання, є дуже важливим чинником, оскільки при випробуваннях ми отримаємо середню напругу на довжині бази. Чим менше база тензометра, тим ближче ми у вимірюваннях наближаємося до точки, тим точніше можна визначити напругу. При вимірюванні напруги в місцях її концентрації необхідно прагнути застосовувати тензометри з невеликою базою. При дослідженні металоконструкцій, при установці тензометрів в місцях, віддалених від джерела концентрації напруги, зазвичай застосовуються тензометри з базою від 10 мм до 20 мм.

2. По виду відліку тензометри бувають:

- а) з прямим відліком;
- б) з дистанційним відліком.

При прямому відліку експериментатор безпосередньо спостерігає за шкалою зміни напруги на приладі, при дистанційному відлік знімається на шкалі або спеціальній апаратурі, віддаленій від приладу.

3. По методу вимірювання зміни вимірювальної бази розрізняють наступні різновиди тензометрів:

а) Механічні, які у свою чергу розділяються на прилади з прямим вимірюванням і з механічним збільшенням. У першому випадку, призначені для вимірювання деформації або прогинів всієї конструкції, відлік ведеться по лінійці. Для визначення відносних подовжень цей спосіб непридатний. Прилади з механічним збільшенням застосовуються для вимірювання статичної напруги і при прямому методі відліку. Зміна довжини бази приладу при деформації збільшується за допомогою механічної передачі від 10 до 1000 і навіть до 10000 разів. Найбільш відомим приладом цього типу є тензомерт Гугенбергера з базою від 10 мм до 20 мм, із збільшенням до 2000 разів. Застосовуються також тензомерти із зубчатою передачею (годинний індикатор).

б) Акустичні, засновані на зміні частоти коливань натягнутої струни при зміні її натягнення. Цей метод широко застосовується для визначення натягнення канатів і різних підвісок. Визначається власна частота коливань струни, яка залежить від величини натягнення. При зміні бази обертається двогранна призма, на якій закріплено дзеркало. При повороті призми з дзеркалом змінюється показання відліку на шкалі. На цьому принципі заснований тензомерт Мартенса.

в) Електричні, які у свою чергу мають ряд різновидів, заснованих на принципах вимірювання змін опору, індукції, ємності.

Потенціометричні. Застосовуються для вимірювань великих деформацій, переміщень, змін довжини, кутів повороту тощо. Різниця потенціалів залежить від положення ковзаючого контакту, пов'язаного з вимірюваним переміщенням.

Використання зміни опору металів при деформації. При деформації металевих провідників їх опір змінюється. Причиною цього є зміна довжини і площі поперечного перетину провідника; змінюється також і питомий опір провідника. Цей метод широко застосовується при дослідженнях.

Індуктивні. Прилади, що працюють на принципі індукції, використовують зміну самоіндукції або взаємну індуктивність котушок. При

деформації або обертанні в одному напрямі магнітний потік датчика, що складається з двох котушок і сердечника, поміщеного між ними, збільшується, в іншому — зменшується.

Ємнісні. Деформація вимірювальної бази передається на рухливу пластину конденсатора, друга пластина нерухома.

Фотоелектричні. Тут використовуються механічний і фотоелектричний методи. Невелика основна деформація вимірювальної бази збільшується механічним шляхом і управляє рухом пристрою, що діафрагмує пучок променів, які передаються на фотоелемент: виникає електричний струм, пропорційний мірі освітлення.

Вибір типу тензометрів залежить від основних особливостей кожного з перерахованих вище методів і має відповідати поставленим завданням дослідження і умовам його проведення: простота методу, доступність досліджуваних точок, кількість досліджуваних точок, можливість закріплення тензометрів тощо.

Меншого поширення набули тензодатчики на плівковій основі. У них решітки розташовуються між смужками плівки, виготовленої з того ж клею, яким в подальшому приклеюються як решітки — до плівок, так і датчик — до досліджуваної деталі. Такі датчики працюють стабільніше, але мають порівняно високу вартість.

Найбільшого поширення в техніці набувають фольгові датчики. У них решітки виготовляються методом фототруїнь. Ці датчики мають порівняно високу вартість.

Тензодатчики при дослідженнях наклеюються на зачищені поверхні випробовуваної деталі. При наклеїці вони розташовуються так, щоб їх подовжня вісь збігалась з напрямом досліджуваної деформації.

Параметри тензодатчиків. Одним з основних параметрів датчика є його база — довжина зигзагоподібних решіток провідника. В даний час виготовляються тензодатчики з базою від 1,0 мм до 150 мм. На величину бази датчика впливає його омичний опір, розміри площини для наклеївки датчика в

досліджуваному перетині деталі, а також завдання дослідження. При записі деформацій, пов'язаних з різкою зміною перетину деталі (концентрацій напруги), прагнуть застосовувати датчики з мінімальною величиною бази. Другим важливим параметром датчиків є омичний опір. Найбільш поширені датчики з омичним опором від 50 Ом до 600 Ом. Вибір датчиків відповідного опору пов'язаний з величиною їх бази, типом підсилювальної і реєструючої апаратури, а також з величиною напруги прийнятих джерел живлення вимірювальної схеми датчиків. Важливим параметром тензодатчиків є коефіцієнт тензочутливості. Величина цього коефіцієнта перевіряється емпірично стосовно кожної партії датчиків і наводиться в їх характеристиці. При виборі матеріалу решітки бажано, щоб коефіцієнт тензочутливості мав найбільше значення. В даний час найбільшого поширення набули датчики, решітки яких виготовляються з константанового або манганінового дроту, для яких коефіцієнт тензочутливості змінюється в межах від 1,9 до 2,1. Датчики з манганіну можуть мати великі подовження без пошкоджень. Фольгові датчики мають решітки прямокутного перетину, вони мають велику площу зіткнення з деталлю і їх тепловіддача значно вища, ніж в дротяних датчиків. Це дозволяє збільшити струм через датчик, а отже і їх чутливість. Матеріалами для фольгових датчиків служать сплави золота і срібла або константанова фольга товщиною 15 мкм. Останнім часом в промисловості почали застосовувати напівпровідникові тензодатчики, основними перевагами яких є невеликі розміри і дуже високий коефіцієнт тензочутливості (до 250).

#### 2.4 Установка тензодатчиків

Установка тензодатчиків майже завжди робиться за допомогою приклеювання. Від якості установки залежить точність і достовірність вимірювання. Поверхня деталі для наклейки датчика ретельно очищається від фарби і іржі і зачищається до чистоти, відповідної V 6.



В даний час для кріплення тензодатчиків застосовується декілька марок клеїв. Вибір їх залежить від умов роботи тензодатчиків і від вимог до клеїв. До клеїв пред'являються наступні основні вимоги: міцність, високий модуль пружності при зміщенні, найменші пластичні деформації, легкість нанесення і клейкість до датчика і досліджуваних деталей, швидкість висихання, стійкість до наявності вологи і змін температури, відсутність хімічної дії на матеріал решітки, хороша ізоляція.

Для остаточної підготовки поверхні застосовується м'який наждачний папір. Перед нанесенням клею за допомогою ефіру або ацетону з поверхні віддаляється пил, жир. Поверхня деталі і нижня сторона датчика змащуються тонким і рівним шаром клею БФ-2. Потім клею дають можливість просохнути до відлипання і змащують другий раз. Датчик прикладається до деталі і обережними натисканнями пальців з-під датчика видавлюється зайвий клей і бульбашки повітря. При наклеїці тензодатчика важливо, аби його подовжня вісь була соосна з напрямом напруги, що вимірюється. Особливу увагу необхідно також звертати на місце припаювання решітки датчика до вивідних кінців. Це місце є найбільш слабким. Після наклеївки датчики просушують. О мірі сушки датчика судять по величині опору ізоляції між його решітками і поверхнею деталі. Опір повинен досягати 30 МОм при динамічних випробуваннях і 100 МОм при статичних випробуваннях. Всі операції по наклеїці датчиків повинні проводитись дуже ретельно, оскільки перевірити якість наклеївки неможливо.

Гідроізоляція датчиків. Природні осідання, підвищена вологість і конденсат при охолодженні деталі різко знижують опір ізоляції датчиків. Для захисту датчиків від вологи в даний час застосовується багато способів. Більшість з них пов'язана з покриттям датчиків спеціальними вологостійкими клеями (Б-10 № 83, ГМН-301 і ін.) і епоксидними смолами (ЕД-5, ЕД-6 і ін.). Проте вимога спеціальної тривалої термообробки цих покриттів звужує сферу їх застосування. При польових випробуваннях дорожніх машин для цієї мети широко застосовують пластилін і бітумну мастику. Пластилін перед

використанням ретельно розминається в руках, а потім шаром в 4 мм їм покривається датчик. При цьому особлива увага звертається на те, аби з-під пластиліну не виходила назовні паперова підкладка або покриття датчика. Для кращого прилипання пластиліну до деталі граничні його ділянки злегка підігріваються. Для цієї мети зазвичай використовується електропаяльник. Бітумна мастика готується розчиненням бітуму № 3 або № 4 в чистому бензині або ацетоні. На датчик мастика наноситься в 2 - 3 шари за допомогою щітки.

Вибір величини струму, який проходить через тензодатчик при включенні його у вимірювальну схему. Якщо вимірювання зміни опору тензодатчиків здійснюється за допомогою звичайної схеми одинарного моста (міст Уїнстона), то бажано збільшити струм, який проходить через тензодатчик, оскільки напруга на вимірювальній діагоналі такого моста пропорційна струму в датчику. Проте збільшення струму приводить до нагріву датчика і зниженню стабільності вимірювань. Тому максимальне значення струму доводиться вибирати з врахуванням теплопровідності і теплоємності досліджуваної деталі. При вимірюванні деформацій сталевих конструкцій його приймають рівним приблизно 50 А/мм. Стосовно датчиків, решітки яких виконані з дроту діаметром 0,25 мм, величина максимально допустимого струму в них складе близько 35 мА. Ще одним з важливих параметрів тензодатчиків є граничні значення відносних деформацій. Провідники решітки датчика зберігають лінійність зміни опору при деформації до 10 %. Проте в паперових підкладках і шарі клею починають з'являтися тріщини вже при деформації близько 2 %. У зв'язку з цим максимальні значення деформацій зазвичай обмежують величиною в 1 % максимум 1,5 %.

## 2.5 Висновки по розділу

Все вище сказане свідчить про те, що для отримання точної та достовірної вимірюваної інформації потрібно виконання багатьох чинників,

одним з найважливіших є розробка методики проведення вимірювань та визначення найбільш інформативних параметрів, які будуть характеризувати стан машини при різних режимах її роботи. Не менш важливим є також розробка структури ІВС інформативних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера.

Для обґрунтування структури і складових ІВС, нечітких правил її роботи необхідно провести детальні дослідження динамічних режимів роботи автогрейдера.

Кафедра МБЖД

### 3 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМІВ РОБОТИ ЗЕМЛЕРИЙНО-ТРАНСПОРТНИХ МАШИН

#### 3.1 Загальна характеристика режимів роботи землерійно-транспортних машин

Кожний робочий процес машини характеризується різними його показниками: зусиллями, швидкостями окремих операцій, змінами їх величини (або коливаннями), напрямком (реверсивністю), тривалістю і безперервністю операцій. Реверсивність операцій викликає динамічні навантаження, пов'язані з пуском і зупинкою руху, як і прискоренням руху, величиною зусиль, зніманням і прикладанням навантаження на робочій орган. Зміна всіх цих показників, в основному, залежить від робочого середовища і його неоднорідності, умов роботи, конструкції машини і, загалом, визначає навантаження робочих механізмів, конструкції двигунів або режим роботи машини. За параметрами режими роботи машини умовно поділяють на три основні групи: легкий, середній і важкий режим роботи або на шість груп: з дуже легким, легким, середнім, середньо-важким, важким і дуже важким режимами роботи.

Дуже легкий режим роботи характеризується сталими швидкістю і напрямком робочих рухів. При цьому відношення найбільшого навантаження до середнього не перевищує  $1,2 \text{ Н/м}^2$ ; а число увімкнень механізму не виходить за межі 50 за годину. Зазвичай при цьому тривалість включень двигунів не перевищує 60 % (відношення тривалості роботи під навантаженням до всього робочого часу). Цей режим є характерним для приводів змішувальних машин, машин для сортування і промивки камінних матеріалів, відцентрових насосів, вентиляторів тощо.

Легкий режим характеризується швидкістю, що мало змінюється, нереверсивним або рідко реверсивним рухом при числі включень 100 на годину. При цьому можуть мати місце короткі піки навантаження, що

перевищують середнє значення в 1,5 разів. Для часткового поглинання цих піків навантажень інколи застосовується важкі маховики. До машин з даним режимом роботи відносяться ексцентричні грохоти, свердлильні машини, землесоси і багатоківшеві екскаватори при розробці ґрунтів з малою міцністю.

Середній режим характеризується відношенням піку навантаження до середнього в межах 2,5 при змінній швидкості без зупинки руху і відносно незмінним напрямком руху. Число увімкнень може досягати 200 на годину при тривалій роботі машини під навантаженням. Цей режим є характерним для більшості землерийно-транспортних машин при роботі в ґрунтах малої міцності, а також навантажувачів і багатоківшевих екскаваторів при розробці ґрунтів малої і середньої міцності, і одноківшевих екскаваторів на ґрунтах малої міцності.

Середньо-важкий режим характеризується відношенням найбільшого навантаження в межах  $3,0 \text{ Н/м}^2$  при швидкості, що змінюється від нуля до максимуму і при числі включень до 300 на годину. Цей режим є характерним для навантажувачів і екскаваторів, а також землерийно-транспортних машин, що працюють в ґрунтах середньої міцності.

Важкий режим характерний різкими перевантаженнями (піками навантажень), коли відношення найбільшого навантаження до середнього перевищує 3,0, а частота таких навантажень перевищує 3 на протязі 15 с; при цьому швидкість робочих рухів змінюється як за величиною, так і за напрямком, а число включень на годину може досягати 1200 при тривалій роботі. До машин, що працюють у такому режимі, відносяться бульдозери, самохідні скрепери, одноківшеві екскаватори і навантажувачі при роботі на міцних ґрунтах, а також деревовали, каменеподрібноувальні машини, що працюють на породах низької міцності.

Дуже важкий режим характеризується майже ударними навантаженнями (розпушувачі, екскаватори, бульдозери) при роботі в скельному ґрунті з піками, вищими за середні навантаження в 4 і більше разів, при частоті включень 2000 на годину і явно вираженим ударним характером

тривалої роботи. Останнє змушує відмовитись від жорсткого кінематичного зв'язку робочого органу з двигуном (інструмент і машини ударної і віброударної дії).

### 3.2 Динамічні навантаження

Залежно від швидкості взаємодії ріжучого елемента з середовищем, що руйнується, швидкість зміни напруг в даному об'ємі ґрунту буде змінюватись у відповідності з умовами навантаження. В. Н. Йонов і П. І. Огібалов ділять процес навантаження матеріалів залежно від швидкості змін в часі діючих зовні факторів на статичні, динамічні та імпульсні. Під статистичним автори розуміють таке навантаження, при якому зовнішні фактори, що діють на тіло, не залежать від часу, або змінюються в великих проміжках часу незначно, при цьому все тіло знаходиться в напружено-деформованому стані.

Динамічне навантаження являє собою такий процес, при якому фактори значно змінюють свою величину згідно деяких законів в короткі проміжки часу, що вимірюються мілісекундами. Збурення при цьому розповсюджують з кінцевою швидкістю встигають за проміжок часу, що розподіляється, декілька разів пройти все тіло, в результаті чого воно опиняється в напружено-деформованому стані, напруження і деформації стабілізуються, а частини тіла знаходяться в коливальному русі.

Імпульсним називається навантаження, що характеризується раптовістю зовнішніх навантажень, зусиль і короткочасністю їх дії; вони вимірюються мікросекундами, причому інтенсивність їх є достатньо великою, щоб виконати руйнування і великі незворотні зміни в тілі, на яке вони діють. Імпульсне навантаження має місце при вибуху і ударі. Збурення розповсюджується з кінцевою швидкістю, утворюючи зони збурення, в яких тіло знаходиться в напружено-деформаційному стані. Таким чином, залежно від умов проходження процесу руйнування ґрунтів реальними робочими органами

процес навантаження середовища можна на основі вищезазначених характеристик віднести до статичного, динамічного та імпульсного.

Внаслідок варіації сили опору ґрунту руйнуванню в процесі різання ґрунту, що руйнується, піддається силовим діям за певним законом, при якому сила періодично змінюється від нуля до деякого максимуму.

Залежно від швидкості різання час, за який сила від нульових значень набуває максимальних, може мати різні значення, згідно яким відповідне навантаження ґрунту при певній швидкості можна віднести до одного з трьох типів навантаження.

Враховуючи, що швидкість в значній мірі впливає на опір ґрунту руйнуванню, визначають межу, при досягненні якої необхідно врахувати швидкісний фактор, тобто зміну сили опору ґрунту залежно від швидкості різанні. Виходячи з цього, необхідно враховувати діапазон швидкостей, при яких вплив швидкісного фактору є незначним і швидкості, що впливають на силу опору ґрунту руйнуванню. В зв'язку з цим вводиться поняття високошвидкісного різання. Високошвидкісне різання визначають як різання при швидкостях від 0,003 км/год до 0,005 км/год. При цьому умови навантаження ґрунту при високошвидкісному різанні змінюються від динамічних до імпульсних.

