

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Механічний факультет

Кафедра метрології та БЖД

ДИПЛОМНА РОБОТА

магістра

ДОСЛІДЖЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОЇ МАШИНИ

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук



М. В. Москаленко

Керівник, канд. техн. наук, доц.



А. О. Коваль

Студент гр. ММ-61-21



Д. Д. Грабовський

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

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

ЗАВДАННЯ **НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Грабовському Денису Дмитровичу

1. Тема роботи: "Дослідження невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини".

Керівник роботи Коваль Андрій Олександрович, к.т.н. доцент

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

2. Строк подання студентом роботи 16 грудня 2022р.

3. Вхідні дані до роботи 1) ТТХ дорожніх машин. 2) Режим роботи – під навантаженням. 3) Кількість вимірюваних величин – дві. 4) Швидкість руху до 50 км/год.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1) Вступ; 2) Аналіз методів дослідження невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини; 3) Структура та функціональні схеми лабораторного комплексу дослідження динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини; 4) Методика та результати проведення досліджень динамічних навантажень з використанням лабораторного комплексу; 5) Охорона праці і навколишнього середовища; 6) Висновок; 7) Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

1) Порівняльна характеристика методів вимірювання динамічних навантажень дорожньої

машини; 2) Структура та функціональні схеми лабораторного комплексу дослідження динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини; 3) Результати досліджень невизначеності вимірювань динамічних навантажень дорожньої машини в залежності від режиму роботи.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів проекту, що їх стосуються:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	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	Вивчення необхідності дослідження з оптимізації розміщення та комплексування датчиків для вимірювань динамічних навантажень дорожніх машин в динамічних режимах	19.10.2022	виконано
3	Розробка пропозицій щодо створення лабораторного комплексу дослідження невизначеності вимірювань динамічних навантажень	5.11.2022	виконано
4	Розробка методики проведення досліджень невизначеності вимірювань динамічних навантажень з використанням лабораторного комплексу	15.11.2022	виконано
5	Охорона праці і навколишнього середовища.	20.11.2022	виконано
6	Формулювання висновків.	24.11.2022	виконано
7	Оформлення пояснювальної записки.	2.12.2022	виконано
8	Створення презентації в PowerPoint.	8.12.2022	виконано
9	Подання роботи керівнику.	9.12.2022	виконано
10	Подання роботи на рецензію.	10.12.2022	виконано
11	Допуск до захисту.	15.12.2022	виконано

Студент гр. ММ-61-21  Грабовський Д. Д.

(підпис)

Керівник роботи  Коваль А. О.

(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 114 с., 31 рис., 7 табл., 1 додаток, 29 джерел.

АВТОГРЕЙДЕР, ВІБРАЦІЇ, ДИНАМІЧНІ НАВАНТАЖЕННЯ, ДОСТОВІРНІСТЬ, НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ, ОПТИМАЛЬНЕ РОЗМІЩЕННЯ ДАТЧИКІВ, РЕЖИМИ РОБОТИ, ТЕХНІЧНЕ ДІАГНОСТУВАННЯ.

Об'єкт дослідження – вимірювальна інформаційна система автогрейдера ДЗк 250В.

Мета роботи – дослідити невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини.

Метод дослідження – тензометричний метод вимірювання параметрів динамічних навантажень, методи прямого експерименту, статистичного та часового аналізу даних вимірювань багатоканальної комп'ютеризованої вимірювальної системи динамічних навантажень.

Предмет дослідження – невизначеність вимірювань вимірювальних каналів динамічних навантажень.

В магістерській роботі на основі експериментальних досліджень всебічно досліджено та проаналізована невизначеність вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини. Проаналізовано вплив типу датчиків та їх розміщення на достовірність вимірювальної інформації. Запропонована методика вимірювання параметрів динамічних навантажень за даними датчиків механічних деформацій, а також запропоновані рекомендації щодо оптимального розміщення датчиків на автогрейдері.

Обґрунтована та апробована структурна схема побудови вимірювальної інформаційної системи автогрейдера ДЗк 250В.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць скорочень і термінів.....	7
Вступ.....	8
1 Аналіз методів оцінювання невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини.....	9
1.1 Аналіз оцінювання невизначеності вимірювань параметрів динамічних навантажень методом моделювання.....	10
1.2 Метод лабораторних досліджень.....	24
1.3 Висновки до розділу.....	26
2 Порівняльна характеристика методів вимірювання основних технічних параметрів автогрейдера.....	27
2.1 Достовірність вимірювань інформативних параметрів автогрейдера	27
2.2 Види вимірювань при технічній діагностиці дорожніх машин.....	29
2.3 Діагностичні параметри основних систем приводів.....	35
2.4 Висновки до розділу.....	39
3 Загальна характеристика режимів роботи автогрейдера ДЗк 250В.....	40
3.1 Загальна характеристика режимів роботи землерийно-транспортних машин.....	40
3.2 Динамічні навантаження.....	42
3.3 Загальна характеристика режимів роботи автогрейдера.....	43
3.4 Експериментальні дослідження вібрацій автогрейдера.....	45
3.5 Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень на автогрейдер ДЗк 250В.....	48
3.6 Висновки до розділу.....	51
4 Дослідження оптимальної схеми розміщення датчиків вібрацій на автогрейдері.....	52

4.1 Методика експериментальних досліджень просторово-часового розподілу деформацій	53
4.2 Результати експериментальних досліджень просторово-часового розподілу деформацій.....	57
4.3 Висновки до розділу.....	63
5 Дослідження невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини	64
5.1 Методика оцінювання невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини.....	64
5.2 Аналіз результатів досліджень невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини.....	66
5.3 Висновки до розділу.....	73
6 Охорона праці і навколишнього середовища.....	74
6.1 Державні нормативні акти про охорону праці.....	75
6.1.1 Система стандартів безпеки праці.....	75
6.2 Техніка безпеки.....	79
6.2.1 Вимоги безпеки під час експлуатації персональних комп'ютерів.....	81
6.2.2 Пожежна безпека.....	82
6.3 Висновки до розділу.....	83
Висновки.....	84
Перелік посилань.....	87
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи.....	90

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ,
ОДИНИЦЬ СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЦП — аналого-цифровий перетворювач

ДСТУ— державний стандарт України

ДВЗ — двигун внутрішнього згорання

ЕОМ — електронно-обчислювальна машина

ВІС — вимірювальна інформаційна система

ККД – коефіцієнт корисної дії

ППР – планово-попереджувальний ремонт

Кафедра МБЖД

ВСТУП

Сучасні технології вимагають безперервного контролю за багатьма параметрами технологічного процесу і контролю стану устаткування. Одними з найважливіших є параметри механічного руху, зокрема параметри періодичних динамічних навантажень на досліджуваній об'єкт в просторі.

Зменшення невизначеності вимірювань просторових динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини є основним напрямом забезпечення їх надійності. Особливе значення це має при проектуванні дорожніх машин на заданий ресурс і збереження їх проектної якості при виготовленні і експлуатації.

Об'єкт дослідження — процес динамічних навантажень на деталі, агрегати, елементи конструкції дорожньої машини.

Основним методом теоретичних досліджень був системний аналіз, узагальнення діагностичних ознак вібраційних сигналів, вібраційних характеристик, статистичних даних про граничні значення структурних і динамічних навантажень їх зв'язку з технічним станом автогрейдерів і режимами його роботи.

Похибки та невизначеність вимірювань параметрів динамічних навантажень на виході бортової інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи в значній мірі залежить від розміщення первинних датчиків-перетворювачів, правильного їх вибору та алгоритмів проведення вимірювань. Узагальнення і розробка методів зменшення невизначеності вимірювання динамічних навантажень в автогрейдерах за їх навантажувальними характеристиками на стадіях проектування, виготовлення і експлуатації має значний науковий інтерес як для галузі машинобудування так і для практики інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОЇ МАШИНИ

У цей час виділяють три надійні способи по кількісній оцінці невизначеності вимірювань на елементи конструкції дорожньої машини:

1. Метод моделювання із застосуванням закону розподілу невизначеності.
2. Метод моделювання Монте-Карло.
3. Емпіричні методи, засновані на експериментальному дослідженні методів вимірювань.

Метод моделювання, ґрунтується на розробці моделі залежності вимірюного динамічного навантаження від усіх впливових факторів, які також діють на робочий орган дорожньої машини. Як показала практика, метод моделювання не дозволяє в повній мірі оцінити динамічні навантаження на робочі органи дорожньої машини в процесі виконання технологічних операцій. Часто його не доцільно використовувати за економічними та іншими чинниками. У таких випадках можуть використовуватися інші альтернативні методи, що дають іноді більш надійні результати [1–13].

Метод Монте-Карло застосовується, коли модель є нелінійною, а також коли розподіл значно відрізняється від нормального.

Емпіричні підходи, які включають результати лабораторних досліджень, знаходять застосування там, де не можна застосувати метод моделювання й змодельовати внески в невизначеність впливаючих величин, а також коли є вся необхідна інформація з лабораторних досліджень для розрахунків невизначеності вимірювань [1, 3, 6, 14].

Дуже часто для оцінки невизначеності необхідно застосовувати комбінацію різних підходів:

1. При використанні методу моделювання модель обов'язково включає

члени, зв'язані з випадковими факторами. Такі складові звичайно краще оцінювати з використанням даних по контролю якості вимірювань, контрольних карт або іншого періодичного контролю [7–9, 11–14].

2. Оцінки невизначеності можуть ґрунтуватися на моделі, що включає тільки ті ефекти, які розглядаються як систематичні за тривалий період часу. Контрольні карти або інші дані по відтворюваності лабораторного експерименту можуть використовуватися для оцінки внеску випадкових факторів [15].

3. При застосуванні емпіричного підходу й результатів оцінки правильності й точності для оцінки невизначеності можуть використовуватися результати лабораторного експерименту.

4. Якщо вимірювана величина включає набір опорних вимірювань, то емпіричні методи найбільш придатні для оцінювання складової мінливості від опорних вимірів. Заключний процес вимірювань досліджується методом моделювання або емпіричним методом.