### 3.3 Загальна характеристика режимів роботи автогрейдера

Автогрейдер — складна динамічна система, яка працює в умовах жорстких динамічних навантажень. Дана динамічна система складається з багатьох зв'язаних між собою елементів, взаємодія яких приводить до виконання спеціальних операцій. Роботу автогрейдера можна охарактеризувати декількома режимами:

1. Транспортний режим. Характерними рисами режиму є великі швидкості руху від 35 км/год до 45 км/год і відсутність динамічних

навантажень на робочій орган, він є характерним для пересування автогрейдера від одного робочого місця до іншого;

2. Слабо навантажений режим. Цей режим є характерним при роботі на легких ґрунтах, а також при зніманні ґрунту. Динамічні навантаження не значні на робочій орган, швидкість пересування від 8 км/год до 10 км/год;

3. Середньо навантажений режим. Даний режим використовується при роботі автогрейдера на ґрунтах середньої щільності: пісок з глиною, чорнозем, глина. Швидкість пресування може становити від 3 км/год до 5 км/год;

4. Сильно навантажений динамічний режим. Цей режим має місце при роботі автогрейдера на каменистому ґрунті, а також при переміщенні великих об'ємів ґрунту робочим органом на значні відстані. Характерною рисою режиму є те, що динамічні навантаження розподілені по рамі не рівномірно і змінюються з часом, при цьому мають місце і імпульсні навантаження, які можуть сягати рівнів більше за критичні. Під критичним рівнем розуміють рівні при яких виникають тріщини та полумки рами.

Наявність цих режимів свідчить про важкі умови роботи автогрейдера, як динамічної системи і необхідність проведення контролю рами і робочих органів в процесі його роботи.

На сьогодні в процесі експлуатації постійно вимірюються температура двигуна, тиск в гідравлічних системах, ступінь заряду акумулятора, але ці вимірювання не характеризують справність системи в залежності від режиму роботи. Щоб це було можливо необхідно для кожного режиму роботи визначити кількість вимірюваних параметрів, періодичність проведення їх вимірювань. Тобто нечіткі вимірювання неелектричних параметрів автогрейдера будуть залежати як від динаміки роботи машини, так і від динамічних навантажень, які будуть діяти на нього в процесі роботи.

Охарактеризуємо кожний режим роботи з точки зору оптимізації вимірюваних параметрів. Визначимо які параметри взагалі необхідно вимірювати. З метою діагностування цілісності рами автогрейдера необхідно



вимірювати вібрацію, деформацію, прискорення або швидкість автогрейдера. Для оцінки справності двигуна необхідно вимірювати вібрацію, температуру, напругу на акумуляторі (детонацію), тиск масла, температуру охолоджуючої рідини, кількість обертів в хвилину колінчатого валу. Для оцінки роботи гідروприводу: тиск в гідросистемі, температуру гідравлічної рідини.

Обґрунтуємо кількість і періодичність вимірюваних параметрів окремо для кожного режиму. Графічно це представлено на рисунку 3.1 та рисунку 3.2.

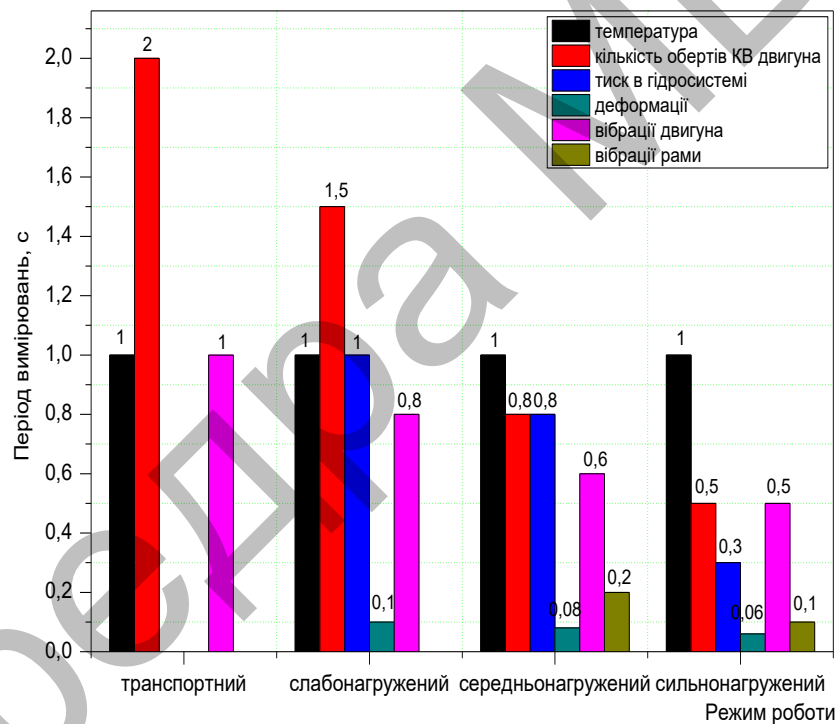


Рисунок 3.1 — Залежність періоду і кількості вимірювань від режиму роботи автогрейдера

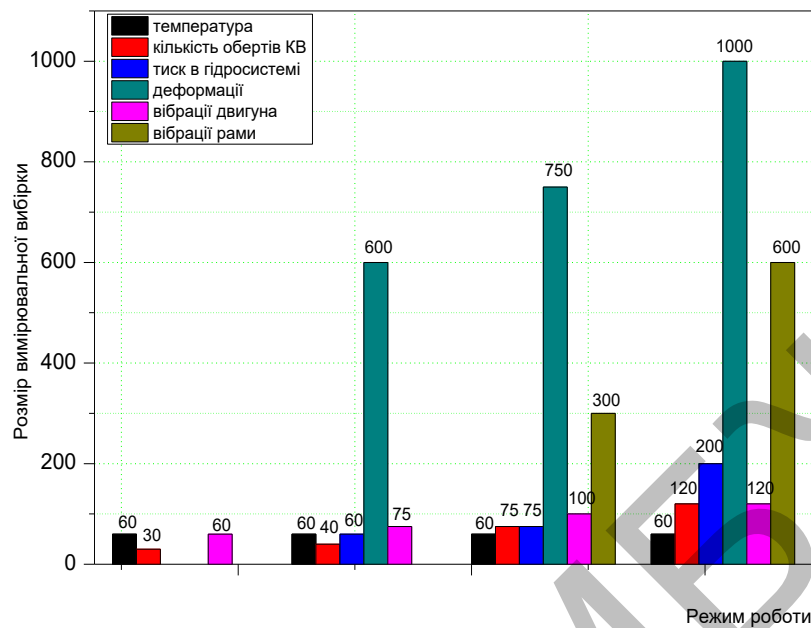


Рисунок 3.2 — Залежність розміру вимірювальної вибірки від режиму роботи автогрейдера

Транспортний режим: в цьому режимі найбільш напруженими є силовий агрегат (двигун, коробка передач) і ходова частина. При русі автогрейдера з одного району в інший навантаження на двигун і ходову частину, як правило є рівномірними і не значними. За основні параметри визначимо: температуру двигуна, вібрації двигуна та коробки передач, кількість обертів в хвилину колінчатого валу, тобто їх кількість становитиме  $n = 3$ .

Оскільки виходячи з досвіду експлуатації всі ці параметри міняються незначно з часом (найменший період зміни становить від 1 с до 2 с), то період вимірювання для цих параметрів буде наступним: температуру та вібрацію двигуна вибираємо постійним 1 с, кількість обертів колінчатого валу — 2 с, за інтервал вимірювання вибираємо 1 хвилину.

Таким чином, отримуємо матрицю вимірюваних параметрів  $P$  розмірністю  $(n \times m)$ , де  $m$  — кількість вимірювань. Для даного режиму значення  $m$  знаходиться в діапазоні:

$$n = \frac{T}{\Delta t} \quad (3.1)$$

де  $T, c$  — інтервал вимірювання 60 с ;

$\Delta t, c$  — період вимірювання від 1 с до 2 с ;

$n$  знаходиться в діапазоні від 30 до 60.

Таким чином, ми маємо матрицю розмірністю  $(3 \times 60)$  :

$$P = \begin{vmatrix} t_1 & t_2 & \dots & t_{60} \\ f_1 & f_2 & \dots & f_{60} \\ N_1 & 0 & \dots & 0 \end{vmatrix} \quad (3.2)$$

Оціночне значення матриці вимірюваних параметрів  $\hat{P}$  запам'ятовується в схемі обробки вимірювальної інформації для подальшого аналізу.

Слабо навантажений режим. В даному режимі автогрейдер знімає незначний масив землі, робота виконується на легких ґрунтах, тому навантаження на робочі елементи будуть не суттєвими. Навантаження будуть на силовий агрегат, ходову частину та робочий орган. Основними вимірюваними параметрами будемо вважати: температуру двигуна, вібрації двигуна та коробки передач, кількість обертів в хвилину колінчатого валу, тиск масла в гідросистемі, деформацію робочого органу та рами.

За результатами експериментальних досліджень проведених на полігоні механічного факультету ХНАДУ в період квітень — травень 2021 року було встановлено наступну динаміку зміни таких складових векторів параметрів  $\hat{P}$ , як  $h$  — деформація рами та робочого органу,  $f$  — вібрація двигуна,  $p$  — тиск масла в гідросистемі,  $N$  — кількість обертів в хвилину колінчатого валу,  $t$  — температура двигуна,  $f_d$  — вібрація рами.

Самим критичним і навантаженим параметром при цьому режимі є деформація  $h$  як робочого органу, так і рами. Найменший інтервал часу, на протязі якого деформація змінювалась не більше ніж на 10 %, становив від 0,06 с до 0,1 с. Тому, для об'єктивної оцінки зміни деформації візьмемо

інтервал вимірювання 0,1 с, а інші параметри  $f$ ,  $p$ ,  $N$ ,  $t$  змінювались не значно, тому інтервал їх вимірювання будемо вибирати наступним чином: для  $t$ ,  $p$  — 1 с, для  $N$  — 1,5 с,  $f$  — 0,8 с.

Таким чином, кількість вимірювальних параметрів в цьому режимі становить  $n = 5$ , а кількість вимірювань буде різною і становитиме:

$$m = \frac{T}{\Delta t} \quad (3.3)$$

$m$  знаходиться в діапазоні від 400 до 600.

Таким чином, ми маємо матрицю розмірністю  $(5 \times 600)$ :

$$P = \begin{pmatrix} t_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ N_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ f_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ p_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ h_1 & h_2 & h_3 & \dots & h_{600} \end{pmatrix}. \quad (3.4)$$

Середньо навантажений режим. Цей режим відповідає роботі автогрейдера на грунтах середньої щільності та при плануванні насипу, відкосів та вийомок. При даних видах роботи динамічні навантаження на елементи землерийної машини будуть значними. Тут виступають сили інерції, як додаткове зовнішнє навантаження на пружну систему. Взаємодія сил інерції і сил пружності при динамічному навантаженні породжує пружні коливання, що приводять до значного збільшення загального навантаження на автогрейдер. Таким чином критичним і навантаженим параметром при цьому режимі є вібрація рами, візьмемо період вимірювання вібрації 1 хв, але її будемо вимірювати постійно. Для об'єктивної оцінки зміни деформації візьмемо інтервал вимірювання 0,08 с, кількість обертів в хвилину колінчатого валу і тиск в гідросистемі будемо вимірювати з інтервалом 0,8 с, температура

змінюється не значно, тому інтервал остається незмінним 1 с, інтервал вимірювання вібрації двигуна буде становити 0,6 с.

Виходячи з цього кількість вимірювальних параметрів в цьому режимі становитиме  $n = 6$ , кількість вимірювань буде становити:

$$m = \frac{T}{\Delta t}, \quad (3.5)$$

де  $m$  знаходиться в діапазоні від 60 до 1000.

Отримаємо наступну матрицю:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & t_3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & N_3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & f_3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & p_3 & \dots & 0 \\ h_1 & h_2 & h_3 & \dots & h_{750} \\ f_{p1} & 0 & f_{p2} & \dots & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.6)$$

Сильно навантажений режим. В даному режимі автогрейдер працює на каменистому ґрунті, однією з найважливіших операцій машини є переміщення великого об'єму ґрунту на значні відстані. Найбільшу небезпеку при цьому режимі викликають резонансні коливання, при яких динамічні навантаження можуть перевищувати гранично припустимі. Динамічні навантаження будуть розподілені не рівномірно і змінюватись з часом. Також діють і імпульсні навантаження, які можуть сягати рівнів більше за критичні. Це може привести до появи усталених тріщин та поломок рами.

Таким чином, для оптимальної оцінки зміни деформації рами інтервал вимірювання складатиме 0,06 с, період вимірювання також складає 1 хв. При роботі автогрейдера значне навантаження буде на гідросистему, тому що при переміщенні ґрунту треба велике тягове зусилля. Таким чином, це приведе до збільшення потужності двигуна, а це в свою чергу до збільшення кількості

обертів в хвилину колінчатого валу та зростанню тиску масла в гідросистемі, а також до збільшення його вібрації. Тому інтервал вимірювання даного параметру буде 0,5 с. Отримаємо наступну оціночну матрицю:

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 0 & t_3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & N_3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & f_3 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & p_3 & \dots & 0 \\ h_1 & h_2 & h_3 & \dots & h_{1000} \\ f_{p1} & 0 & f_{p2} & \dots & 0 \end{pmatrix}. \quad (3.7)$$

### 3.4 Висновки по розділу

Таким чином, в залежності від навантаження на робочий орган змінюється і режим роботи двигуна, його температурний режим, детонація, ступінь вібрацій двигуна. При зміні навантаження змінюється також і рівень вібрацій рами автогрейдера. При досягненні критичних навантажень відбувається деформація елементів рами і як наслідок виникнення тріщин і розломів. Попереджувачими мірами можуть бути вимірювання деформації елементів конструкції за допомогою тензодатчиків, а також вимірювання вібрацій за допомогою п'єзодатчиків.

Зміна режиму робіт двигуна супроводжується підвищеними вібраціями, які характеризуються появою детонації двигуна. Все вище сказане свідчить о можливості попередньої технічної діагностики двигуна і несучої рами в залежності від навантажених режимів роботи автогрейдера. Вимірюючи частоту вібрацій двигуна і несучої конструкції автогрейдера в динамічному режимі ми зможемо виявити критичні частоти вібрацій, які попереджають поломки двигуна або руйнуванню несучої рами автогрейдера.

#### 4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДИНАМІЧНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРА З ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКИХ ВИМІРЮВАНЬ

Для обґрунтування необхідності застосування методу нечітких вимірювань для підвищення достовірності вимірювання неелектричних величин в період 16 - 18 жовтня 2021 року на полігоні механічного факультету ХНАДУ було проведено серію експериментальних досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень, залучалось наступне обладнання:

- автогрейдер ДЗк 250В;
- вимірювально-інформаційна система.

Дослідження основних параметрів проводилися в наступних режимах: транспортний, слабо навантажений режим, середньо навантажений режим, сильно навантажений режим.

При слабкому навантаженні проводилась робота грейдера на піщаному ґрунті. Ступінь навантаженості робочого органу лопати складав від 15 % до 20 %.

Режим середнього навантаження властивий тим, що робота грейдера проводилася на глиняному сухому ґрунті, навантаження складало до 40 %.

В сильно навантаженому режимі роботи проводилися на змішаному кам'яному ґрунті (пісок з глиною і камінцями), при цьому режимі навантаження на робочій орган складала від 80 % до 100 %.

В процесі експериментальних досліджень, швидкість руху автогрейдера вибиралася наступним чином:

1. Незалежно від режиму навантаження швидкість руху складала 3 км/год.
2. Швидкість вибиралася в відповідності з режимом навантаження:
  - слабо навантажений режим 5 км/год;
  - режим середнього навантаження 3 км/год;

— сильно навантажений режим 1 км/год.

Для проведення досліджень використовувалась інформаційно—вимірювальна система, яка наведена на рисунку 4.1.

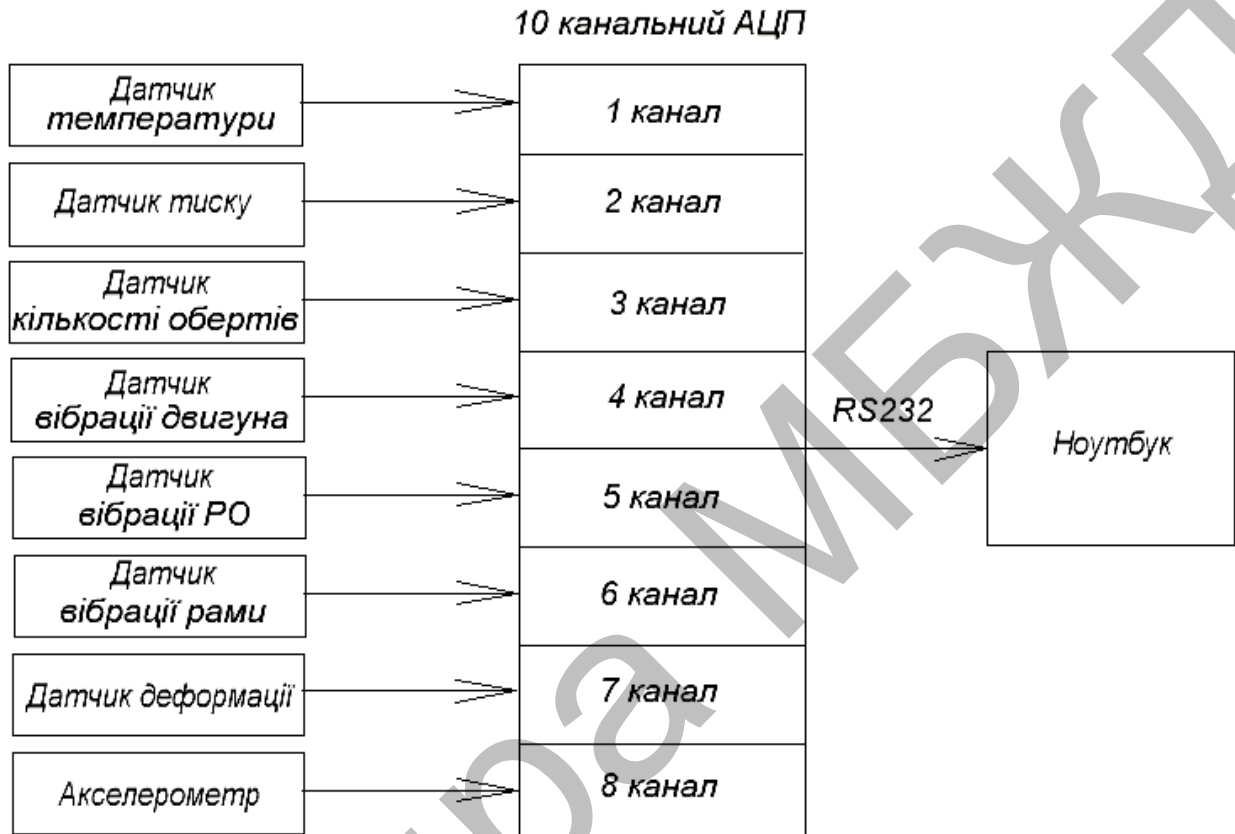


Рисунок 4.1 — Структурна схема вимірювальної інформаційної системи

Як видно зі схеми, систему формує датчик температури, датчик тиску, датчик кількості обертів, датчик вібрацій двигуна, датчик вібрації робочого органу, датчики вібрації рами, датчик деформації, акселерометр, 10 каналний 16—ти розрядний АЦП, ноутбук. Розглянемо призначення кожного компоненту більш детально. В якості датчиків вібрації використовувались тензодатчики, які встановлювались на несучу конструкцію та робочий орган автогрейдера. Акселерометр є чутливим елементом системи, який фіксує зміни швидкості машини. Для вимірювання рівнів тиску використовувався електричний датчик тиску. В якості датчика деформації застосовується п'єзодатчик, який встановлюється на пружних елементах конструкції. АЦП — аналого-цифровий



перетворювач, використовується для перетворення вимірної фізичної величини до бінарного виду.

Перетворення неелектричних інформативних параметрів датчиків, підключених до входів вимірювальних каналів, у цифрову форму здійснюється за допомогою аналого-цифрового перетворювача, результати якого обробляються мікропроцесорними обчислювальними пристроями для одержання результатів вимірювань у бінарному виді. В подальшому інформація оброблялася в блоці аналізу ноутбуку з використанням пакету статистичного аналізу StatGraf отримані результати обробки виводились на монітор ноутбуку та роздруковувались на принтері.

Вимірювальна інформація, одержувана в процесі проведення експерименту характеризується:

- великим числом вхідних і вихідних параметрів;
- взаємною залежністю вимірювальних параметрів;
- низьким ступенем упорядкованості вхідного потоку вимірювальної інформації;
- малим часом, наданим експериментаторові для вимірювання й оцінки отриманих даних на кожній ступені вимірювання;
- наявністю неконтрольованих збурювань (похибка вимірювань, особливості поведінки конструкції при випробуванні);
- необхідністю оцінки вірогідності наданої експериментаторові інформації.

#### 4.1 Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень на ДЗк 250В

Результати експериментальних досліджень приведені на рисунках 4.2 - 4.9.

Аналіз результатів експериментальних досліджень свідчать про наступне:

1. Динамічні навантаження, які діють на автогрейдер носять стохастичний характер.

2. Не залежно від режиму роботи автогрейдера мають місце коливання динамічної системи с періодом  $T$  від 500 мс до 800 мс, частота  $f$  від 2 Гц до 1,25 Гц. Ці коливання приводять до вібрації рами автогрейдера. Поряд с цим є також і вібрації робочого органу, вони міняються в залежності від режиму роботи і становлять:

- для слабо вантаженого режиму — 100 мс;
- для середньо навантаженого режиму — 150 мс;
- для сильно навантаженого режиму — 200 мс.

3. Величина динамічних навантажень:

- для слабо навантаженого режиму становила від 1420 Н/м<sup>2</sup> до 1450 Н/м<sup>2</sup>;
- для середньо навантаженого режиму — від 1420 Н/м<sup>2</sup> до 1700 Н/м<sup>2</sup>, при русі автогрейдера заднім ходом навантаження змінювалась — від 1500 Н/м<sup>2</sup> до 800 Н/м<sup>2</sup>;
- для сильно навантаженого режиму навантаження змінювалось — від 1500 Н/м<sup>2</sup> до 4480 Н/м<sup>2</sup>.

4. У всіх режимах мали місце короточасні пікові навантаження, які перевищували фонове навантаження в 1,5 — 2 рази, ці пікові навантаження викликані наявністю в ґрунті каміння та різних ущільнень. Тривалість короточасних навантажень становила:

- для слабо навантаженого режиму — 50 мс;
- для середньо навантаженого режиму — від 30 мс до 100 мс;
- для сильно навантаженого режиму — від 40 мс до 300 мс.

Таким чином, як показали результати експериментальних досліджень період коливань динамічних навантажень на робочий орган лежить в межах від 30 мс до 300 мс (від 0,03 Гц до 3,3 Гц). Ці коливання в свою чергу передаються на раму автогрейдера і в ній виникають коливання більш нижчої частоти 1,25 Гц.

Таким чином, результати експериментальних досліджень свідчать про те, що періодичність вимірювання динамічних навантажень в кожному режимі повинна бути різною.

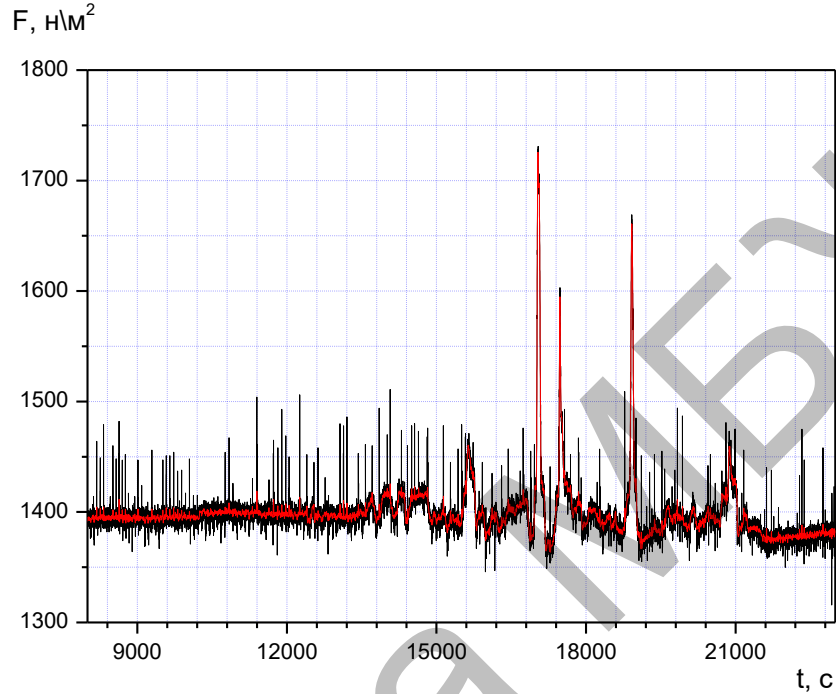


Рисунок 4.2 — Деформація рами в слабо навантаженому режимі

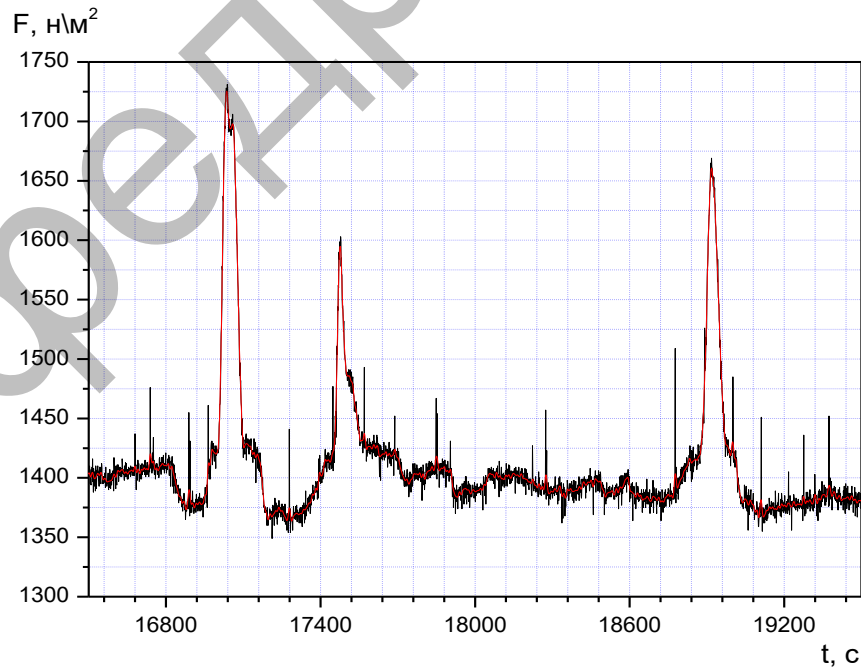


Рисунок 4.3 — Деформація рами в слабо навантаженому режимі (пік навантаження)

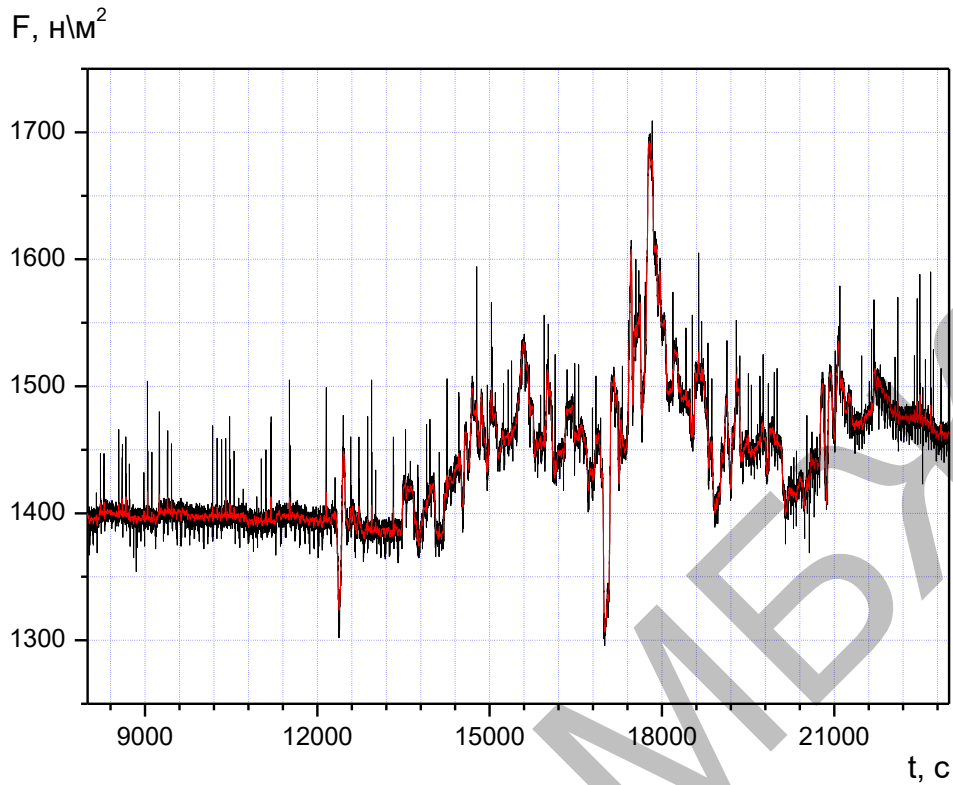


Рисунок 4.4 — Деформація рами автогрейдера в середньо навантаженому режимі при русі вперед

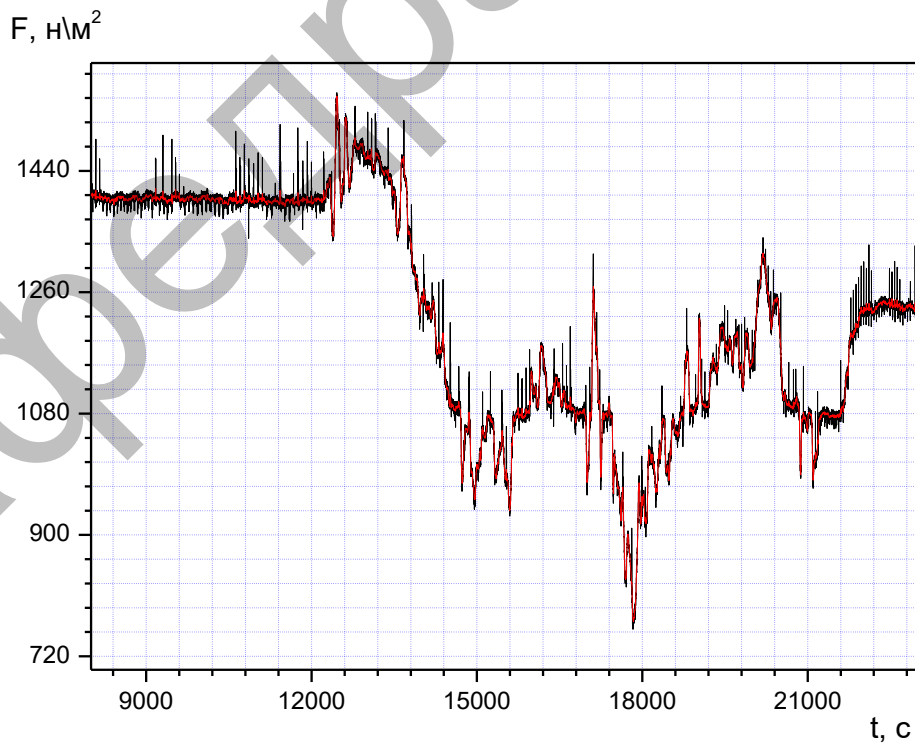


Рисунок 4.5 — Деформація рами автогрейдера в середньо навантаженому режимі при русі назад

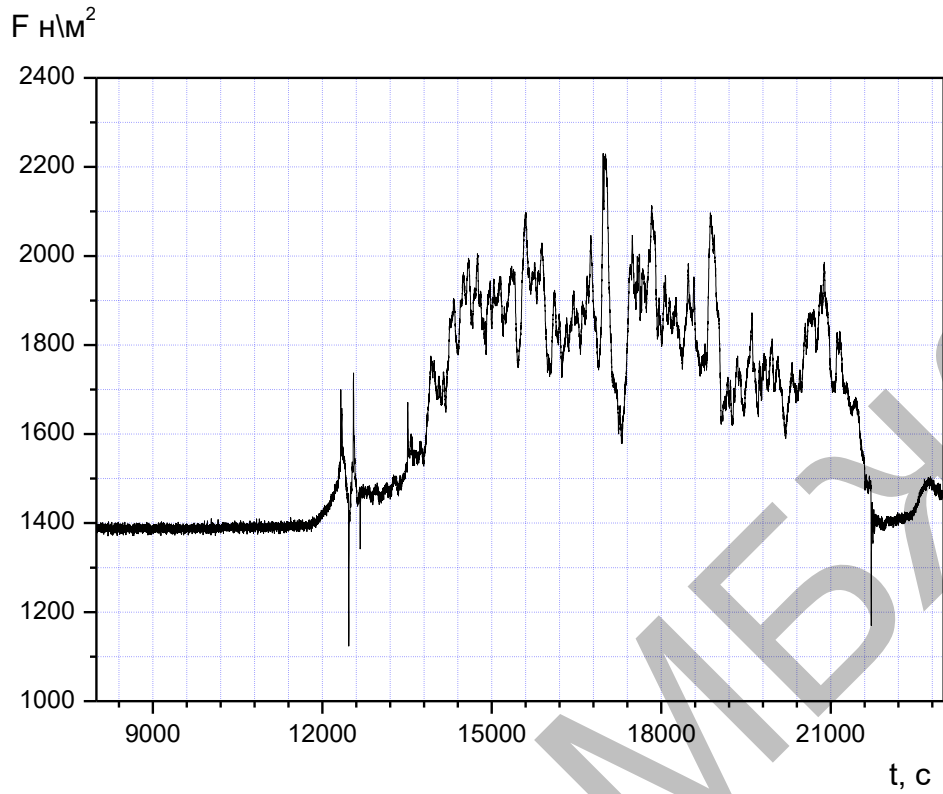


Рисунок 4.6 — Деформація рами в середньо навантаженому режимі (мокра глина)