1.1 Аналіз оцінювання невизначеності вимірювань параметрів динамічних навантажень методом моделювання

Метод моделювання є найбільш розробленим і широко використовуваним для оцінки невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожніх машин. Метод полягає у встановленні моделі вимірювань, яка зв'язує вимірювану величину з впливаючими величинами, розрахунків стандартної невизначеності кожної впливаючої величини й оцінці, з урахуванням коефіцієнтів чутливості, стандартної невизначеності вимірюваної величини. При використанні цього методу передбачається, що поправки на значимі систематичні ефекти включені в модель. Застосування закону розповсюдження невизначеності дає можливість оцінити сумарну невизначеність, пов'язану з результатом. Підхід

залежить від часток похідних для кожної впливаючої величини. А отже залежить від виду функціональної залежності результату або, якщо формою є алгоритм, від чисельного диференціювання [13, 15]. Типовими вихідними даними підходу моделювання є "бюджет невизначеності", що дає підсумкову оцінку сумарної стандартної невизначеності результатів вимірювань з невизначеностей вхідних величин. Бюджет невизначеності включає дані про кожну "вхідну величину" і її внесок в результат вимірювань та невизначеність. Взаємний зв'язок даних результатів вимірювань і їх невизначеності можна зобразити у вигляді наступної схеми (рисунок 1.1):

Вхідні величини	Результат вимірювань
значення x_i	значення y
стандартна невизначеність $u(x_i)$	(сумарна) стандартна невизначеність $u(y)$
коефіцієнт чутливості $c_i = (\partial y / \partial x_i)$	коефіцієнт охоплення k
внесок у невизначеність $u_i(y) = c_i \cdot u(x_i)$	розширена невизначеність $U(y) = k \cdot u(y)$

Рисунок 1.1 – Взаємний зв'язок даних результатів вимірювань і їх невизначеності

Бюджет невизначеності відноситься до конкретного результату вимірювання. Однак, методику обчислення бюджету невизначеності можна застосувати до всіх вимірювань, проведених з використанням того ж методу. Для будь-якого нового вимірювання (сумарна) стандартна невизначеність $u(y)$ утворюється через уведення в методику вхідних даних x_i і $u(x_i)$ для цього вимірювання, на підставі яких потім будуть отримані y і $u(y)$.

Так як бюджет невизначеності містить інформацію про відносні величини внесків різних вхідних величин у невизначеність, то ця інформація

може бути використана для вдосконалення методики вимірювань й підвищення її точності. Процес оцінювання невизначеності методом моделювання складається з наступних етапів.

1. Опис вимірювання, складання його моделі й виявлення джерел невизначеності. Будь-який процес вимірювання можна представити у вигляді послідовності виконуваних операцій. Тому для опису вимірюваної величини й виявлення джерел невизначеності доцільно представити ланцюг перетворення вимірюваної величини у вигляді схеми, що відображає послідовність процесу вимірювань. У більшості випадків вимірювана величина y не є прямо вимірюваною, а залежить від n інших вимірюваних величин $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ і виражається через функціональну залежність

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1.1)$$

де $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ – вхідні величини;

y – вихідна величина.

Вхідні величини $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, від яких залежить вихідна величина y є безпосередньо вимірюваними величинами й самі можуть залежати від інших величин, включаючи виправлення й поправочні коефіцієнти на систематичні похибки:

$$x_1 = f(z_1, z_2, z_3, \dots, z_j), \quad x_2 = f(q_1, q_2, q_3, \dots, q_k) \text{ і т. д.}$$

Етап моделювання є надзвичайно важливим, тому що від правильності і повноти розробки моделі вимірювання, які визначаються необхідною точністю, залежить кількість джерел невизначеності. З метою узагальнення джерел невизначеності вимірювану величину й виявлені джерела

невизначеності: вхідні величини й величини, що на них впливають можна представити у вигляді діаграми причинно-наслідкових зв'язків (рисунок 1.2):

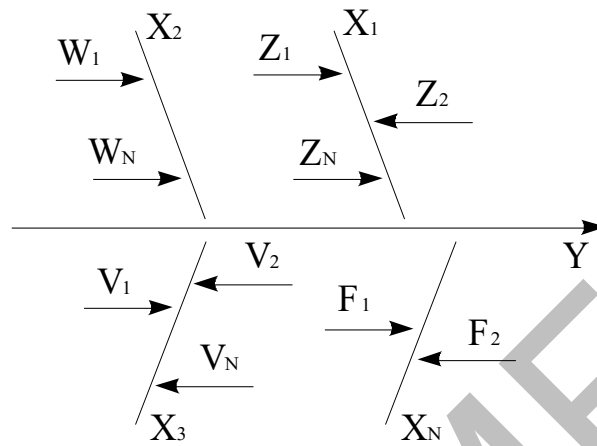


Рисунок 1.2 – Діаграма причинно-наслідкових зв'язків

Джерелами невизначеності можуть бути умови вимірювань, апаратурні ефекти, чистота повітря (наявність в ньому пилу, снігу, крапель дощу), умови вимірювань (умови навколишнього середовища, вібрація), обчислювальні й випадкові ефекти, вплив оператора.

2. Оцінювання значень і стандартних невизначеностей вхідних величин. Наступним етапом після виявлення джерел невизначеності є кількісний опис невизначеностей, що виникають внаслідок стороннього впливу від цих джерел. Це може бути зроблено двома шляхами [16]:

- оцінюванням невизначеності, що виникає від кожного окремого джерела з наступним підсумовуванням складових;
- безпосереднім визначенням сумарного внеску в невизначеність від деяких або всіх джерел з використанням даних про ефективність методу в цілому.

Показники ефективності методу встановлюються у процесі його розробки та лабораторних досліджень. До показників ефективності відносяться:

- правильність, яка характеризується зсувом;

— прецизійність, яка характеризується повторюваністю, відтворюваністю й проміжною прецизійністю [7].

Оцінки ефективності можуть включати не всі фактори, тому вплив будь-яких не врахованих факторів оцінюється окремо й потім додається. Для кожної вхідної величини необхідно визначити оцінку й стандартну невизначеність. При цьому всі вхідні величини внаслідок того, що їх значення не можуть бути точно відомі, є випадковими і безперервними. Тоді оцінками вхідних величин $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ є їхні математичні очікування, а стандартними невизначеностями $u(x_i)$ вхідних величин – стандартні відхилення. Оцінку вхідних величин x_i і пов'язану з нею стандартну невизначеність $u(x_i)$ одержують із закону розподілу ймовірностей вхідної величини. Оцінювання невизначеності від кожного джерела можливо двома способами: по типу А (шляхом статистичного аналізу ряду вимірювань) і по типу В (іншим способом, ніж статистичний аналіз вимірювальної вибірки).

Вихідними даними для оцінювання стандартної невизначеності по типу А є результати багаторазових вимірів $x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, \dots, x_{in}$; $i = 1, \dots, m$. На підставі отриманих результатів розраховується середнє арифметичне \bar{x}_i , яке є оцінкою вхідної величини x_i , за формулою:

$$\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik} . \quad (1.2)$$

Стандартна невизначеність, пов'язана з оцінкою \bar{x}_i є експериментальним стандартним відхиленням середнього значення і рівна квадратному кореню з експериментальної дисперсії середнього значення. Стандартна невизначеність $u(x_i)$ для результату вимірювань $x_i = \bar{x}_i$, обчислюється по формулі:

$$u(x_i) = u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}. \quad (1.3)$$

Вихідними даними для оцінювання стандартної невизначеності за типом В є наступна апріорна інформація:

- дані попередніх вимірювань величин, що входять у рівняння виміру;
- відомості про вид розподілу ймовірностей;
- дані, засновані на досвіді дослідника, або загальних знаннях про поведінку й властивості відповідних приладів і матеріалів;
- невизначеності констант і довідкових даних;
- дані перевірки, калібрування, відомості виготовлювача про оптичний датчик і ін.

Якщо оцінка x_i береться зі специфікації виробника датчика, свідоцтва про перевірку, довідника або іншого джерела, то невизначеність зазвичай дається як інтервал $\pm a$ відхилення вхідної величини від її оцінки. Наявну інформацію про величини x_i необхідно правильно описати за допомогою функції розподілу ймовірностей. Для визначення стандартної невизначеності вхідних величин необхідно скористатися законом розподілу ймовірностей x_i . При цьому найчастіше використовують наступні основні закони розподілу [8]:

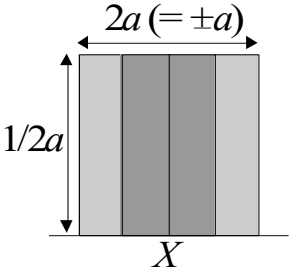
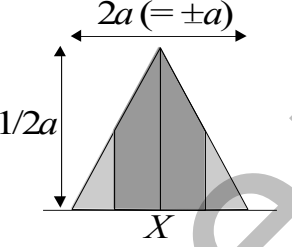
- прямокутний (рівномірний);
- трикутний;
- нормальний (Гаусівський).

Формули й способи застосування для оцінювання невизначеності вимірювань наведені в таблиці 1.1.

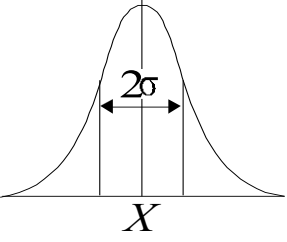
2. Аналіз кореляцій. Дві вихідні вимірювальні вибірки на виході тензOMETричного датчика можуть бути незалежні або пов'язані між собою (корельовані). Тут мається на увазі кореляція "логічна", а не математична. Наприклад, може існувати значна кореляція між двома вихідними часовими

вимірювальними вибірками датчика, якщо при вимірюваннях використовують один і той же самий датчик, або довідкові дані, що мають значну стандартну невизначеність.

Таблиця 1.1 – Формули розрахунків стандартної невизначеності

Вид функції щільності імовірності	Спосіб застосування	Стандартна невизначеність
Прямокутний розподіл		
	<p>— про вимірювану величину відомо тільки, що її значення напевно лежить у певній області й що кожне значення між границями цієї області з однаковою ймовірністю може ухвалюватися в розрахунки;</p> <p>— сертифікат або інший документ дає межі без визначення рівня довіри (наприклад, 250 мм ± 0,05 мм);</p> <p>— оцінка отримана у формі максимальних значень ($\pm a$) з невідомою формою розподілу.</p>	$u(x) = \frac{a}{\sqrt{3}}$
Трикутний розподіл		
	<p>— доступна інформація щодо значень величини менш обмежена, чому для прямокутного розподілу. Значення біля середнього значення більш імовірні, чому в границь;</p> <p>— оцінка отримана у формі максимальних значень діапазону ($\pm a$), описаного симетричним розподілом імовірностей;</p> <p>— коли величина є сумою або різницею двох величин, розподіл імовірностей значень яких описується прямокутним законом з однаковими діапазонами.</p>	$u(x) = \frac{a}{\sqrt{6}}$

Закінчення таблиці 1.1

Нормальний розподіл		
 <p style="text-align: center;">X</p>	<p>Оцінка отримана з повторних спостережень випадково мінливого процесу. Невизначеність дана у формі:</p> <ul style="list-style-type: none"> — стандартного відхилення спостережень; — відносного стандартного відхилення S/\bar{x}; — коефіцієнта дисперсії $C_v\%$ без установлення виду розподілу. <p>Невизначеність дається у формі 95 %-го або іншого інтервалу довіри Q без вказання виду розподілу.</p>	$u(x) = S$ $u(x) = x \cdot S/\bar{x}$ $u(x) = x \cdot \frac{C_v\%}{100}$ $u(x_i) = \frac{Q}{2}$, при $P = 0,95$

Мірою взаємної кореляції двох випадкових величин є коваріація. Якщо дві вхідні величини x_i і x_j є корельованими, тобто залежними одна від одної, то при оцінюванні сумарної стандартної невизначеності повинна враховуватися їх коваріація $u(x_i, x_j)$, яка оцінюється за наступним виразом:

$$u(x_i, x_j) = u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j), \quad i \neq j, \quad (1.4)$$

де $u(x_i)$, $u(x_j)$ – стандартні невизначеності;

$r(x_i, x_j)$ – коефіцієнт кореляції.

Для розрахунків коефіцієнта кореляції використовуються погоджені пари вимірювань (x_i, x_j) , $k = 1, \dots, n$:

$$u(x_i, x_j) = u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j), \quad i \neq j, \quad (1.5)$$

де $u(x_i)$, $u(x_j)$ – стандартні невизначеності;

$r(x_i, x_j)$ – коефіцієнт кореляції.

Для розрахунків коефіцієнта кореляції використовуються погоджені пари вимірювань (x_i, x_j) , $k=1, \dots, n$:

$$r(x_i, x_j) = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i) \cdot (x_{jk} - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}}. \quad (1.6)$$

3. Розрахунки оцінки результатів вимірювання відстані оптичним методом. Оцінка результатів вимірювання відстані y є результатом вимірювання. Цю оцінку отримують із рівняння зв'язку, замінюючи вхідні величини X_i їх оцінками x_i :

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n). \quad (1.7)$$

5. Розрахунки стандартної невизначеності результатів вимірювання відстані оптичним методом. Стандартна невизначеність вимірювання відстані Y являє собою стандартне відхилення оцінки вихідної величини або результату вимірювання й характеризує розкид значень, які можуть бути з достатньою підставою приписані вимірюваній величині. Визначається підсумовуванням стандартної невизначеності вхідних величин $u(x_i)$ і є сумарною, або комбінованою стандартною невизначеністю, позначуваною $u_c(y)$. Застосований для підсумовування метод є законом розподілу невизначеностей або коренем із суми квадратів.

У випадку некорельованих вхідних величин сумарна стандартна невизначеність розраховується за формулою:

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i)}, \quad (1.8)$$

де $\frac{\partial f}{\partial x_i}$ – часткова похідна функції f по аргументу x_i ;

$u(x_i)$ – стандартна невизначеність, оцінена за типом А або В.

У випадку корельованих даних вимірювань відстані:

$$\begin{aligned} u_c(y) &= \sqrt{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot u(x_i, x_j)} = \\ &= \sqrt{\sum_{i=1}^N \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} \cdot u(x_i, x_j)}. \end{aligned} \quad (1.9)$$

де $u(x_i, x_j)$ визначається за формулою (1.3).

Часткові похідні є не що інше як коефіцієнт чутливості c_i та показують, як змінюється виміряна оптичним датчиком відстань y зі зміною значення

вхідних оцінок x_i : $c_i = \frac{\partial f}{\partial x_i}$.

З урахуванням c_i формули зміняться:

— у випадку некорельованих вхідних величин

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N (c_i)^2 \cdot u^2(x_i)} = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y)}, \quad (1.10)$$

— у випадку корельованих вхідних величин

$$\begin{aligned}
 u_c(y) &= \sqrt{\sum_{i=1}^N c_i^2 \cdot u^2(x_i) + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N c_i \cdot c_j \cdot u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j)} = \\
 &= \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(y) + 2 \cdot \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N u_i(y) \cdot u_j(y) \cdot r(x_i, x_j)}
 \end{aligned}
 \tag{1.11}$$

де $r(x_i, x_j)$ визначається за формулою (1.6).

Величина $u_i(y)$ ($i = 1, 2, \dots, N$) є внеском у стандартну невизначеність, пов'язану з оцінкою y вихідної величини, яка впливає зі стандартної невизначеності, пов'язаної з оцінкою вхідної величини x_i , за наступним виразом:

$$u_i(y) = c_i \cdot u(x_i). \tag{1.12}$$

У багатьох випадках загальні вирази для підсумовування невизначеностей скорочуються до набагато більш простих формул. Так, якщо функція f є сумою або різницею некорельованих вхідних величин X_i , наприклад $y = (x_1 + x_2 + \dots + x_n)$, то сумарна стандартна невизначеність $u_c(y)$ буде визначатись виразом:

$$u_c(y) = \sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2) + \dots + u^2(x_n)}. \tag{1.13}$$

Якщо функція моделі f є добутком або відношенням некорельованих вхідних величин X_i , то сумарна стандартна невизначеність $u_c(y)$ буде визначатись за формулою:

$$\frac{u_c(y)}{y} = \sqrt{\left(\frac{u(x_1)}{x_1}\right)^2 + \left(\frac{u(x_2)}{x_2}\right)^2 + \dots + \left(\frac{u(x_n)}{x_n}\right)^2}, \quad (1.14)$$

де $\frac{u(x_i)}{x_i}$ – невизначеності вимірних параметрів, виражені у вигляді відносних стандартних відхилень.

6. Оцінювання розширеної невизначеності вимірювання відстані оптичним методом. Розширену невизначеність U одержують шляхом множення стандартної невизначеності вихідної величини $u_c(y)$ на коефіцієнт охоплення k . При виборі значення коефіцієнта охоплення слід враховувати:

- необхідний рівень вірогідності;
- яку-небудь інформацію про передбачуваний розподіл;
- інформацію про розмір вимірювальної вибірки, яка використовується для оцінки випадкових ефектів.

Коефіцієнт охоплення k при оцінюванні розширеної невизначеності вибирають у відповідності з наступними рекомендаціями.

У випадках, коли вимірюваній величині може приписуватися нормальний розподіл ймовірностей, коефіцієнт охоплення k визначається як квантиль нормованого нормального розподілу при рівні довіри P (таблиця 1.2).

Таблиця 1.2 – Значення коефіцієнта охоплення k при рівні довіри P

Рівень довіри P , %	Коефіцієнт охоплення, k
68,27	1
90	1,645
95	1,96
95,45	2
99	2,576
99,73	3

Часто на практиці приймають $k=2$ для інтервалу, що має рівень довіри $P = 95 \%$ і $k = 3$ для інтервалу, що має рівень довіри $P = 99 \%$.

Якщо всі стандартні невизначеності, оцінені за типом А, визначалися на підставі ряду спостережень, кількість яких менш 10, то розподіл імовірностей результату виміру описується розподілом Стюдента (t -розподілом) з ефективним ступенем свободи ν_{ef} .

У загальному випадку $k = t_p(\nu_{ef})$, де $t_p(\nu_{ef})$ – квантиль розподілу Стюдента з ефективним числом ступенів свободи ν_{ef} й рівнем довіри P . Ефективне число ступенів свободи ν_{ef} розраховується по формулі:

$$\nu_{ef} = \frac{u_c^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u^4(x_i)}{\nu_i} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^4}, \quad (1.15)$$

де $\nu_i = n - 1$ – число ступенів свободи при визначенні оцінки i -ї вхідної величини для оцінювання невизначеностей за типом А (n – розмір виміральної вибірки);

$\nu = \infty$ для визначення невизначеності за типом В.

Значення коефіцієнта охоплення, яке дорівнює квантилю розподілу Стюдента $k = t_p(\nu_{ef})$ можна знайти в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Коефіцієнти охоплення k для різних ступенів свободи ν_{ef}

ν_{ef}	1	2	3	4	5	6	7	8	10,0	20,0	50,0	∞
k_{95}	13,97	4,53	3,31	2,87	2,65	2,52	2,43	2,37	2,28	2,13	2,05	2,00
k_{99}	235,8	19,21	9,22	6,22	5,51	4,90	4,53	4,28	3,96	3,42	3,16	3,00

Коли внесок джерела невизначеності вхідної величини, що має прямокутний розподіл, є домінуючим (у три і більше разів, чим усі інші разом

узяті) k дорівнює: 1,65 при $P = 95 \%$; 1,71 при $P = 99 \%$. Коли внесок джерела невизначеності вхідної величини, яка має прямокутний розподіл, є домінуючим (у три і більше разів, ніж усі інші разом узяті) k дорівнює: 1,65 при $P = 95 \%$; 1,71 при $P = 99 \%$. Таким чином, при обчисленні невизначеності вимірювань слід дотримуватися послідовності, викладеної вище й представленої на рисунку 1.3. Основний принцип цього підходу полягає в синтезі оцінок невизначеності з оцінок прецизійності й оцінок зсуву. Оцінки прецизійності (повторюваності, лабораторної відтворюваності) і зсуву можуть бути отримані в результаті спеціально організованих в одній лабораторії експериментальних досліджень або необхідна інформація може бути отримана з результатів контролю якості вимірювань (внутрішнього контролю), у тому числі з використанням контрольних карт, а також валідації методу.