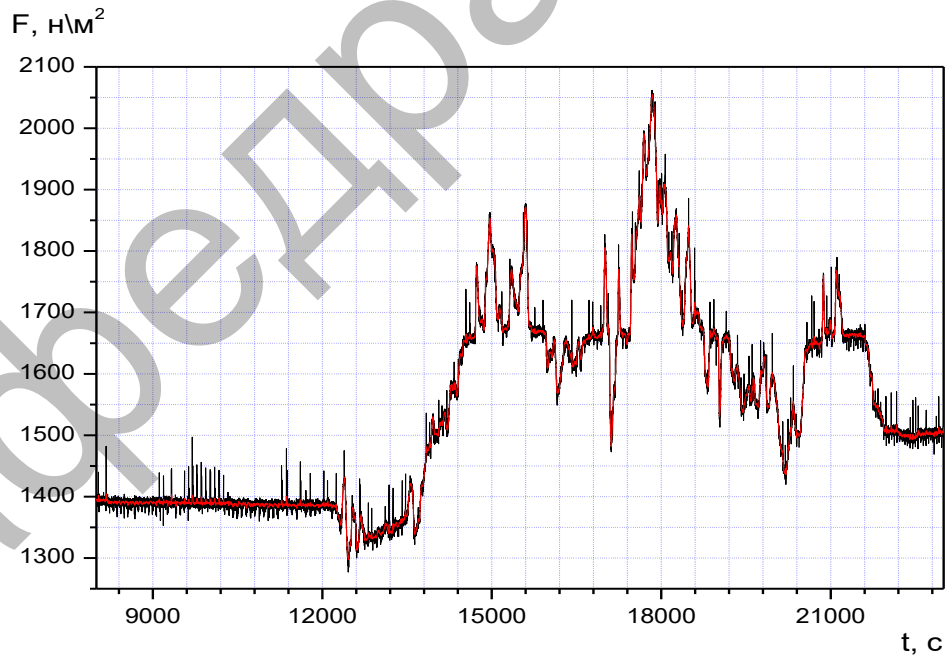


Рисунок 4.7 — Деформація рами в середньо навантаженому режимі (сухий ґрунт)

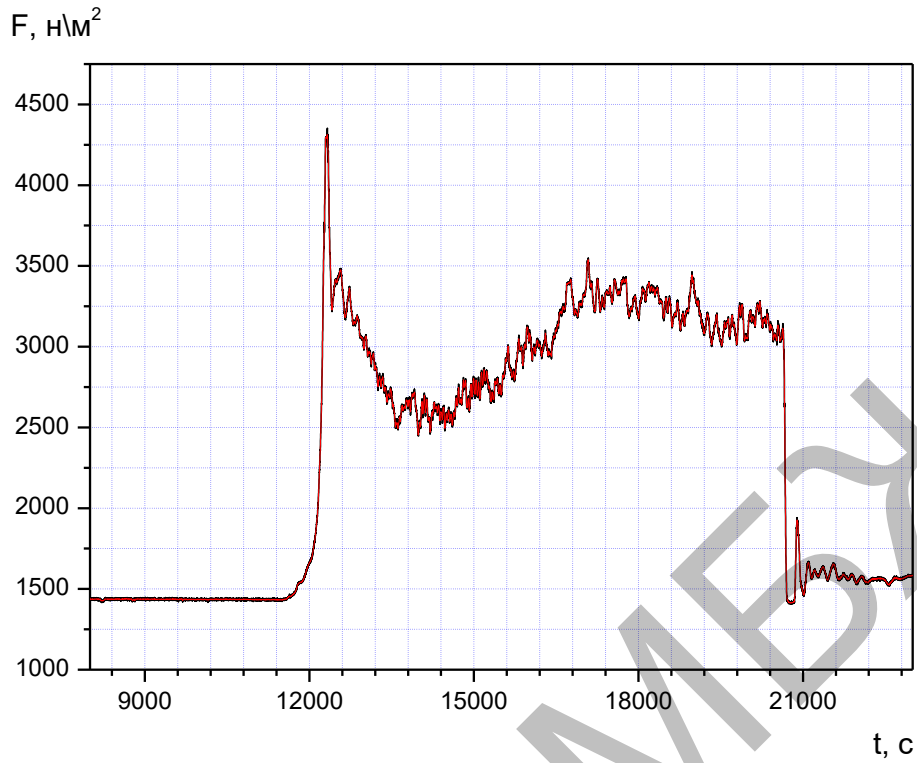


Рисунок 4.8 — Деформація рами в сильно навантаженому режимі (великий масив глини із щебнем)

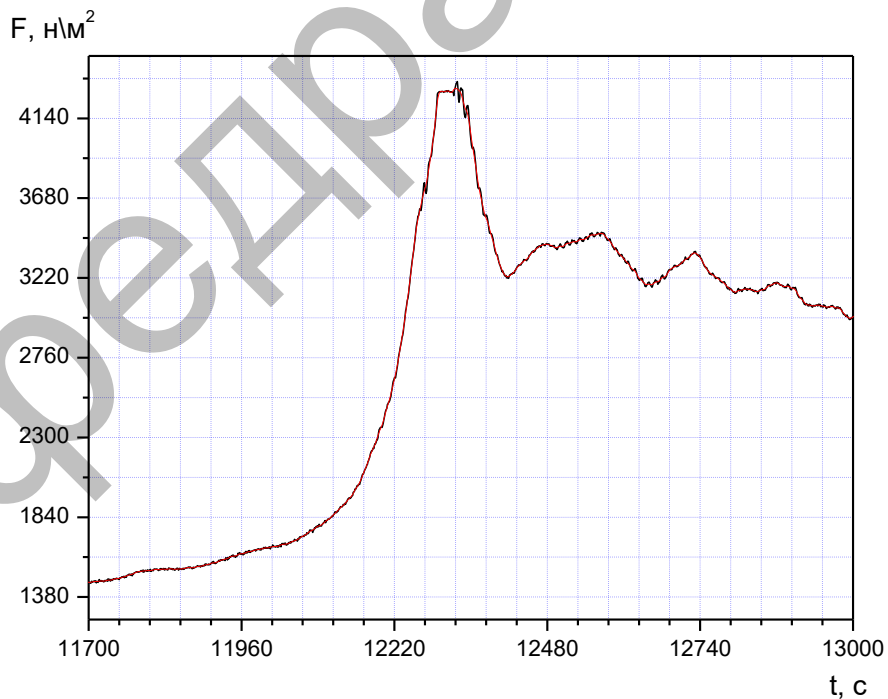


Рисунок 4.9 — Деформація рами в сильно навантаженому режимі (пік навантаження)

З метою дослідження вимірювань неелектричних параметрів автогрейдера було розроблено наступну структуру нечітких вимірювань, представлену на рисунку 4.10. Об'єктом дослідження являється автогрейдер, який представляє собою складну динамічну систему, яка працює в умовах жорстких динамічних навантажень. Автогрейдер характеризується вимірюваними параметрами, які більш детально характеризують стан машини при різних режимах роботи. Для кожного режиму роботи є масив інформативних і неінформативних параметрів. В зв'язку з цим були виділені наступні інформативні параметри: температура двигуна, вібрації двигуна, тиск масла в гідросистемі, кількість обертів колінчатого валу, деформації рами та робочого органу, вібрації рами. Інформаційно-вимірювальна система вимірює ці параметри і в залежності від їх значень визначає режим роботи та кількість вимірювальних параметрів і періодичність їх вимірювання при кожному режимі. Таким чином, ІВІС формує масив даних, який в залежності від режиму роботи автогрейдера буде постійно змінюватись.

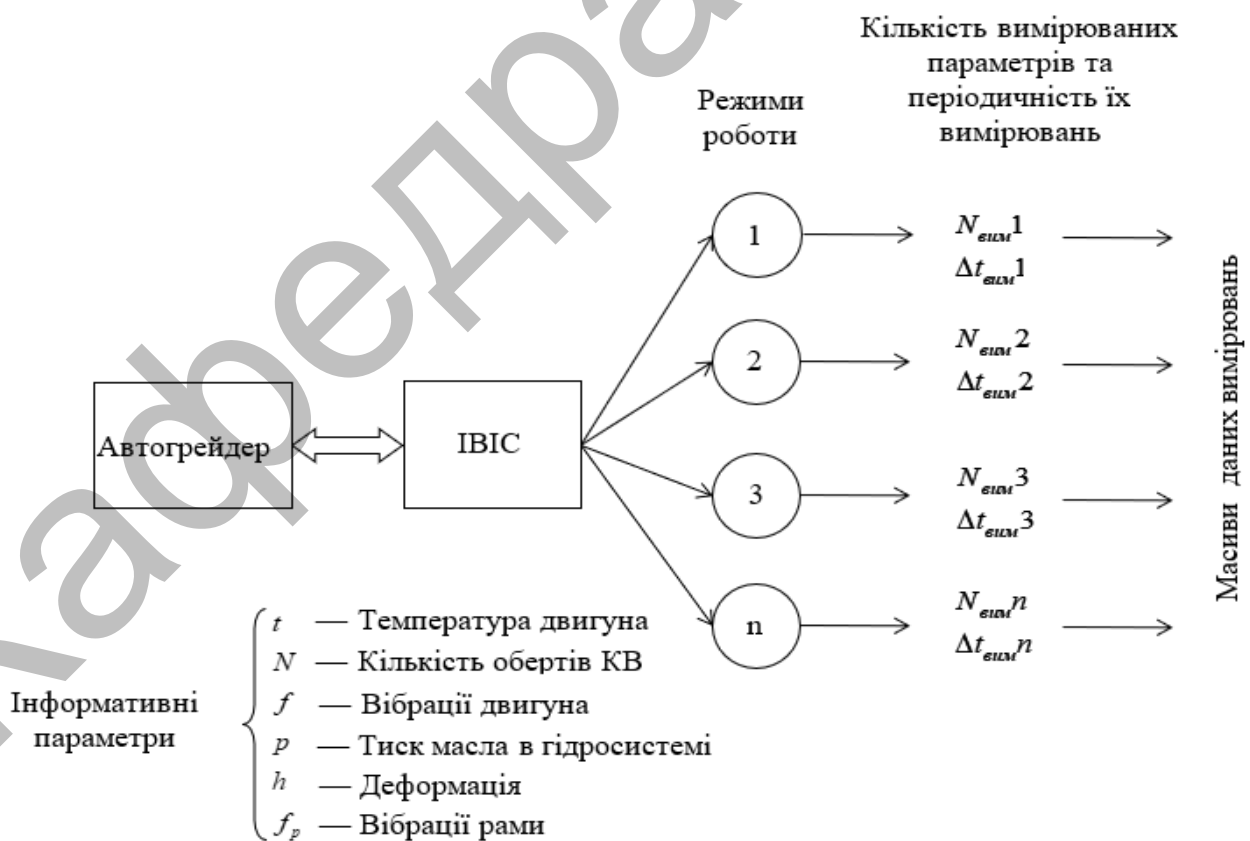


Рисунок 4.10 — Структура нечітких вимірювань

Ці масиви формуються за признаками  $M=1,2,3,4$  нечітких правил, які визначаються в залежності від динамічних режимів роботи автогрейдера.

Правило 1. Якщо навантаження на раму автогрейдера  $h \leq 1420 \text{ Н/м}^2$ , то кількість вимірюваних інформативних параметрів буде складати 3: температура, кількість обертів колінчатого валу та вібрація двигуна. Періодичність вимірювання становитиме для температури і вібрації двигуна буде становити 1 с, кількість обертів вимірюється з періодичністю у 2 с. Таким чином розмір вимірювальної вибірки визначається кількістю вимірювань від 30 до 60.

Правило 2. Якщо навантаження на раму автогрейдера  $h \leq 1450 \text{ Н/м}^2$ , тоді кількість вимірюваних інформативних параметрів буде складати 5: температура, кількість обертів колінчатого валу, тиск масла в гідросистемі, вібрація двигуна та деформація рами. Періодичність вимірювання вибирається для температури і тиску 1 с, кількість обертів — 1,5 с, вібрація двигуна вимірюється з періодичністю у 0,8 с, деформація — 0,1 с. Таким чином, розмір вимірювальної вибірки визначається кількістю вимірювань від 40 до 600.

Правило 3. Якщо навантаження на раму автогрейдера  $h \leq 1850 \text{ Н/м}^2$ , тоді кількість вимірюваних інформативних параметрів буде складати 6: температура, кількість обертів колінчатого валу, тиск масла в гідросистемі, вібрація двигуна, деформація та вібрація рами. Періодичність вимірювання вибирається для температури 1 с, кількість обертів і тиск масла — 0,8 с, вібрація двигуна вимірюється з періодичністю у 0,6 с, деформація — 0,08 с, а вібрація рами — 0,2 с. Таким чином, розмір вимірювальної вибірки визначається кількістю вимірювань від 60 до 750.

Правило 4. Якщо навантаження на раму автогрейдера  $h \geq 1850 \text{ Н/м}^2$ , тоді кількість вимірюваних інформативних параметрів буде складати 6: температура, кількість обертів колінчатого валу, тиск масла в гідросистемі, вібрація двигуна, деформація та вібрація рами. Періодичність вимірювання вибирається для температури 1 с, кількість обертів — 0,5 с, тиск масла в гідросистемі — 0,3, вібрація двигуна вимірюється з періодичністю у 0,5 с, деформація — 0,06 с, а



вібрація рами — 0,1 с. Таким чином розмір вимірювальної вибірки визначається кількістю вимірювань від 60 до 1000.

За результатами аналізу експериментальних досліджень був розроблений алгоритм нечітких вимірювань представлений на рисунку 4.11. Підвищення достовірності вимірювань в цьому алгоритмі досягається за рахунок адаптації інформаційно—вимірювальної системи до режимів роботи автогрейдера.

За результатами експериментальних досліджень було встановлено наступну динаміку зміни таких складових векторів параметрів  $\hat{P}$ , як  $h$  — деформація рами та робочого органу,  $f$  — вібрація двигуна,  $p$  — тиск масла в гідросистемі,  $N$  — кількість обертів в хвилину колінчатого валу,  $t$  — температура двигуна,  $f_{\delta}$  — вібрація рами. Дані інформативні параметри подаються на вхід алгоритму.

В залежності від динамічних навантажень розпізнається режим роботи автогрейдера: якщо навантаження менше  $1420 \text{ Н/м}^2$  — приймається рішення про наявність транспортного режиму, для слабо навантаженого режиму навантаження повинне становити не більше  $1450 \text{ Н/м}^2$ , для середньо навантаженого режиму — менше  $1700 \text{ Н/м}^2$ , рішення про сильно навантажений режим приймається при появі навантаження від  $1850 \text{ Н/м}^2$ . В залежності від вибраного режиму роботи буде визначатися кількість вимірюваних інформативних параметрів (для транспортного режиму становитиме 3, для слабо навантаженого — 5, для середньо та сильно навантаженого — 6) та формуватися матриця вимірюваних параметрів. Періодичність вимірювання оціночних неелектричних величин в залежності від режиму роботи автогрейдера буде вибиратися різною. Чим більші навантаження при критичних режимах роботи автогрейдера, тим менший період вимірювання параметрів. Експериментально встановлюють значення кожного параметру  $i$  з появою даного значення формується сигнал попередження. Потім приймається рішення про подальшу роботу автогрейдера.