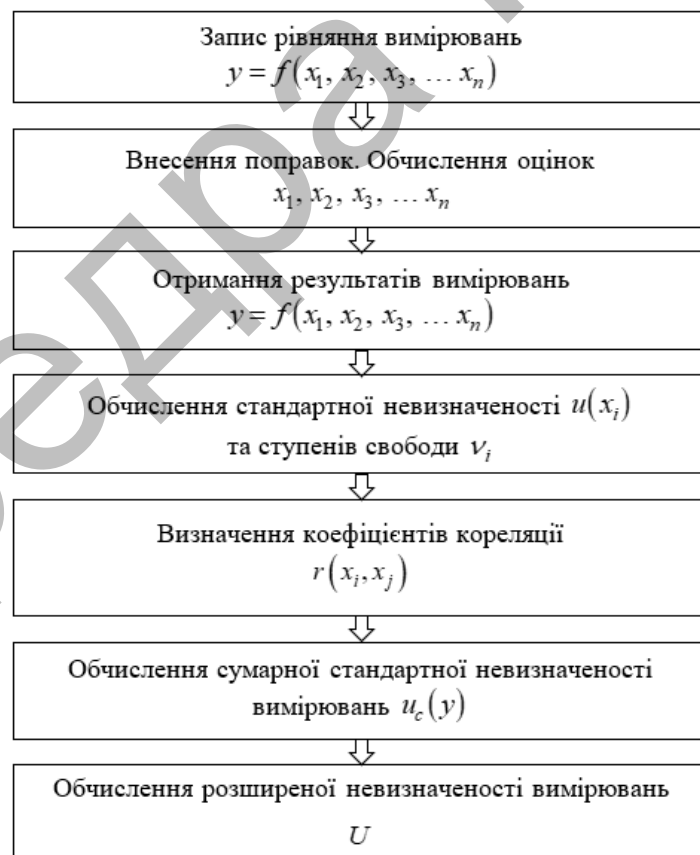


Рисунок 1.3 – Послідовність обчислення невизначеності

1.2 Метод лабораторних досліджень

Оцінки прецизійності й зсуву, отримані з використанням способу лабораторного дослідження, як правило, охоплюють усі ефекти, вплив яких на вимірювання може проявитися при нормальних умовах застосування методу вимірювань. Тому, за умови забезпечення статистичного контролю, оцінки невизначеності можуть застосовуватися до всіх вимірювань, отриманих у рамках області застосування методики вимірювань. Діапазон застосування оцінок невизначеності встановлюється застосованістю методики. Тому такі дослідження повинні включати відповідні зміни усередині області застосування методики, наприклад, різні рівні вимірюваної величини й різні типи досліджених зразків [17]. З використанням оцінок прецизійності й зсуву, отриманих в одній лабораторії, невизначеність вимірювання оцінюється як корінь квадратний із суми квадратів стандартного відхилення s вимірювання, що характеризує прецизійність, і оцінки b , розрахованої для зсуву вимірювання у відповідності рівнянням:

$$u = \sqrt{s^2 + b^2} . \quad (1.16)$$

Прецизійність методики вимірювання досліджується за результатами контролю методу або його валідації й кількісно визначається як стандартне відхилення, отримане з повторних вимірювань на відповідних контрольних зразках. Залежно від умов проведення повторних вимірювань, одержують два різні стандартні відхилення:

— s_r – стандартне відхилення лабораторної повторюваності, отримане в умовах повторюваності: один оператор, одне встаткування, повторення протягом короткого часу;

— $S_{I(\cdot)}$ – стандартне відхилення лабораторної відтворюваності,

отримане в умовах лабораторної відтворюваності: різні оператори та (або), різне встаткування та (або) різний час.

Для оцінювання невизначеності вимірювання краще використовувати стандартне відхилення лабораторної відтворюваності s_r , тому що воно в порівнянні зі стандартним відхиленням повторюваності s_r включає більше складових невизначеності. Якщо є дані про лабораторну відтворюваність, отримані з різних серій вимірювань, то їх можна об'єднати в загальну оцінку прецизійності $S_{I(\cdot)}$. Зсув досліджується лабораторією з використанням стандартних зразків або як альтернатива іншої еталонної методики. Типовими даними, отриманими при дослідженні й контролі зсуву, буде Δ – середнє відхилення повторних результатів вимірювань від відповідного еталонного значення. Для розрахунків невизначеності повинна бути відома оцінка невизначеності u_{ref} еталонного значення. Внесок зсуву в невизначеність вимірювання отримують із середнього відхилення Δ , невизначеності еталонного значення u_{ref} , і прецизійності середнього значення повторних вимірювань виконаних при дослідженні зсуву S :

$$b = \sqrt{\Delta^2 + u_{ref}^2 + \frac{s^2}{n}}. \quad (1.17)$$

Якщо є дані про зсув, отримані з різних серій вимірювань, то ці дані можуть бути об'єднані в загальну оцінку для невизначеності зсуву переважно як функція від рівня вимірюваної величини. При відсутності даних про зсув, практичний підхід оцінки невизначеності буде полягати в збільшенні лабораторного стандартного відхилення, використовуючи коефіцієнт, отриманий із практичного досвіду, рівний 2, тобто, $u \approx 2 \cdot S_{I(\cdot)}$.

3.3 Висновки до розділу

Аналіз методів оцінювання невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини дозволив зробити наступні висновки:

— оскільки всі дослідження будуть проводитись методом експерименту в одних і тих же умовах на вже наперед відомому типу, то з всієї множини методів оцінювання невизначеності вимірювань будемо використовувати лабораторний метод;

— так як ми можемо забезпечити багаторазову повторюваність експерименту, то оцінювати невизначеність необхідно за типом А.

2 ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ОСНОВНИХ ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АВТОГРЕЙДЕРА

2.1 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 ймовірнісні характеристики їх відхилень від дійсних значень відповідних величин. Достовірність характеризує ймовірність 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 прогнозної 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 вимірювально-інформаційній системі інформативних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера.

Розглянемо більш детально основні складові вимірювально-інформаційної системи автогрейдера в процесі технічної діагностики.

2.2 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 визначати 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 ККД 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, 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 кранів 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 кранів 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 термощупів 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 шлицьових 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 установленної 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 витоку 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 організовують 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 заглибленої діагностики, 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.

2.3 Діагностичні 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° вказує на погану роботу масляного радіатора.

Охолоджуюча температура води характеризується тепловим режимом двигуна: при 75°C необхідно проводити додаткове утеплення двигуна, а при перевищенні 85°C 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 слабого 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 катушок.

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 зубчасту передачу свинцевого зволікання.

Допустимі значення бічного зазору лежать в межах від 0,12 мм для модуля від 2 мм до 0,6 мм для модуля 12 мм. Регулювання бічного зазору здійснюється за допомогою зміни міжцентрової відстані зубчастої 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 від 40 % до 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 від 1,5 мм до 3,0 мм і до верхньої частини бічної поверхні 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 приймається від 20 мкм до 480 мкм. 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 як 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, залежно від величини міжосьової відстані і виду сполучення, знаходиться в межах від 55 мкм до 750 мкм. 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.

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 здавлення поверхонь і відповідну передачу зусиль.

Вільний хід нових фрикційних передач прийнято робити рівним $(0,1—0,2) L$.

По мірі зносу фрикційних поверхонь зазор S збільшується на деяку величину D . Загальний знос D_0 допускається до величини, при якій максимальний зазор $S_{\max} = S + D_0$ допускає включення фрикційної системи переміщенням педалі.

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

2.4 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 вимірювально-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 і т. д). 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 ВІС вимірювання інформативних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера.

3 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕЖИМІВ РОБОТИ АВТОГРЕЙДЕРА ДЗк 250В

3.1 Загальна характеристика режимів роботи землерийно-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; а число увімкнень механізму не виходить за межі від 20 до 50 за годину. Зазвичай при цьому тривалість включень двигунів не перевищує від 50 % до 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 від 50 до 100

на годину. При цьому можуть мати місце короткі піки навантаження, що перевищують середнє значення в 1,5 рази. 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 від 1,51 до 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 від 2,6 до 3,0 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 від 10 с до 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. Огибалов ділять процес навантаження матеріалів залежно від швидкості змін в часі діючих зовнішніх 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 різання. 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 пересування 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. Таким чином, в залежності від навантаження на робочий орган змінюється і режим роботи двигуна, його температурний режим, детонація, ступінь вібрацій двигуна. При зміні навантажень змінюється також і рівень вібрацій рами автогрейдера. При досягненні критичних навантажень відбувається деформація елементів рами і як наслідок виникнення тріщин і розломів. Попереджуваними 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.

3.4 Експериментальні дослідження вібрацій автогрейдера

Для обґрунтування необхідності оптимізації розміщення первинних датчиків перетворювачів в квітні, травні 2021 року на полігоні механічного факультету ХНАДУ було проведено серію експериментальних досліджень.

Для проведення експериментальних досліджень, залучалось наступне обладнання (рисунок 3.1):

- автогрейдер ДЗк 250В;
- вимірювальна інформаційна система.



Рисунок 3.1 — Автогрейдер ДЗк 250В.

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 середньої навантаженості 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 каміннями), 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 середньої навантаженості 3 км/год;
 - сильно навантажений режим 1 км/год.

Для проведення досліджень використовувалась вимірювальна інформаційна система, яка наведена на рисунку 3.2. Як видно зі схеми, вимірювальна-інформаційна система має в своєму складі 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 використовувалися тензодатчики.

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 LabView отримані результати обробки виводились на монітор ноутбуку та роздруковувались на принтері.

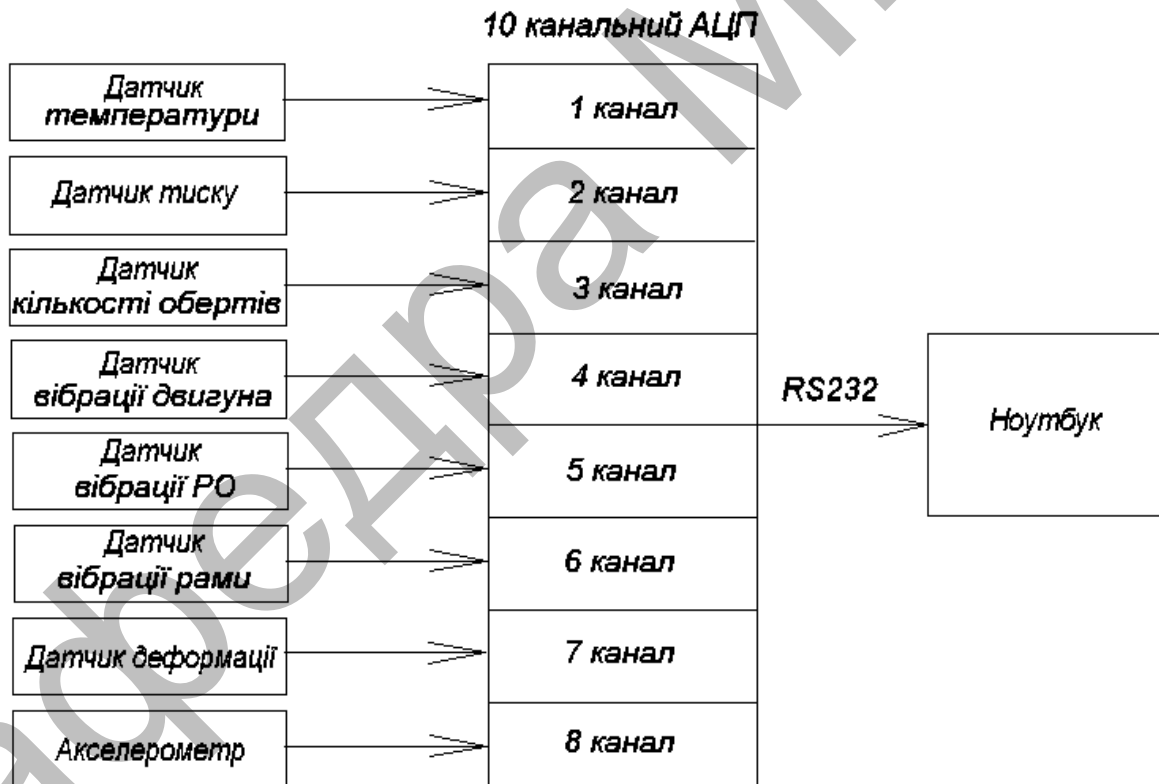


Рисунок 3.2 – Структурна схема вимірювальної інформаційної системи

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 і оцінки отриманих даних на кожній ступені вимірювання;
- наявністю неконтрольованих збурювань (погрішності вимірювань, особливості поведінки конструкції при випробуванні);
- необхідністю оцінки вірогідності наданої експериментаторові інформації.

3.5 Результати експериментальних досліджень динамічних навантажень на автогрейдер ДЗк 250В

Результати експериментальних досліджень приведені на рисунках 3. 3 – 3.5. 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 з 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/м² до 1450 Н/м²;

— для середньо навантаженого режиму – від 1420 Н/м^2 до 1700 Н/м^2 , при русі автогрейдера заднім ходом навантаження змінювалась – від 1500 Н/м^2 до 800 Н/м^2 ;

— для сильно навантаженого режиму навантаження змінювалась – від 1500 Н/м^2 до 4480 Н/м^2 .

4. У всіх режимах мали місце короткочасні пікові навантаження, які перевищували фонове навантаження в 2 рази, ці пікові навантаження викликані наявністю в ґрунті каміння та різних ущільнень. Тривалість короткочасних 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.

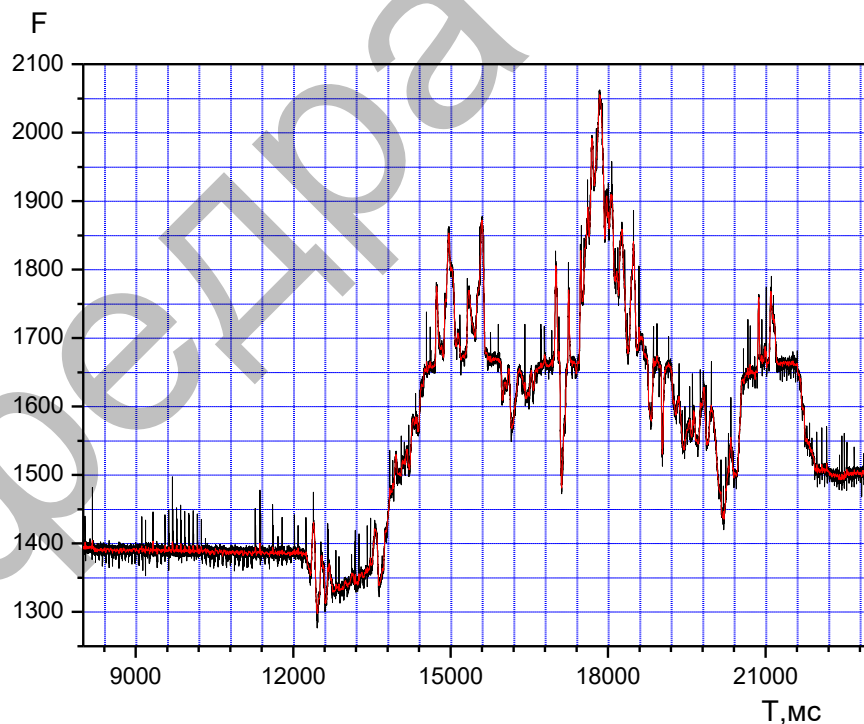


Рисунок 3.3 — Деформація рами автогрейдера в середньо навантаженому режимі

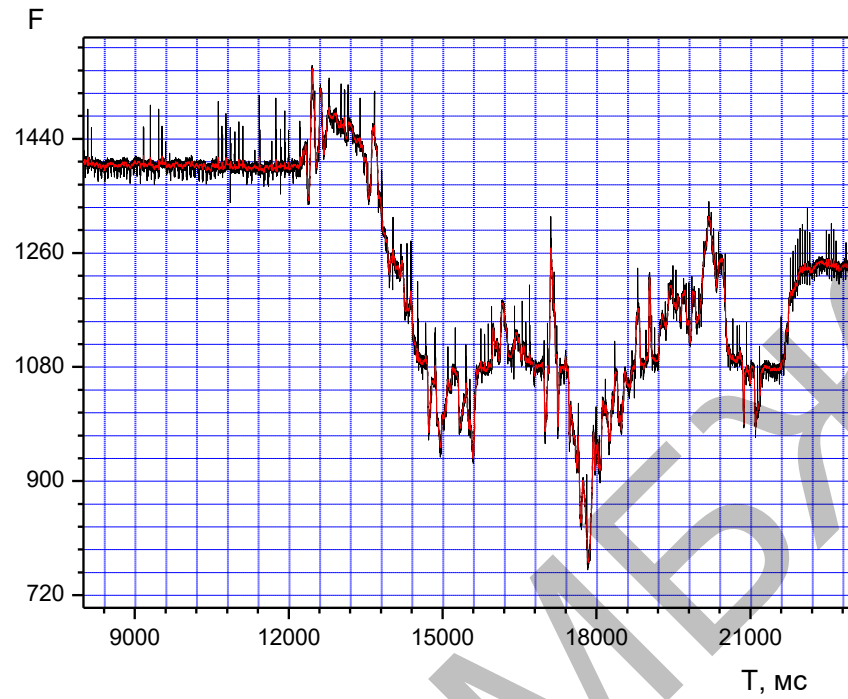


Рисунок 3.4 — Деформація рами автогрейдера в середньо навантаженому режимі

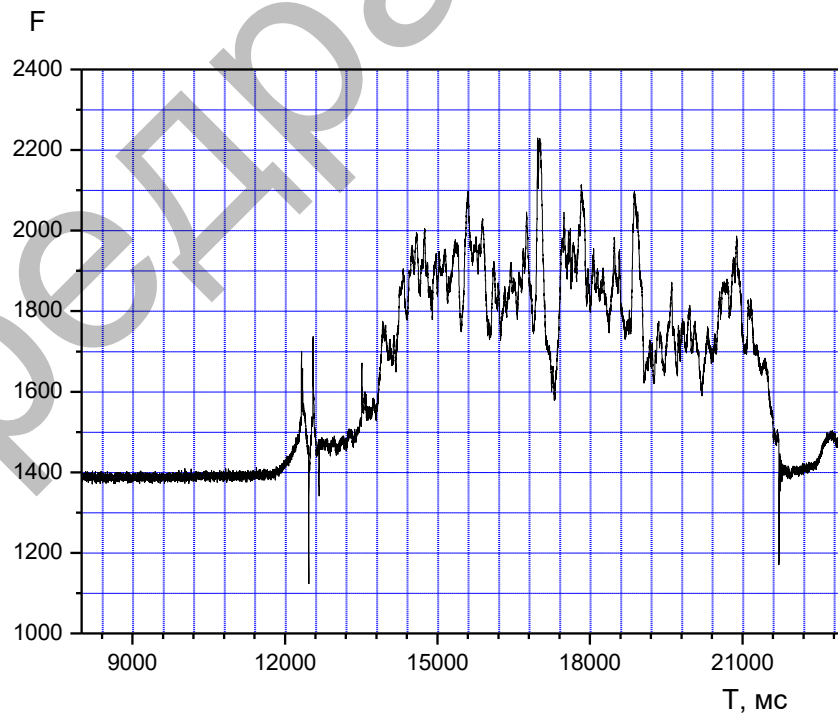


Рисунок 3.5 — Деформація рами в середньо навантаженому режимі (мокра глина)

3.6 Висновки до 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 передаються на раму автогрейдера і в ній виникають коливання більш нижчої частоти 1,25 Гц.

Результати експериментальних досліджень свідчать про те, що періодичність дії динамічних навантажень в кожному режимі різна. 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 – від 0,001 Гц до 1,25 Гц.

Поряд з вище сказаним, слід відмітити те, що результати вимірювання деформацій рами автогрейдера та робочих органів, в значній мірі, залежали як від місця установки датчиків так і від їх типу.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ СХЕМИ РОЗМІЩЕННЯ ДАТЧИКІВ ВІБРАЦІЙ НА АВТОГРЕЙДЕРІ

Всі експериментальні дослідження вібрацій рами та робочих органів автогрейдера складались з двох етапів.

На першому етапі вібрації рами автогрейдера вимірювались за допомогою аналогових п'єзоелектричного та механічного акселерометрів. Акселерометри встановлювались посередині рами автогрейдера та в його центрі мас (в кабіні водія).

На другому етапі для вимірювання вібрацій рами та робочих органів автогрейдера використовувалась вимірювальна інформація з тензодатчиків вимірювання деформацій рами автогрейдера.

Аналіз результатів експериментальних досліджень першого етапу показав, що аналогові п'єзоелектричні та механічні акселерометри мають досить низьку чутливість і не дозволяють вимірювати параметри вібрацій рами автогрейдера. Так їхня нижня гранична частота вимірювань становить (в залежності від типу та модифікації) від 10 Гц до 20 Гц. Також, внаслідок їх інерційності, неможливо вимірювати скачки періоду вібрацій рами і робочих органів автогрейдера. Таким чином, така вимірювальна інформація не є достовірною.