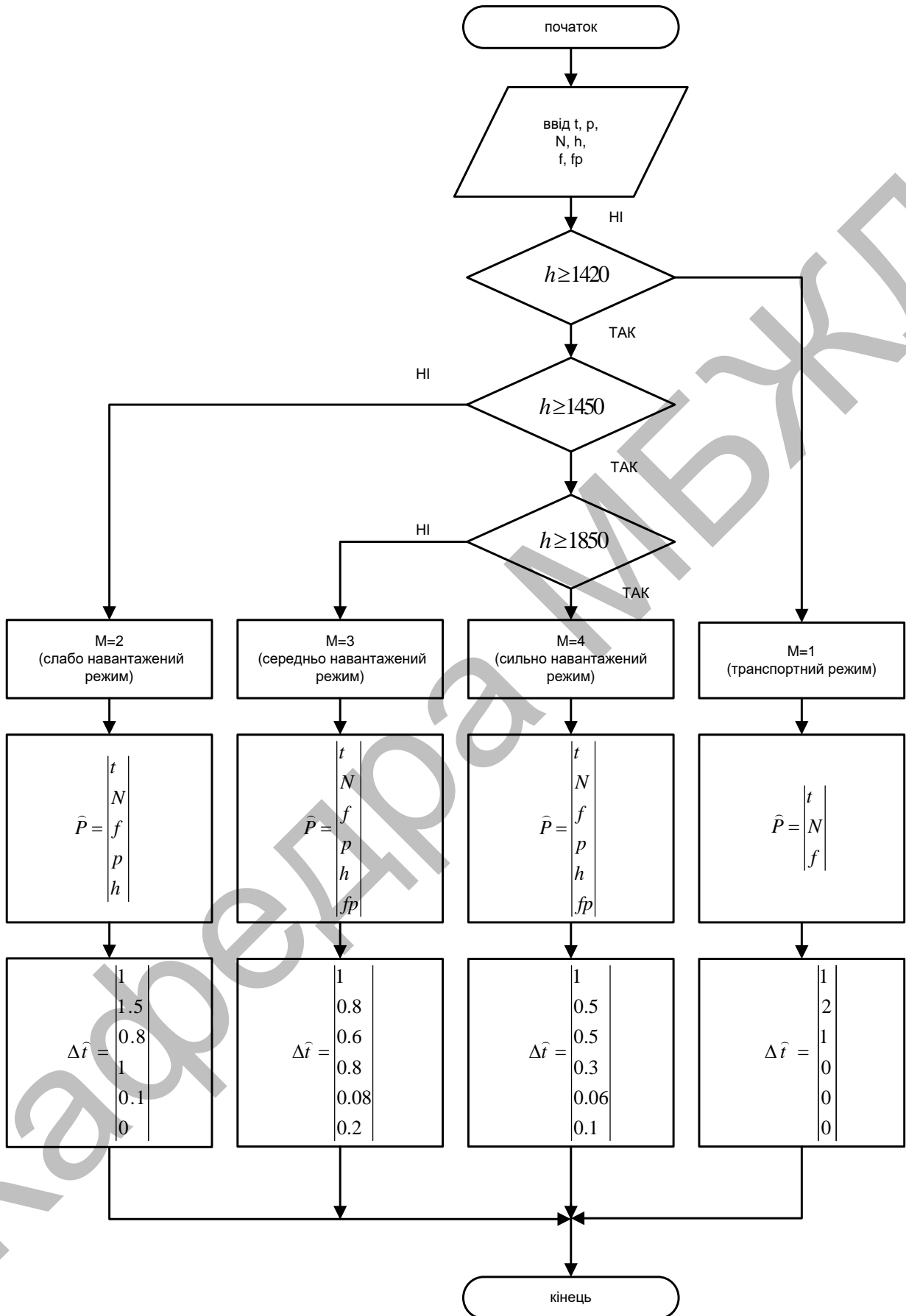


Рисунок 4.11 — Алгоритм формування нечітких правил вимірювань

#### 4.2 Висновки по розділу

Таким чином, як показали результати експериментальних досліджень, період коливань динамічних навантажень на робочий орган лежить в межах від 30 мс до 300 мс (від 0,03 Гц до 3,3 Гц). Ці коливання в свою чергу, незалежно від режиму роботи, передаються на раму автогрейдера і в ній виникають коливання більш нижчої частоти 1,25 Гц.

Отже, результати експериментальних досліджень свідчать про те, що кількість вимірюваних параметрів та періодичність їх вимірювання в залежності від динамічних навантажень в кожному режимі повинна бути різною.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Законодавство України про охорону праці являє собою систему взаємозв'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Питання охорони праці регулюються рядом законів про працю України.

Він визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює за участю відповідних державних органів відносини між власником підприємства, установи, організації незалежно від форм власності та видів їх діяльності і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Закон встановлює пріоритет життя та здоров'я працівників щодо результатів виробничої діяльності підприємства, тобто, насамперед, мають дотримуватись вимоги нормативно-правових актів про охорону праці, аби працівник під час операцій виробничого циклу не отримував травм, не зазнавав погіршення стану здоров'я, професійних захворювань або зменшення працездатності, і лише потім має звертатись увага на результати виробничої діяльності підприємства.

На роботодавця покладено обов'язок під час укладання трудового договору інформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору.

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я. До виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору, допускаються особи за наявності висновку психофізіологічної експертизи. Умови праці на робочому

місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для життя чи здоров'я працівника або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля, працівник має право відмовитися від дорученої роботи. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. За період простою з зазначених причин, які виникли не з вини працівника, за ним зберігається середній заробіток.

Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не виконує законодавства про охорону праці, не додержується умов колективного договору з цих питань. У цьому разі працівникові виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я відповідно до медичного висновку потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести за його згодою на таку роботу на термін, зазначений у медичному висновку, і у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

На час зупинення експлуатації підприємства, цеху, дільниці, окремого виробництва або устаткування органом державного нагляду за охороною праці чи службою охорони праці за працівником зберігаються місце роботи, а також середній заробіток.

### 5.1 Промислова санітарія

Робота дослідника належить до категорії 1а (витрата енергії до 120 ккал/г) і не вимагає фізичної напруги. Але оскільки робота дослідника є нервово напруженою працею, то умови мікроклімату в приміщенні повинні відповідати оптимальним. Параметри мікроклімату представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Нормовані параметри мікроклімату

Період	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
		оптимальна	оптимальна	оптимальна
Холодний	Легка-1а	22 - 24	40 - 60	0,1
Теплий	Легка-1а	23 - 25	40 - 60	0,1

Для підтримки оптимальних параметрів мікроклімату в лабораторії у холодний період року діє система опалення, а в теплий період - вентиляція. Вентиляція також необхідна для організації повітрообміну в лабораторії, для видалення пилу, джерелом якої є статична електрика, що накопичує на діелектричній поверхні комп'ютера.

## 5.2 Освітлення

Працездатність дослідника багато в чому залежить від освітлення. Незадовільне освітлення викликає стомлення не тільки зорового аналізатора, але й організму в цілому.

Природне світло проникає через бічні світлові проєми, зорієнтовані на північний схід і забезпечує коефіцієнт природної освітленості (КПО). Характеристика зорових робіт для проектувальника належить Vб (КПО дорівнює 1,0 %), оскільки розмір об'єкта розрізнення понад 1 мм.

Формула розрахунку КПО для IV світлового поясу, у якому знаходиться місто Харків:

$$e^{IV} = e^V \cdot m \cdot c, \quad (5.1)$$

де  $e^V$  — КПО для світлового поясу, дорівнює 1,0 % (для бічного).

$m$  — коефіцієнт світового клімату, дорівнює 0,9 (для міст України);

$c$  — коефіцієнт сонячності, дорівнює 1.

$$e^{IV} = 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,9 \text{ \%}.$$

Штучне освітлення приміщення з робочим місцем для дослідника обладнано системою загального рівномірного освітлення. Загальне освітлення виконане у вигляді переривчастих ліній світильників, які розташовуються осторонь від робочого місця, паралельно лінії зору. Як джерело світла при штучному висвітленні застосовуються люмінесцентні лампи. Рівень освітленості в зоні робочого місця перебуває в межах від 300 лк до 500 лк.

Таблиця 5.2 - Характеристики виробничого освітлення

Точність зорових робіт	Міні - мальний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Характеристика типу фону	Контраст об'єкта із фоном	Під-розряд зорової роботи	Нормоване значення при освітленні	
						природному $e_0^{III}$ , %	штучному $E_{min}$ , лк
малої точності	1 - 5	V	середній	малий	б	1	300

### 5.3 Пожежна безпека

Залежно від особливостей виробничого процесу, окрім загальних вимог пожежної безпеки, здійснюються спеціальні протипожежні заходи щодо окремих видів виробництв, технологічних процесів і промислових об'єктів. Для споруд і приміщень, в яких експлуатуються відеотермінали і ЕОМ, такі заходи визначені Правилами пожежної безпеки в Україні.

Будівлі і їх частини, в яких розташовуються ЕОМ, мають бути не нижче за II міру вогнестійкості. Над і під приміщеннями, де розташовуються ЕОМ, а також в суміжних з ними приміщеннях не вирішується розташування приміщень категорій А і Б по вибухопожежній небезпеці. Приміщення категорії В необхідно відділяти від приміщень з ЕОМ протипожежними стінами.

Для всіх споруд і приміщень, в яких експлуатуються відеотермінали і ЕОМ, має бути визначена категорія по вибухопожежній і пожежній небезпеці згідно "Визначень категорій приміщень і будівель по вибухопожежній і пожежній небезпеці", і клас зони згідно Правилам пристрою електроустановок. Відповідні позначення мають бути нанесені на вхідні двері приміщення.

Сховища інформації, приміщення для зберігання перфокарт, магнітних стрічок, пакетів магнітних дисків потрібно розміщувати у відокремлених приміщеннях, обладнаних негорючими стелажми і шафами. Зберігати такі носії інформації на стелажах необхідно в металевих касетах. У приміщеннях ЕОМ потрібно зберігати лише ті носії інформації, які необхідні для поточної роботи.

Фальшпол в приміщеннях ЕОМ має бути виготовлений з негорючих матеріалів (або трудногорючих з межею вогнестійкості не менше 0,5 ч). Простір під знімною підлогою розділяють негорючими діафрагмами на відсіки площею не більше  $250 \text{ м}^2$ . Межа вогнестійкості діафрагми має бути не менше 0,75 ч. Комунікації прокладають крізь діафрагми в спеціальних обоймах із застосуванням негорючих ущільнювачів для запобігання проникненню вогню з одного відсіку в іншій, а також з підпільного простору в приміщення. Підпільний простір під знімною підлогою мають бути оснащений системою автоматичної



пожежної сигналізації і засобами пожежогасінні згідно вимогам Переліку однотипних за призначенням об'єктів, які підлягають устаткуванню автоматичними установками пожежогасінні і пожежної сигналізації, з використанням димових пожежних сповісників.

Звукопоглинальне облицювання стін і стель в приміщеннях ЕОМ повинне виготовлятися з негорючих або трудногорючих матеріалів.

Для промивання деталей необхідно застосовувати негорючі миючі препарати. Промивання вічок і інших знімних пристроїв горючими рідинами вирішується лише в спеціальних приміщеннях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією. У разі потреби проведення дрібного ремонту або технічного обслуговування ЕОМ безпосередньо в машинному залі і неможливості вживання негорючих миючих речовин дозволяється мати не більше 0,5 л легкозаймистої рідини в тарі, яка не б'ється і щільно закривається.

Приміщення, в яких розташовуються персональні ЕОМ і дисплейні зали, мають бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповісниками і переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожних 20 м<sup>2</sup> площі приміщення з врахуванням граничних допустимих концентрацій вогнегасної речовини.

Не рідше за один раз в квартал необхідно очищати від пилу агрегати і вузли, кабельні канали і простір між підлогами.

Засоби пожежогасіння. Виробничі приміщення мають бути забезпечені первинними засобами гасіння пожеж: вогнегасниками, пожежним інвентарем (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубої шерстяної тканини, ящики з піском, пожежні відра, лопати) і ручним пожежним інструментом (багри, лом, сокири тощо).

Для розміщення первинних засобів пожежогасінні у виробничих приміщеннях, будівлях, спорудах і на території підприємств, як правило, належить встановлювати спеціальні пожежні щити (стенди).

На пожежних щитах (стендах) необхідно розміщувати ті первинні засоби гасіння пожеж, які можуть застосовуватися в даному приміщенні, споруді, установці.

Пожежні щити (стенди) і засоби пожежогасінні мають бути забарвлені у відповідні кольори.

У складі пожежного щита (стенду) пісок можна замінити флюсом, карналітом, кальцинованою содою, огнетушащим порошком, глиноземом або іншими з належними пожежогасучими характеристиками, негорючими і сипкими матеріалами.

Пожежні щити (стенди) повинні забезпечувати:

— захист вогнегасників від попадання прямих сонячних променів, а також захист знімних комплектуючих від використання сторонніми особами не за призначенням (для щитів і стендів, встановлюваних зовні приміщень);

— зручність і оперативність знімання (витягання) закріплених на щиті (стенді) комплектуючих виробів.

Пожежні щити (стенди), інвентар, інструмент, вогнегасники в місцях установки не повинні створювати перешкоди при евакуації. Їх слід встановлювати в досяжних і видних місцях (коридорах, на входах і виходах з приміщень тощо).

Переносні вогнегасники слід розміщувати:

— на висоті не більше 1,5 м від рівня підлоги до нижнього торця вогнегасника і на відстані не менше 1,2 м від краю дверей при їх відкритті;

— у пожежних шафах разом з пожежними кранами в спеціальних тумбах або на пожежних щитах (стендах).

Конструкція або зовнішнє оформлення тумби або шафи для розміщення вогнегасників мають бути такими, аби можна було зрительньо визначити типу вогнегасника, який зберігається в них.

Навішувати вогнегасники на кронштейни, розміщувати їх в тумбах або пожежних шафах належить так, щоб можна було прочитати маркувальні написи на корпусі.

Придатність заряду пінного вогнегасника потрібно перевіряти не рідше за один раз в рік, корпус - щорік перевіряти на міцність. Заряджати і перезаряджати вогнегасники всіх типів слідє відповідно до інструкції з експлуатації. Вогнегасники, допущені до введення в експлуатацію, повинні мати:

- пломби на пристроях ручного пуску;
- облікові (інвентаризаційні) номери по прийнятій на підприємстві системі нумерації;
- бірки і маркувальні написи на корпусі, червоне сигнальне забарвлення згідно державним стандартам.

Використані вогнегасники, а також вогнегасники із зірваними пломбами слід перезарядити або перевірити, а на цей час на площах, що захищаються, їх необхідно замінювати відповідною кількістю заряджених вогнегасників.

Відповідальність за своєчасне і повне оснащення об'єктів вогнегасниками і іншими засобами гасіння пожеж, забезпечення технічного обслуговування, навчання працівників підприємств правилам користування вогнегасниками несуть керівники цих підприємств.

#### 5.4 Висновки по розділу

В результаті аналізу робочих місць оператора виявлені небезпечні, шкідливі фактори та приведені міри по їх усуненню, це дозволить покращити умови праці на робочому місці, покращити працездатність, попередити травмування на робочому місці.

Зроблені певні розрахунки по кондиціонування повітря дозволяють автоматично підтримувати в приміщенні температуру, вологість, швидкість руху і чистоту повітря, тим самим створювати ефективну роботу працівників.

## ВИСНОВКИ

В результаті проведених досліджень встановлено:

1. Не дивлячись на тяжкі умови експлуатації і жорсткі вимоги до надійності діагностика дорожніх машин на сьогодні носить лише фрагментарний та періодичний характер.

2. На автогрейдері будь-які елементи інформаційно-вимірювальної системи інформативних параметрів динамічних режимів роботи відсутні, є лише датчики-сигналізатори критичних режимів роботи. Тобто вимірювальна інформація основних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера є не повною.

3. При проведенні діагностування дорожніх машин проводиться вимірювання близько тридцяти неелектричних величин (деформація, зсув, вібрації, тиск тощо). Суттєвим є те, що всі вимірювання цих неелектричних величин проводяться або в статистичному режимі, або в динамічному режимі з використанням спеціалізованих стендів. Але в умовах реальної експлуатації дорожньої техніки динамічні режими роботи, навантаження будуть відмінними від стендових. Таким чином виміряні параметри не будуть достовірними в повній мірі і за ними не можна прийняти рішення про відповідність параметрів вузлів та систем установленим параметрам. Отже, необхідно проводити всі вимірювання в динамічному режимі в реальних умовах експлуатації. Для цього повинна бути використана ІВІС вимірювання інформативних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера.

З метою всебічного вивчення можливості застосування методики нечітких вимірювань параметрів роботи автогрейдера в динаміці було проведено ряд експериментальних досліджень.

За результатами аналізу експериментальних досліджень були визначені інформативні параметри для кожного динамічного режиму роботи автогрейдера, розроблені вимоги до шкали вимірювань та сформульовані гнучкі нечіткі правила проведення вимірювань, а також розроблена структурна схема

алгоритму вимірювань. Структура інформаційно-вимірювальної системи нечітких вимірювань неелектричних параметрів автогрейдера буде залежати як від динаміки роботи машини так і від динамічних навантажень, які будуть діяти на нього в процесі роботи. В залежності від навантаження та режиму роботи автогрейдера кількість вимірювальних параметрів та періодичність їх вимірювань є різною, тобто шкала вимірювань адаптується як до режиму роботи автогрейдера так і до динамічних навантажень на нього. Все це в сукупності дозволить значно підвищити достовірність вимірювань неелектричних величин, які характеризують динаміку роботи автогрейдера.

Таким чином, в результаті проведених досліджень мета роботи досягнута, а завдання на магістерську роботу виконано у повному обсязі.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. К. Асаи, Д. Ватада Прикладные нечеткие системы: Пер. с япон./ С. Иван и др.; под редакцией Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно.—М.: Мир, 1993. 368 с.
2. Волкович В.Л., Волошин А. Ф., Заславский В. А., Ушаков И. А. Модели и алгоритмы оптимизации надежности сложных систем.— Киев: Наукова Думка.— 1993.—312с.
3. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский АЛ, Соколов В.В. Теория выбора и принятия решений. —М.: Наука, 1982.—328 с.
4. Сакава М. Оптимизация линейных систем. От одноцелевого к многоцелевому программированию,—Токио: Норисита сьуппан, 1984.
5. Sakawa M., Yano H. Interactive decision making for multiobjective linear programming problems with fuzzy parameters//In "Large—scale modeling and interactive decision analysis, proceeding" ed. by Fandel et al,—Eisenach, GDR: Springer—Verlach, 1986— P. 88—96.
6. Танака, Сигэру, Асаи. Формализация нечеткого метода группо— групповой обработки данных//Сисутэму то сэйге. — 1986.—Т. 30, N 9.—С. 581—587.
7. Chankong V., Haimes Y. Y. Multiobjective decision making: theory and methodology.—North—Holland, 1983.
8. Холодов А.М., Ничке В.В., Назаров Л.В. Землеройно-транспортные машины: Справочник. Харьков: Высш. шк. Изд—во Харьк. ун—та, 1982. 192 с.
9. Строительные машины: Справочник: В 2 т.: 5—е изд., перераб. Т.1: Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог / А.В. Раннев, В.Ф. Корелин, А.В. Жаворонков и др.; под общ. ред. Э.Н. Кузина: М.: Машиностроение, 1991. 496 с.
10. Строительные машины: Учеб. для вузов/ Д.П. Волков, Н.И. Алешин, В.Я. Крикун, О.Е. Рынсков. Под ред. Д.П. Волкова. М.: Высш. шк., 1998. 319 с.