Подальший порівняльний аналіз отриманих експериментальних даних вимірювання параметрів вібрацій та деформацій рами автогрейдера показав, що спочатку тензодатчиками фіксувались коливання деформацій, а лише через 350 мс спрацьовували акселерометри. Це свідчить про те, що джерелом вібрацій рами автогрейдера є насамперед впорядкований хаотичний характер зміни динамічних навантажень на робочі органи та раму автогрейдера. Під їх дією в рамі виникають коливання деформацій, а це призводить до виникнення вібрацій. Тому, з метою ранньої діагностики рами автогрейдера, було прийнята в якості вихідної вимірювальна інформація тензодатчиків.

Як було встановлено раніше ступінь деформації рами, амплітуда та період коливання деформацій рами автогрейдера в значній мірі залежить від режиму роботи дорожньої машини (величини динамічних навантажень) і місця розташування тензодатчиків на рамі автогрейдера.

Робочою групою була прийнята гіпотеза про впорядковану хаотичну дію деформацій на раму автогрейдера як у просторі так і в часі. Для дослідження цього явища була розроблена методика експериментальних досліджень.

4.1 Методика експериментальних досліджень просторово-часового розподілу деформацій

На відміну від попередніх методик, де деформації вимірювались лише одним тензорезистором, який був закріплений у місці де найбільш часто (за статистикою) виникали тріщини рами, для проведення вимірювань використовувалась «розочка» (рисунок 4.1).

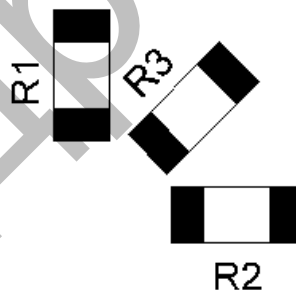


Рисунок 4.1 – Площинна «розочка» з трьох тензорезисторів.

Така площинна орієнтація тензорезисторів дозволяє одночасно вимірювати деформації рами автогрейдера у двох площинах.

Оскільки згідно гіпотези припускалось, що деформації рами будуть як лінійні (сжимання та розтягування), так і нелінійні (вигинання і скручення), датчики ставились у характерних місцях рами автогрейдера у двох площинах

– горизонтальній (зверху рами автогрейдера) і вертикальній (на боковій стороні рами автогрейдера).

Площинна «розочка» з трьох тензорезисторів встановлювалась зверху рами автогрейдера. При цьому вимірювання деформацій проводилось за допомогою:

R1 – поперечних деформацій;

R2 – поздовжніх деформацій;

R3 – сумарних деформацій у горизонтальній площині.

Зовнішній вигляд площинної «розочки» з трьох тензорезисторів закріпленої на рамі автогрейдера приведено на рисунку 4.2.

При вимірюванні деформацій рами автогрейдера у вертикальній площині використовувалась подвійна «розочка» (рисунок 4.3).



Рисунок 4.2 – Площинна «розочка» з трьох тензорезисторів на рамі автогрейдера

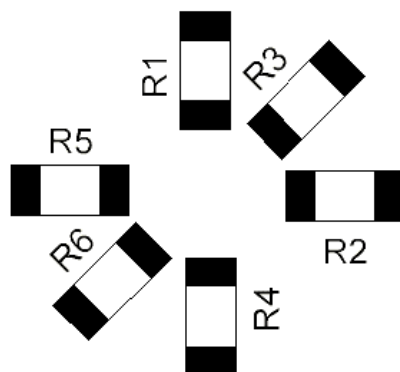


Рисунок 4.3 – Площинна подвійна «розочка» з шести тензорезисторів.

Зовнішній вигляд площинної подвійної «розочки» з шести тензорезисторів закріпленої на боковій поверхні рами автогрейдера приведено на рисунку 4.4.

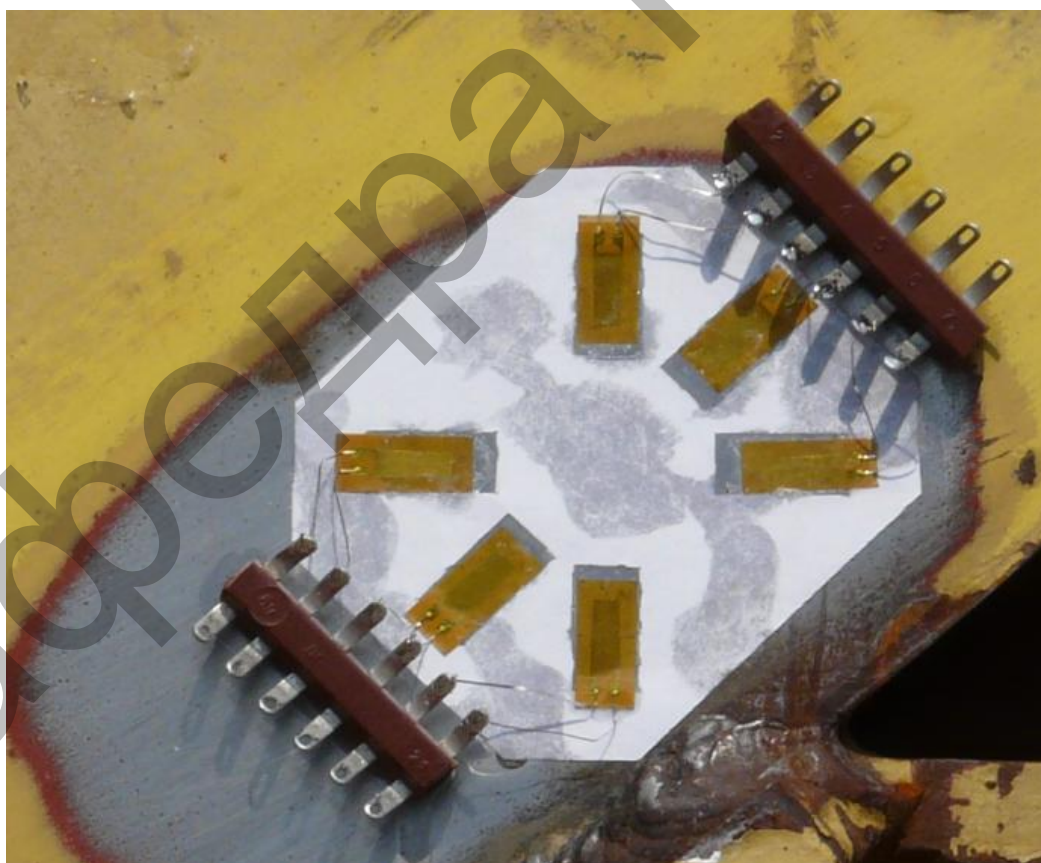


Рисунок 4.4 – Площинна подвійна «розочка» з шести тензорезисторів закріплена на боковій поверхні рами автогрейдера

Оскільки всього було задіяні 4 «розочки» (12 тензодатчиків) у горизонтальній площині і 4 подвійних «розочки» (24 тензодатчики) у вертикальній площині, то з метою забезпечення перешкодо захисту і усунення взаємовпливу тензодатчиків один на одного всі з'єднання виконувались екранованим проводом з обов'язковим «заземленням» на обох кінцях. Крім того всі датчики були поділені на групи. З'єднувальні провідники однієї групи формувались у джгут і поміщались у поліетиленову трубку для захисту від вологи та механічних ушкоджень.

Зовнішній вид рами автогрейдера підготовленої до експериментальних вимірювань приведено на рисунку 4.5.



Рисунок 4.5 – Зовнішній вид рами автогрейдера підготовленої до експериментальних вимірювань.

4.2 Результати експериментальних досліджень просторово-часового розподілу деформацій

Результати експериментальних досліджень приведені на рисунках 4.6 – 4.8. В якості прикладу на рисунку 4.6 приведено результат вимірювання результуючого вектору деформацій однієї із точок на боковій поверхні рами автогрейдера.

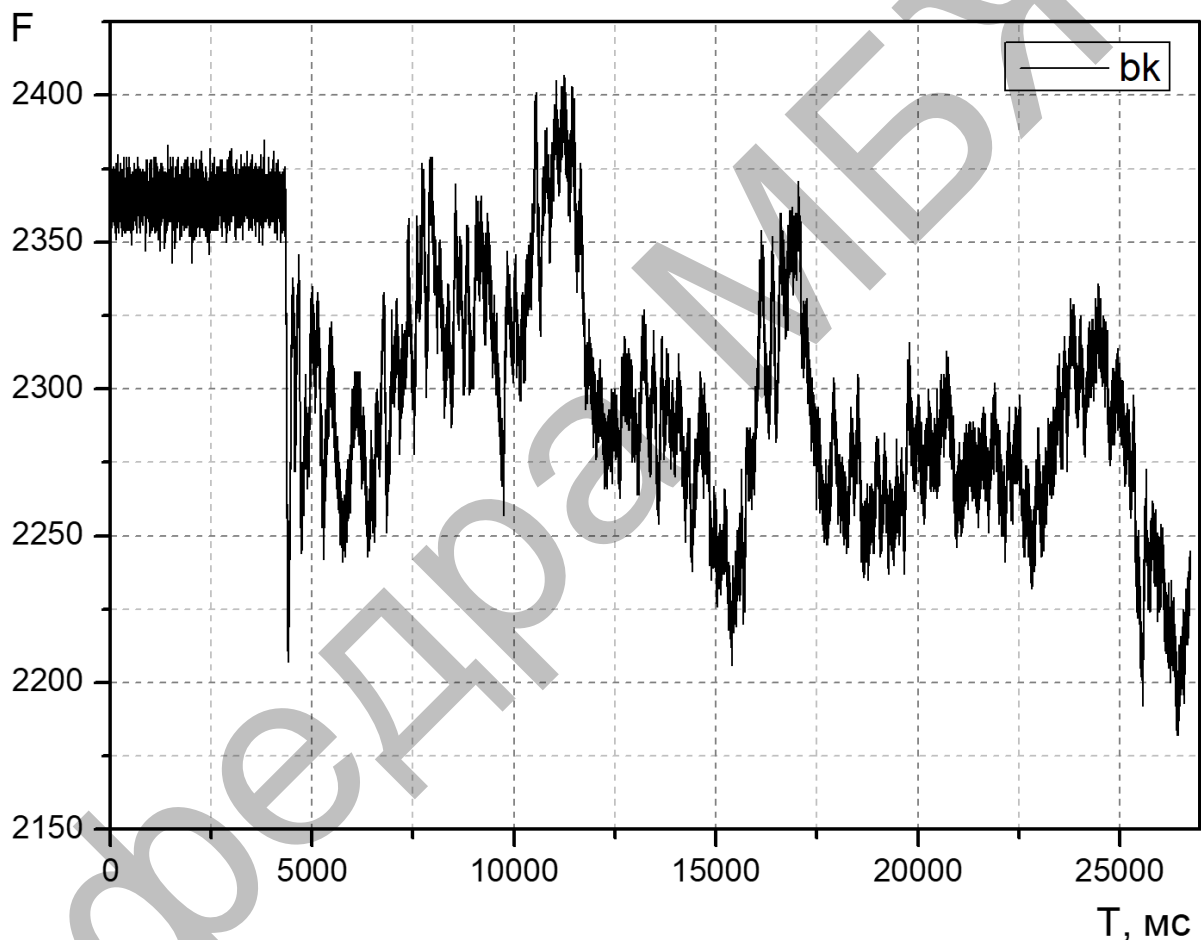


Рисунок 4.6 – Результат вимірювання результуючого вектора деформацій однієї із точок на боковій поверхні рами автогрейдера