13. Коваль А. О., Єфіменко Н. М. Обґрунтування необхідності інтелектуалізації інформаційно-вимірювальної системи дорожніх машин. Проблемы информатики и моделирования: сб. науч. тр. 10—й Межд. конф., НТУ "ХПИ". 2010. С. 98—105.

14. Хашемиан Х. М. Датчики технологических процессов: характеристики и методы повышения надежности. Москва : Бином, 2008. 336 с.

15. Electronic Components Datasheet Search. URL: <http://www.alldatasheet.com/view/jsp&Searchword> (дата звернення: 15.10.2021)

16. Коваль А. О., Коваль О. А. Просторово розподілені інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи: монографія. Харків : Лідер, 2017. 146 с.

Кафедра МБЖД

ДОДАТОК А  
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Кафедра МБЖД



Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет механічний

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ  
магістра

# ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЧІТКИХ ВИМІРЮВАНЬ НЕЕЛЕКТРИЧНИХ ВЕЛИЧИН В ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМАХ


Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.

 О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук

 М. В. Москаленко

Керівник, канд. техн. наук, доц.

 О. А. Коваль

Студент гр. ММ-61-21

 Я. С. Лисаченко

м. Харків - 2022

## МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження — інтелектуальна вимірювальна інформаційна система інформативних параметрів динамічного режиму роботи автогрейдера.

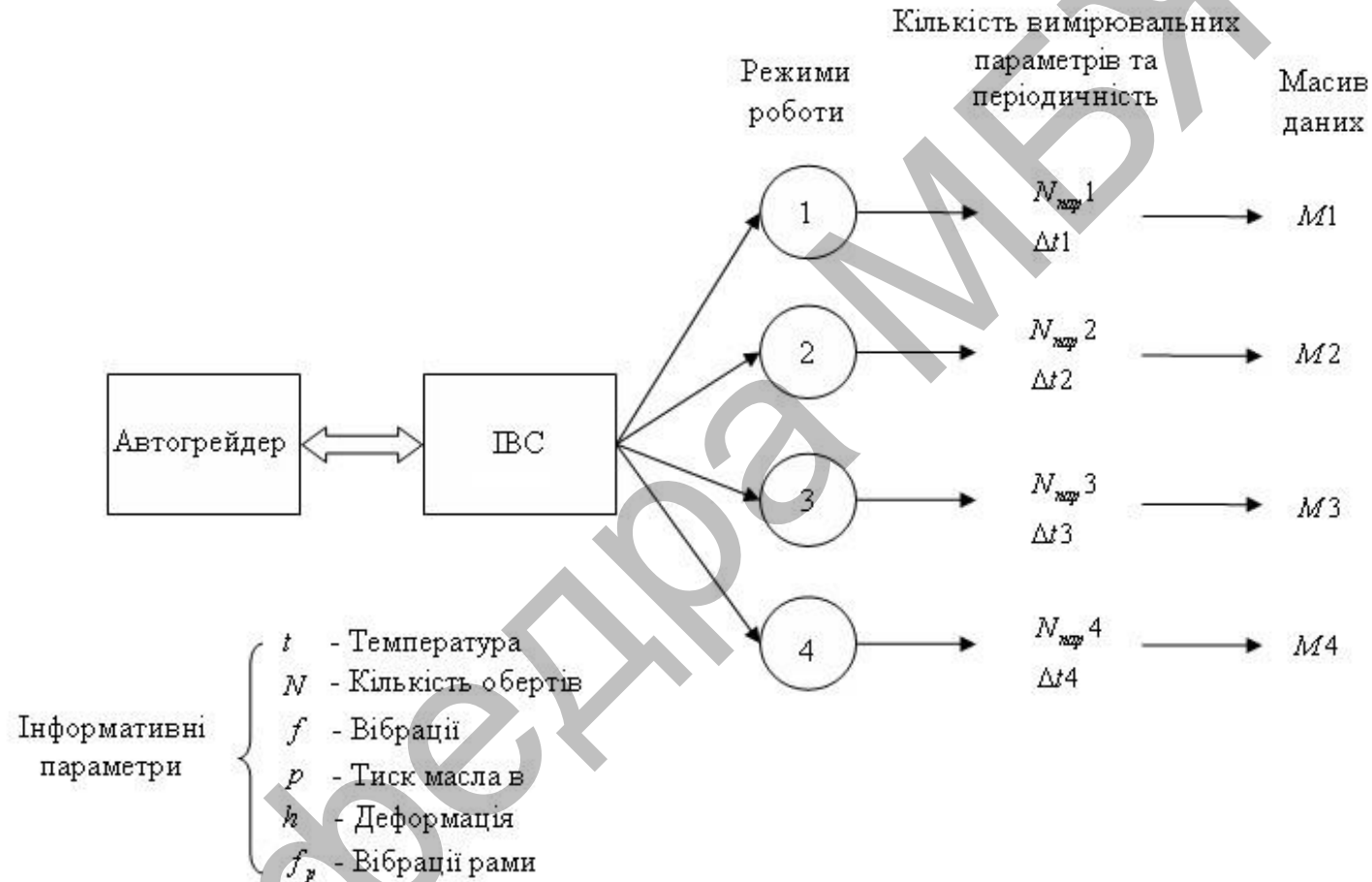
Мета роботи — підвищення достовірності вимірювань інформативних параметрів автогрейдера з впровадженням нечітких вимірювань.

Метод дослідження — методи нечіткої логіки, методи прямого експерименту, статистичного та часового аналізу даних вимірювань шестиканальної інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи автогрейдера.

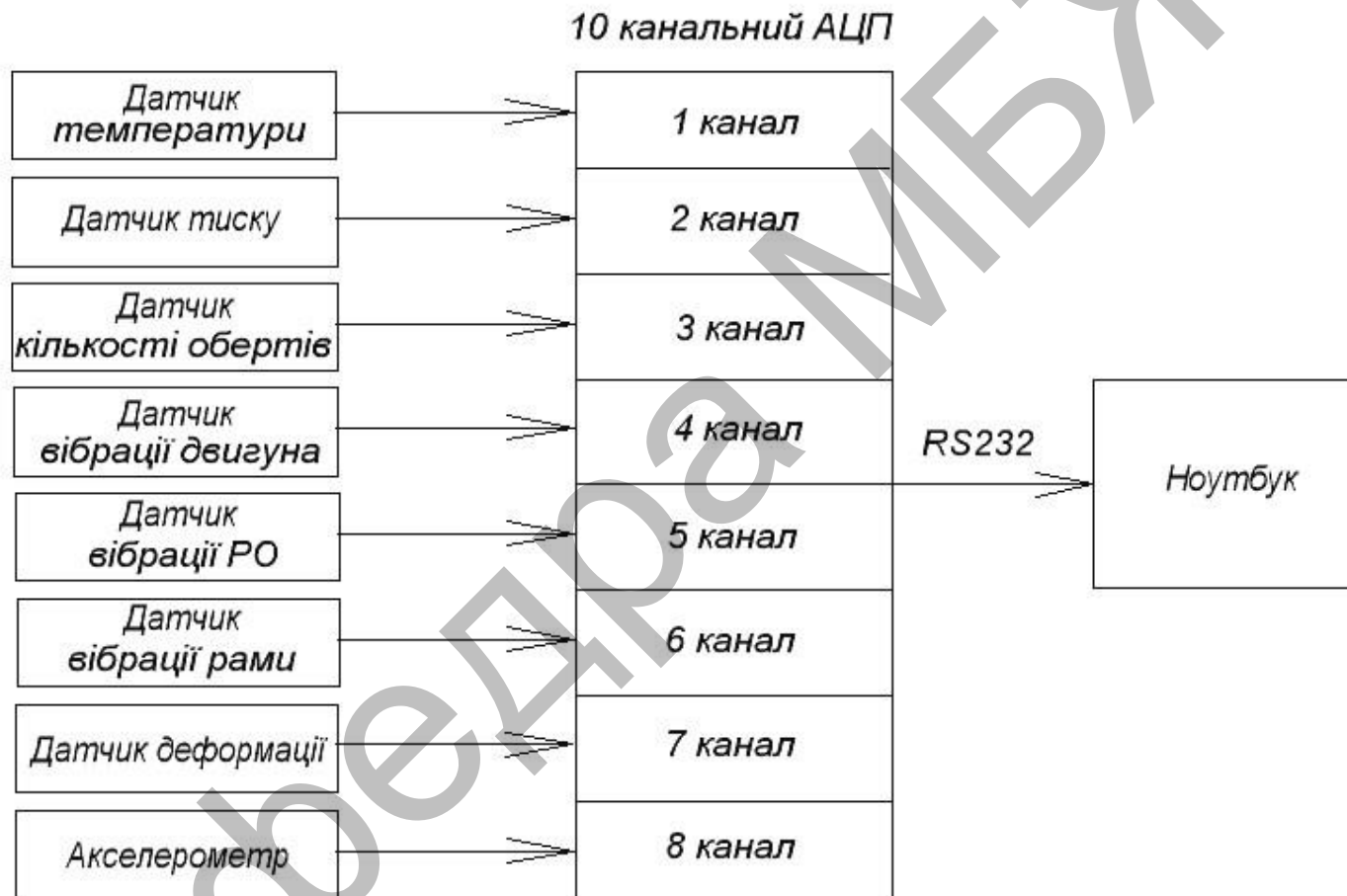
Предмет дослідження — вимірювані параметри автогрейдера в динамічному режимі.

В магістерській роботі проведені дослідження достовірності вимірювань неелектричних величин з впровадженням нечітких вимірювань, розроблена структура та алгоритм нечітких вимірювань, визначено кількість інформативних вимірювальних параметрів і періодичність їх вимірювання для кожного режиму роботи динамічної системи, а також представлена інтелектуальна вимірювальна інформаційна система інформативних параметрів автогрейдера.

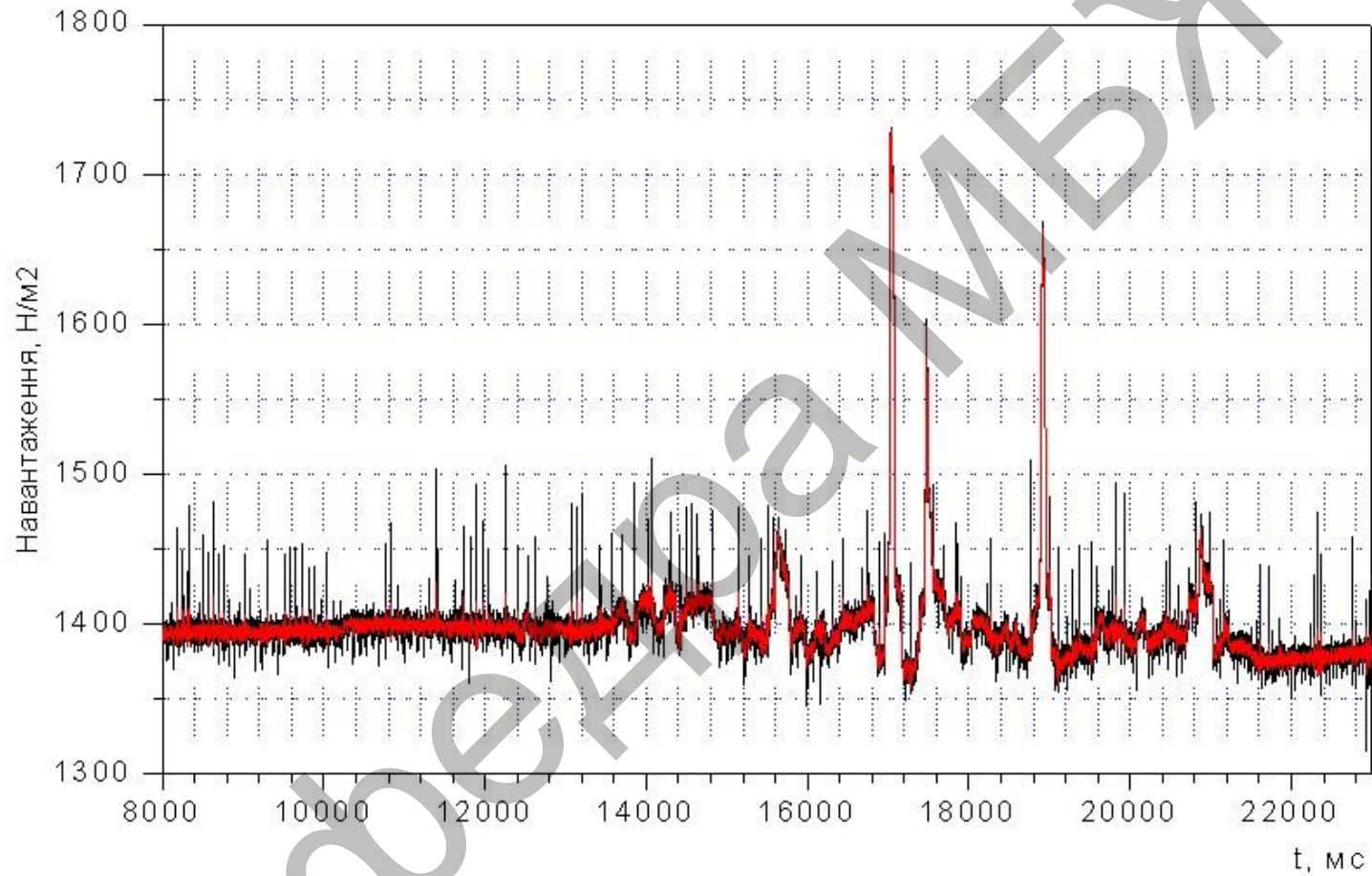
# СТРУКТУРА НЕЧІТКИХ ВИМІРЮВАНЬ



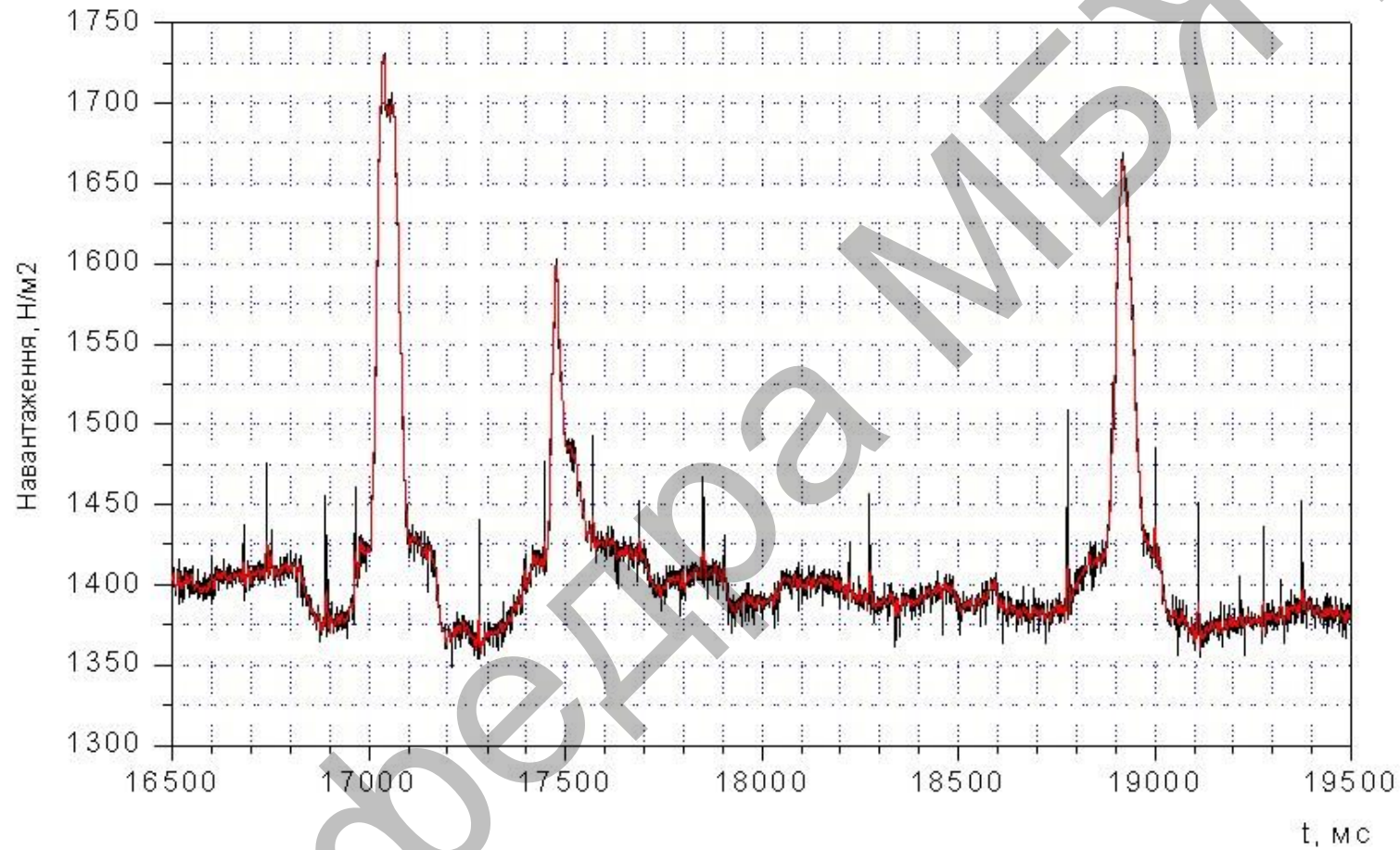
# ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА



# ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СЛАБО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ

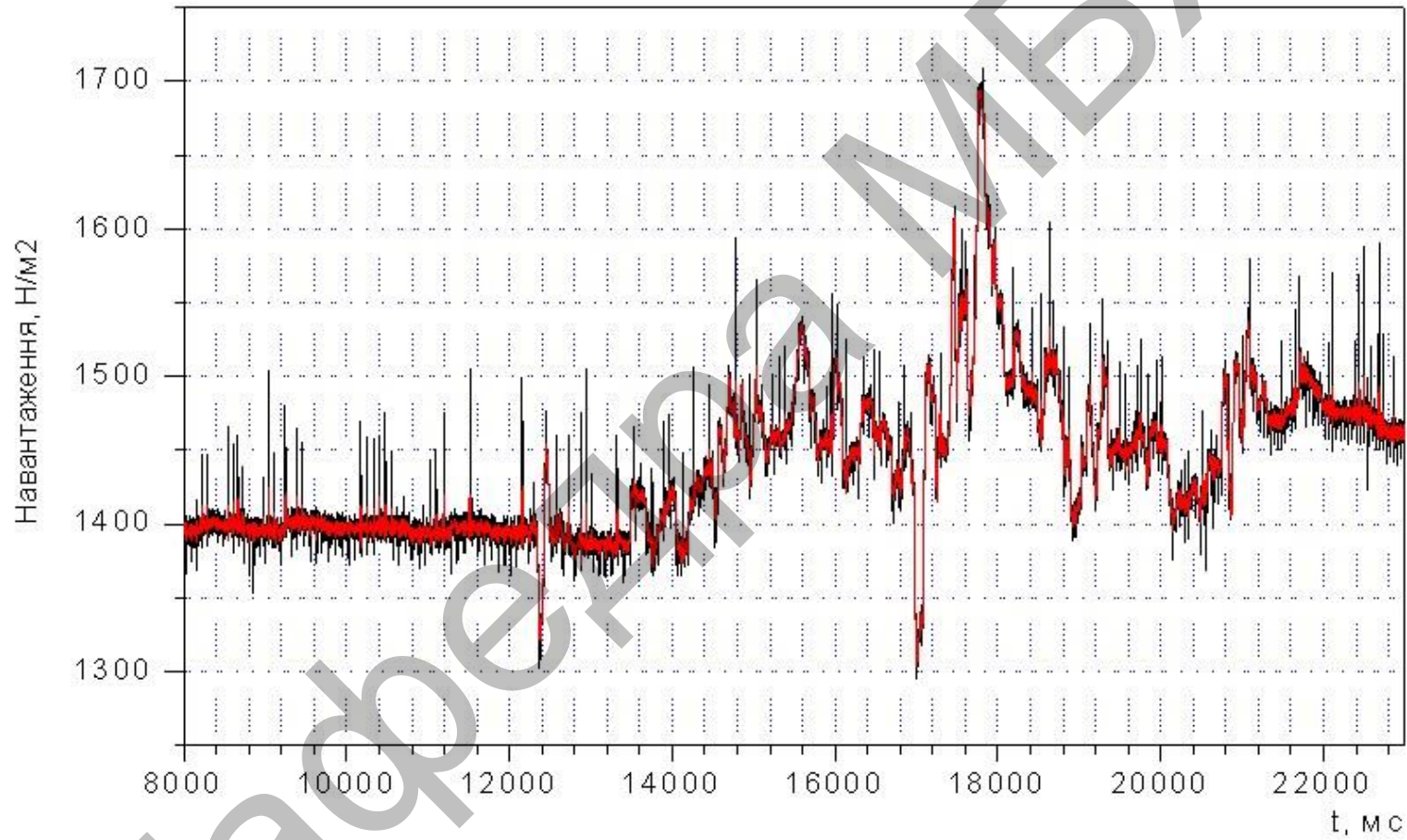


## ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СЛАБО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ (ПІК НАГРУЗКИ)

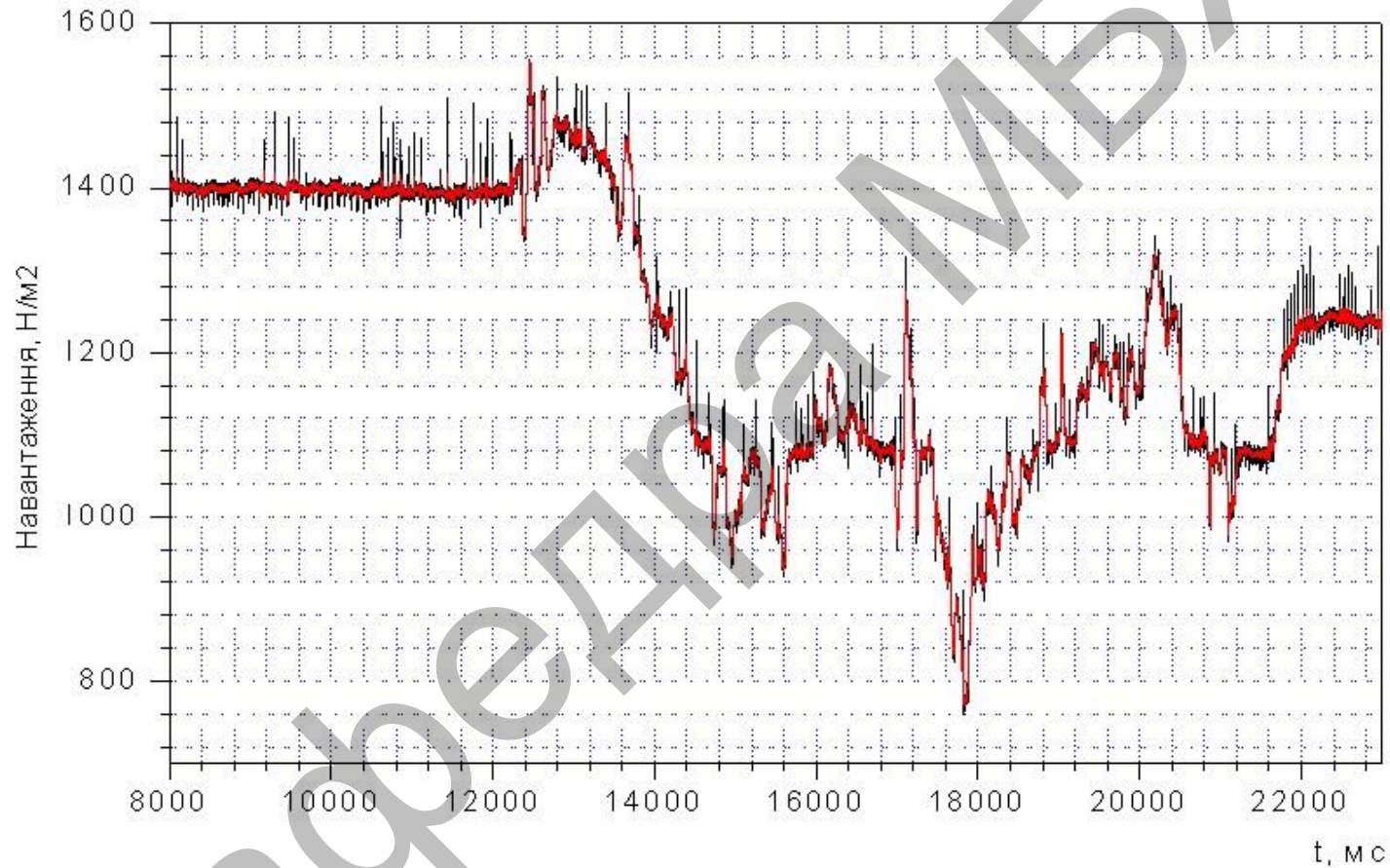




# ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА В СЕРЕДНЬО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ ПРИ РУСІ ВПЕРЕД

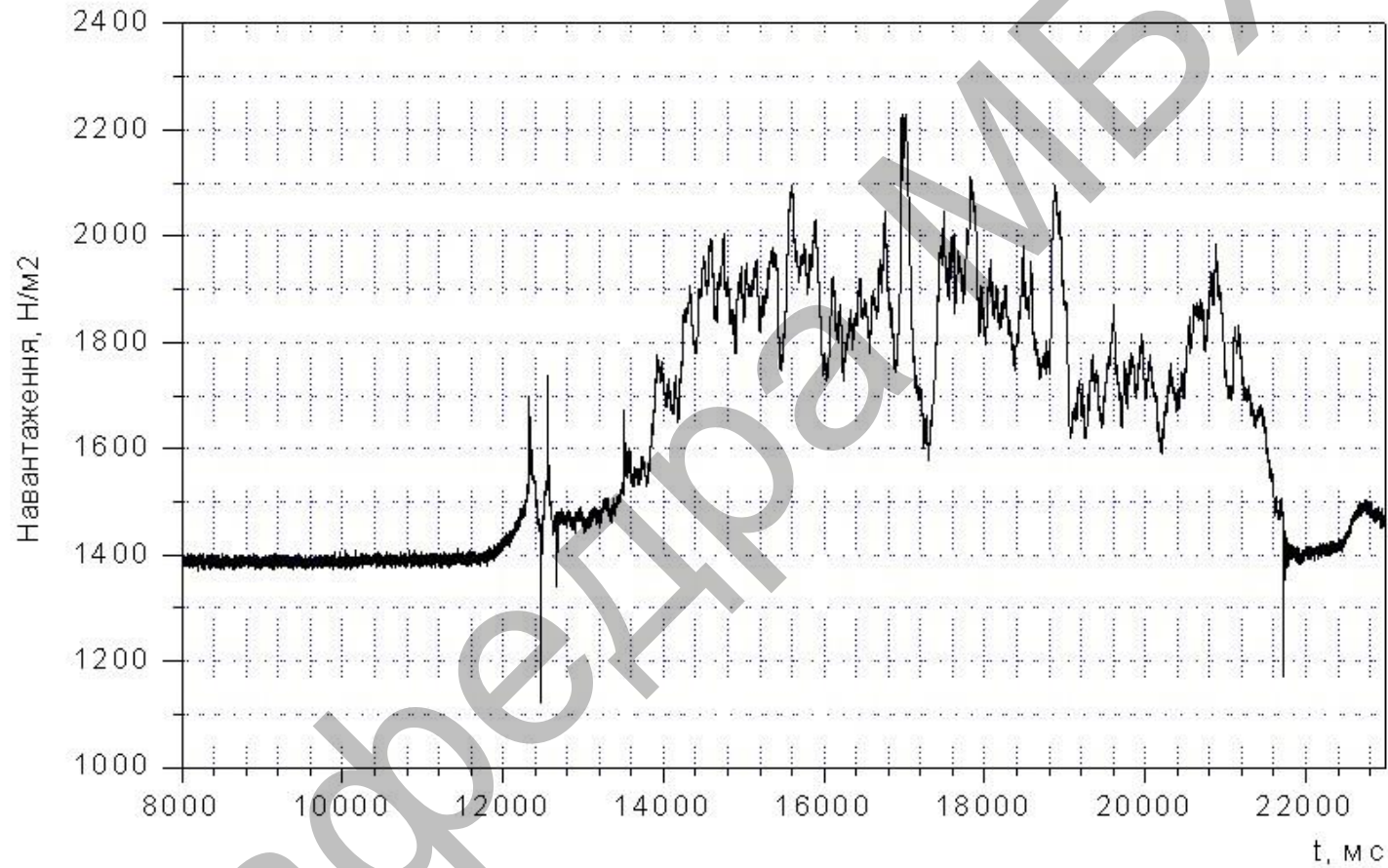


## ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА В СЕРЕДНЬО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ ПРИ РУСІ НАЗАД



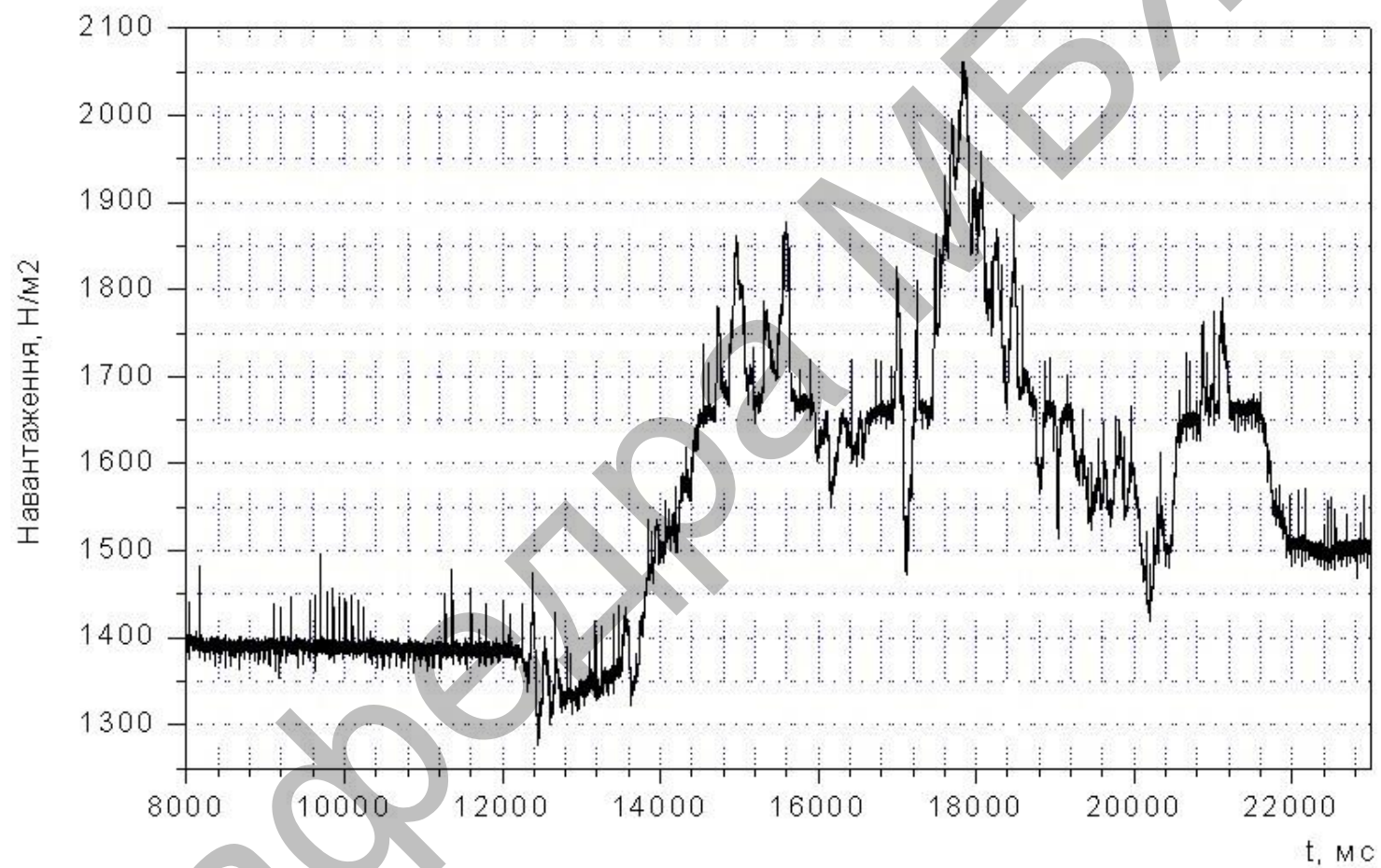


# ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СЕРЕДНЬО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ (МОКРА ГЛИНА)