Як видно з рисунку 4.6 виміряний сигнал сильно зашумлений, тому після оцифрування його в АЦП проводилась цифрова фільтрація методом ковзаючого вікна розміром 50 дискрет. Результат цифрової фільтрації приведено на рисунку 4.7.

За результатами вимірювань деформацій рами було встановлено, що на раму діють як деформації стискання та і розтягування.

При дії деформацій розтягування вихідний сигнал на виході тензодатчика зменшується (рисунок 4.7), а при дії деформацій стискання зростає (рисунок 4.8).

Результати експериментальних досліджень просторово-часового розподілу деформацій рами автогрейдера приведена на рисунках 4.9 – 4.15.

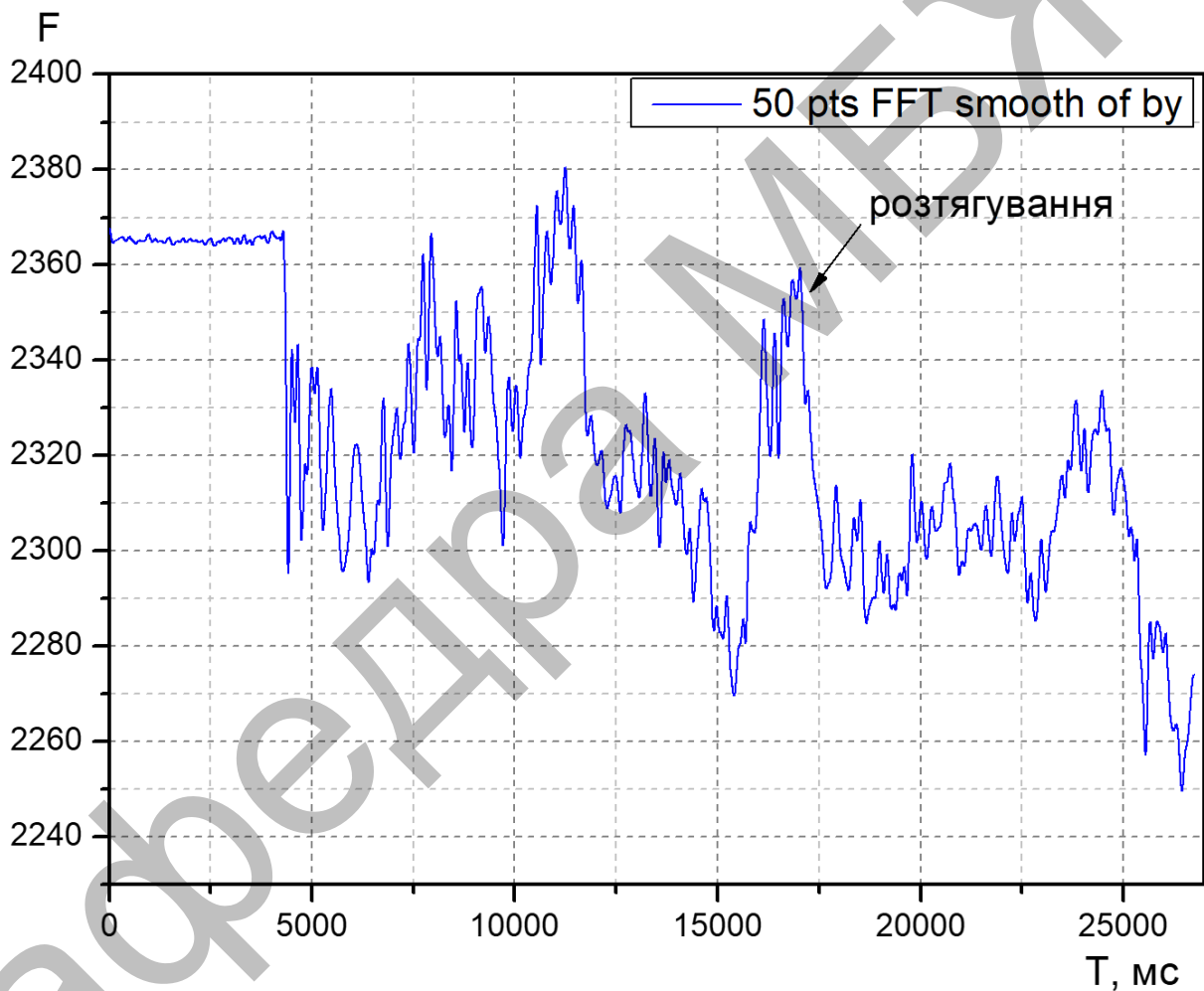


Рисунок 4.7 – Результати вимірювань поздовжніх деформацій однієї із точок на боковій поверхні рами автогрейдера

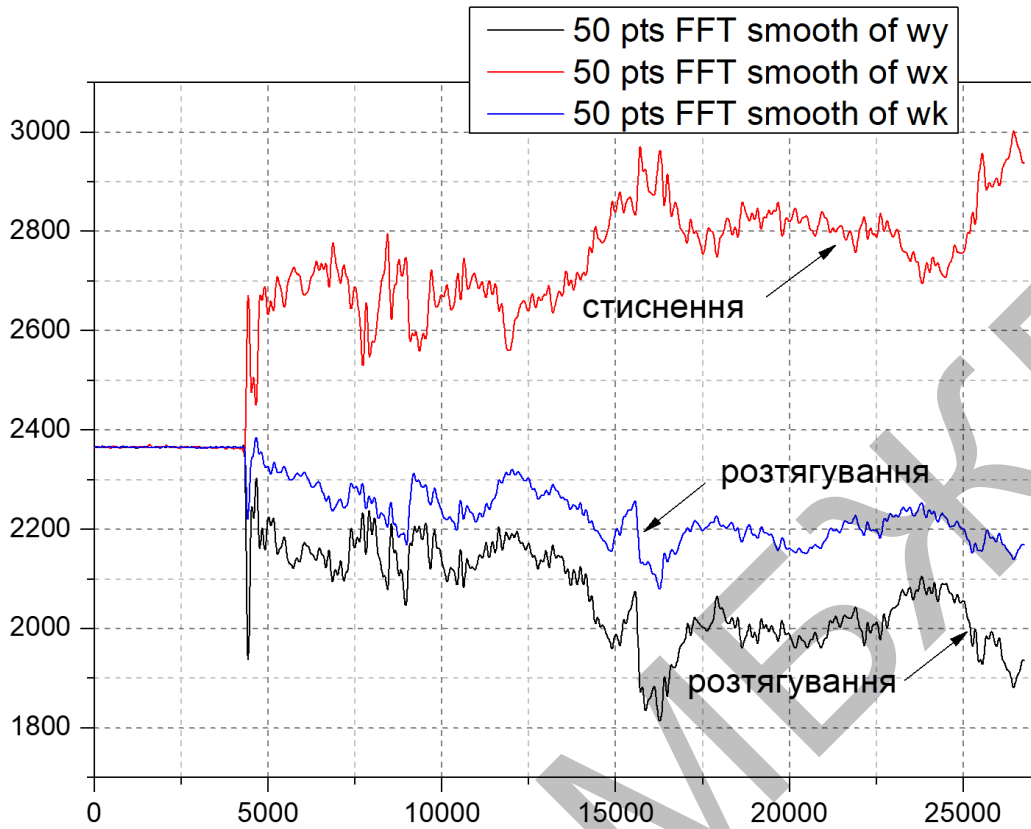


Рисунок 4.8 – Результати вимірювань деформацій однієї із точок на верхній поверхні рами автогрейдера