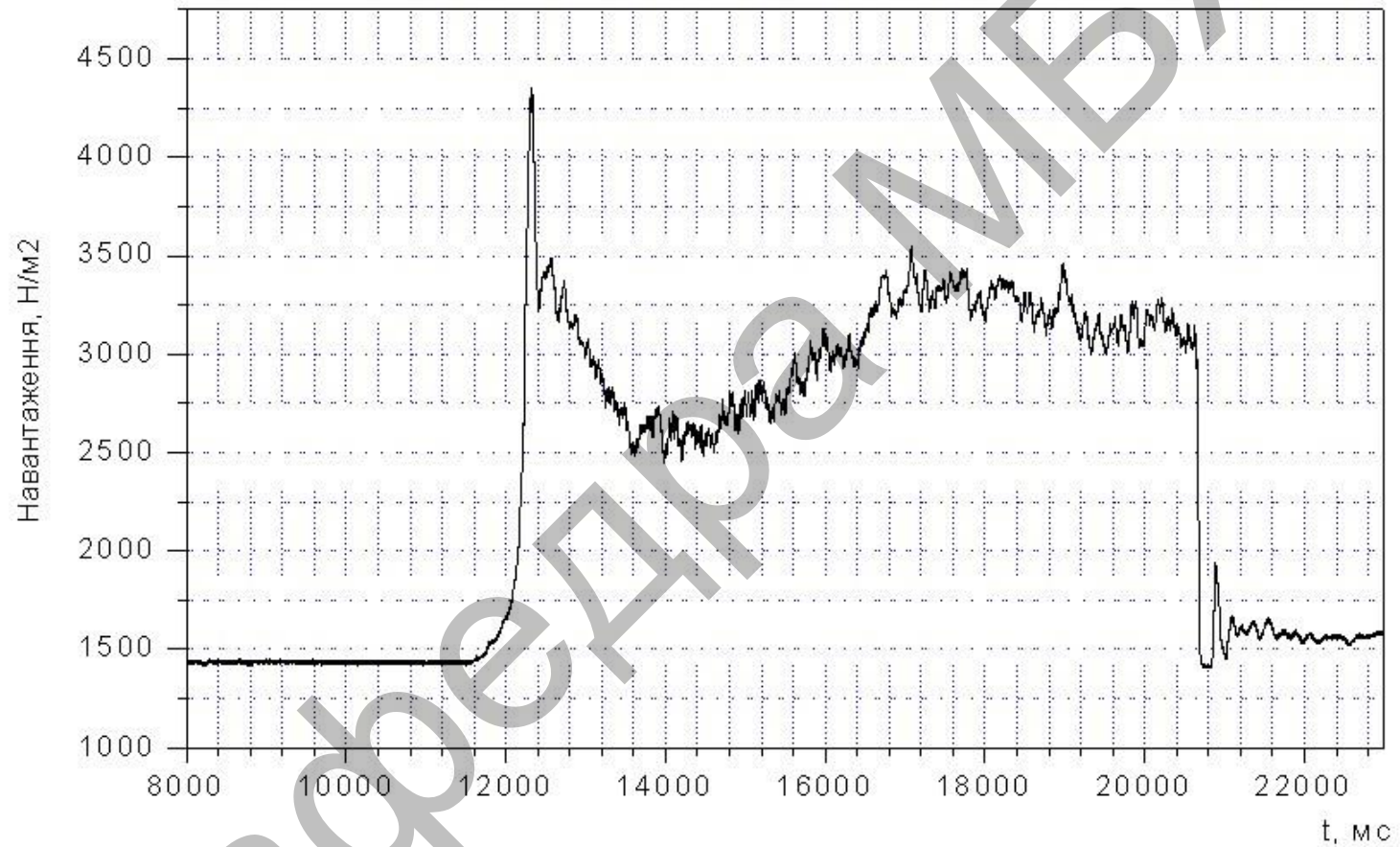


Кафедра МБЖД

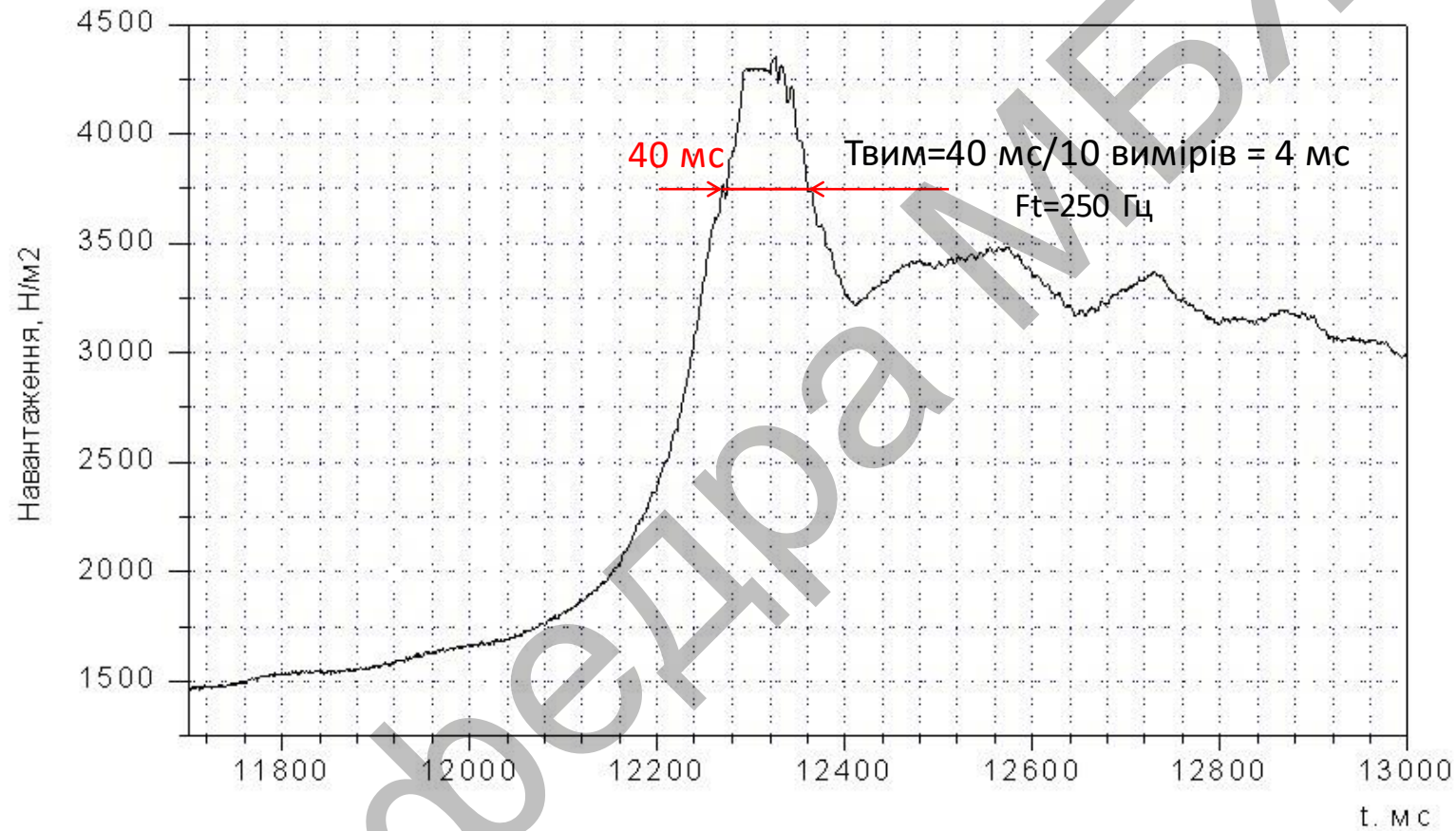
## ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СЕРЕДНЬО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ (СУХИЙ ГРУНТ)



# ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СИЛЬНО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ (ВЕЛИКИЙ МАСИВ ГЛИНИ ІЗ ЩЕБНЕМ)

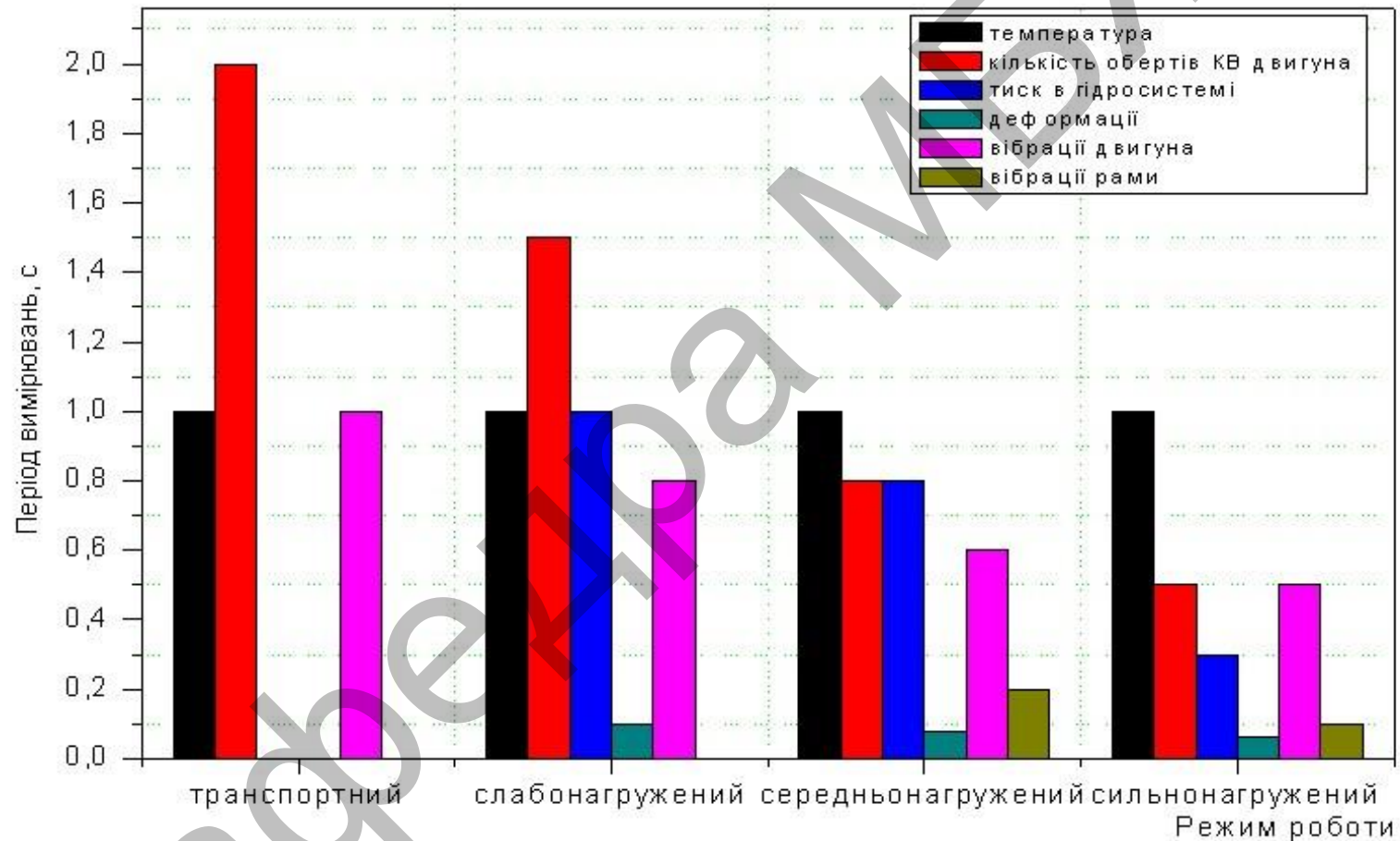


# ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СИЛЬНО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ (ПІК НАГРУЗКИ)

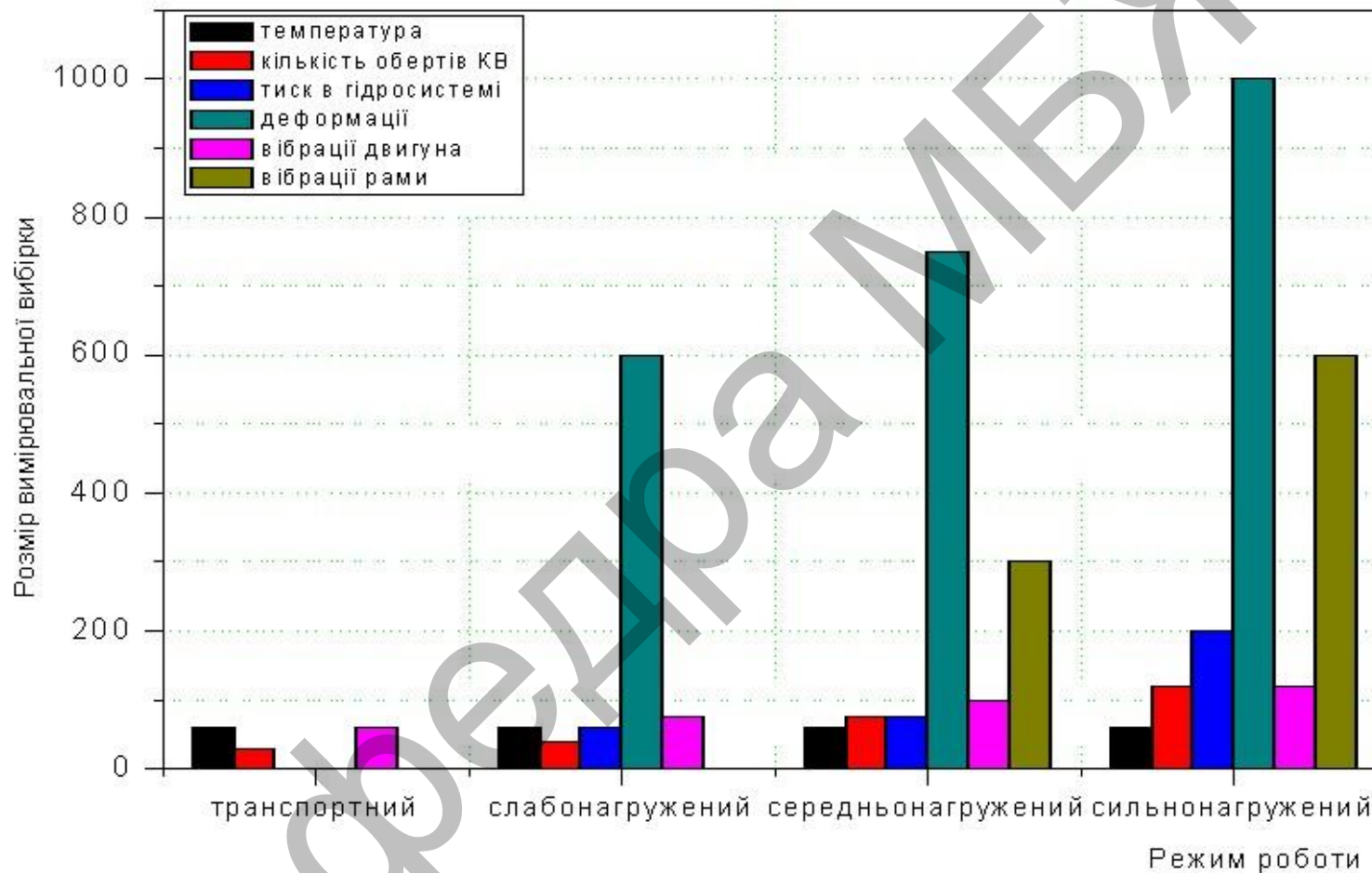




# ЗАЛЕЖНІСТЬ ПЕРІОДУ І КІЛЬКОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ВІД РЕЖИМУ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРА



# ЗАЛЕЖНІСТЬ РОЗМІРУ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ВИБІРКИ ВІД РЕЖИМУ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРА



## ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської роботи була вирішена науково-практична задача з дослідження нечітких вимірювань неелектричних величин в інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах. Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. На автогрейдері будь-які елементи інформаційно—вимірювальної системи інформативних параметрів динамічних режимів роботи відсутні, є лише датчики—сигналізатори критичних режимів роботи. Тобто вимірювальна інформація основних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера є не повною.

2. При проведенні діагностування дорожніх машин проводиться вимірювання близько тридцяти неелектричних величин (деформація, зсув, вібрації, тиск , тощо). Суттєвим є те, що всі вимірювання цих неелектричних величин проводяться або в статистичному режимі, або в динамічному режимі з використанням спеціалізованих стендів. Але в умовах реальної експлуатації дорожньої техніки динамічні режими роботи, навантаження будуть відмінними від стендових. Таким чином виміряні параметри не будуть достовірними в повній мірі і за ними не можна прийняти рішення про відповідність параметрів вузлів та систем установленим параметрам.

## ВИСНОВКИ

3. За результатами аналізу експериментальних досліджень були визначені інформативні параметри для кожного динамічного режиму роботи автогрейдера, розроблені вимоги до шкали вимірювань та сформульовані гнучкі нечіткі правила проведення вимірювань, а також розроблена структурна схема алгоритму вимірювань. Структура інформаційно-вимірювальної системи нечітких вимірювань неелектричних параметрів автогрейдера буде залежати як від динаміки роботи машини так і від динамічних навантажень, які будуть діяти на нього в процесі роботи. В залежності від навантаження та режиму роботи автогрейдера кількість вимірювальних параметрів та періодичність їх вимірювань є різною, тобто шкала вимірювань адаптується як до режиму роботи автогрейдера так і до динамічних нагрузок на нього. Все це в сукупності дозволить значно підвищити достовірність вимірювань неелектричних величин, які характеризують динаміку роботи автогрейдера.

Таким чином, в результаті проведених досліджень мета роботи досягнута, а завдання на магістерську роботу виконано у повному обсязі.

Запропоновані в даній дипломній роботі рішення доцільно використовувати в процесі наукових досліджень просторово розподілених інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем та в навчальному процесі.