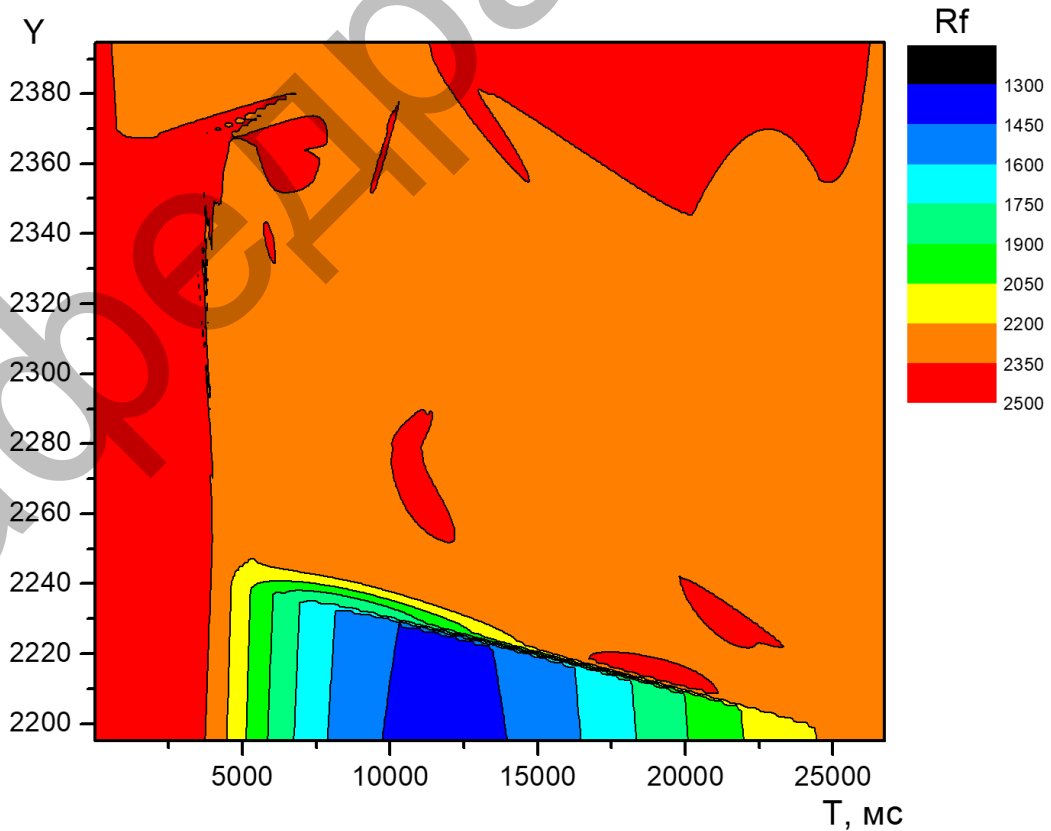


Рисунок 4.9 – Просторово часовий розподіл бокових поздовжніх деформацій

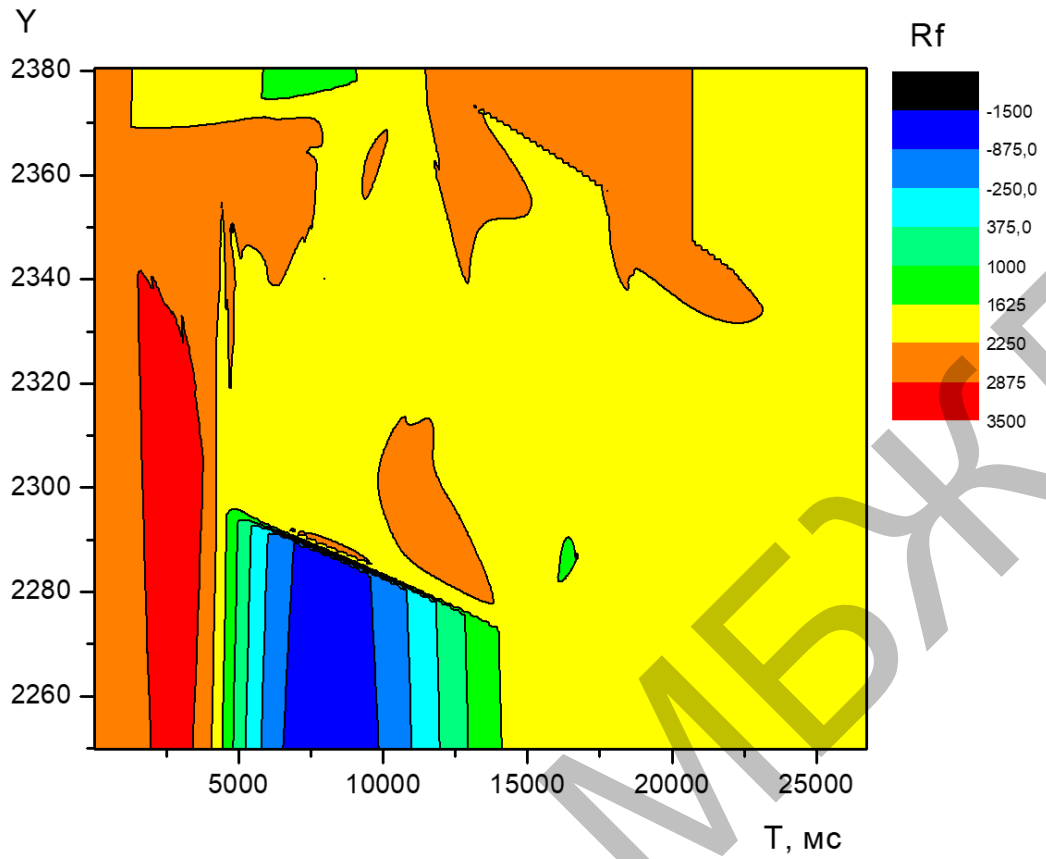


Рисунок 4.10 – Просторово часовий розподіл бокових вертикальних деформацій

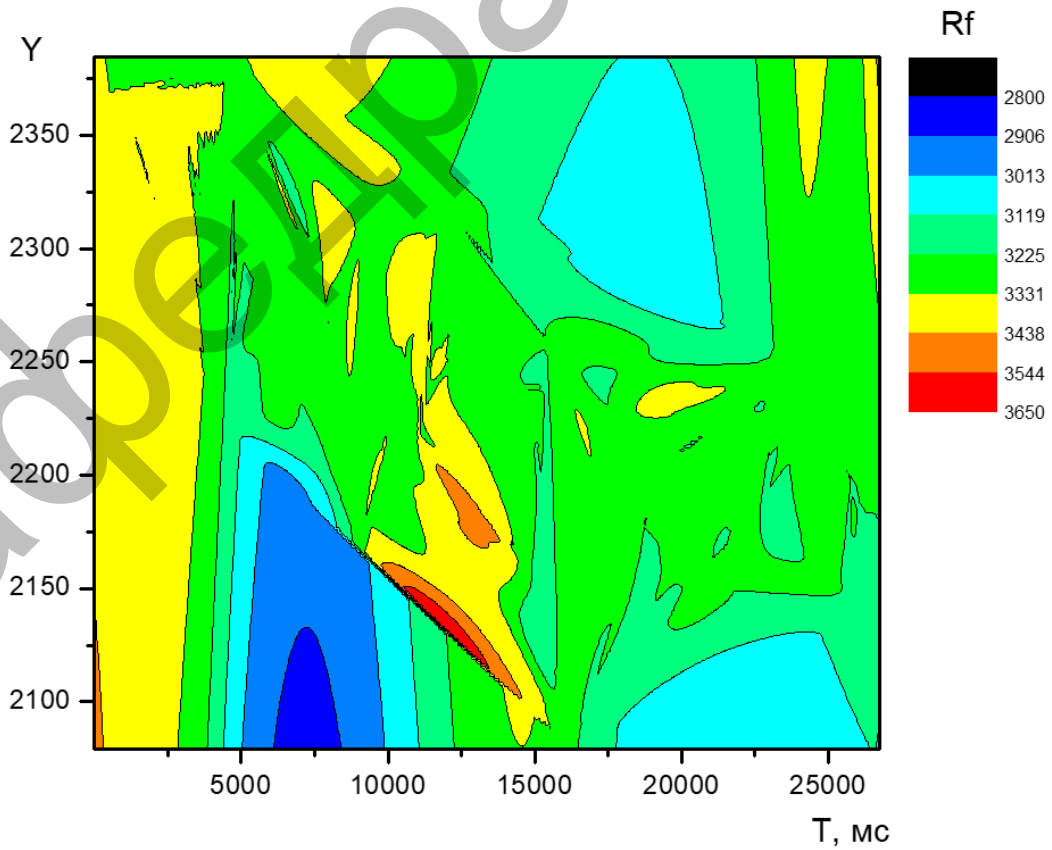


Рисунок 4.11 – Просторово часовий розподіл верхніх поперечних деформацій

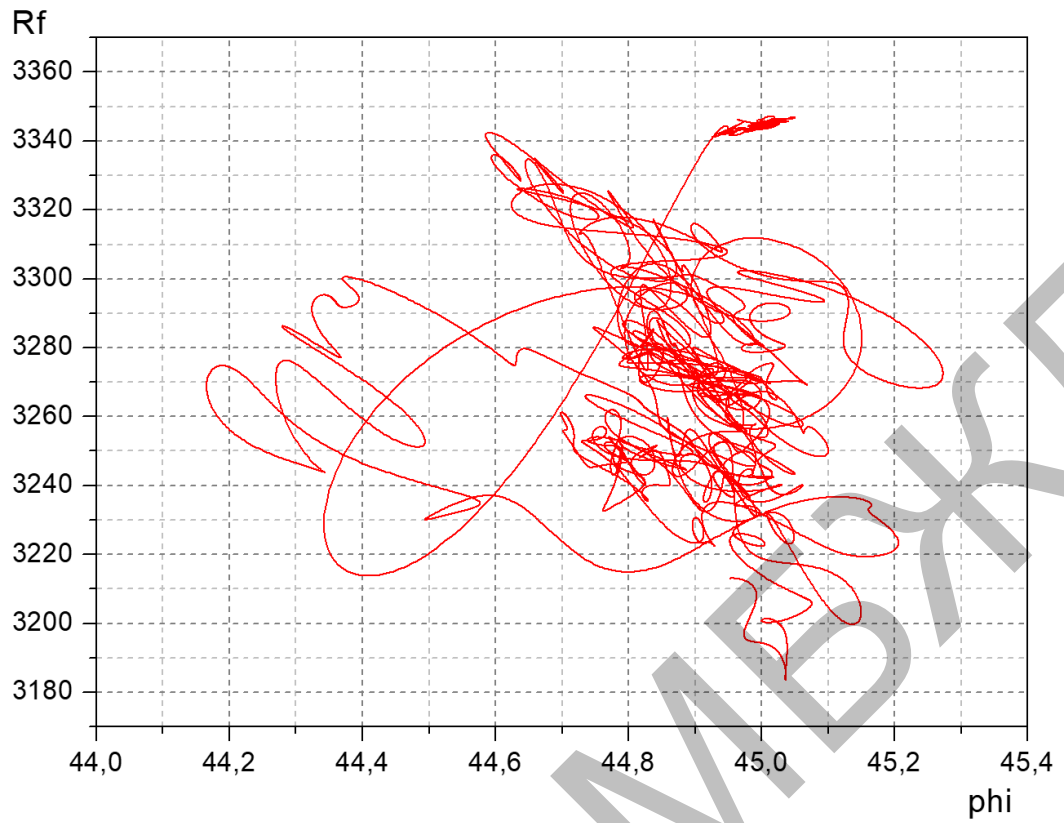


Рисунок 4.12 – Залежність модуля бокових деформацій від напрямку

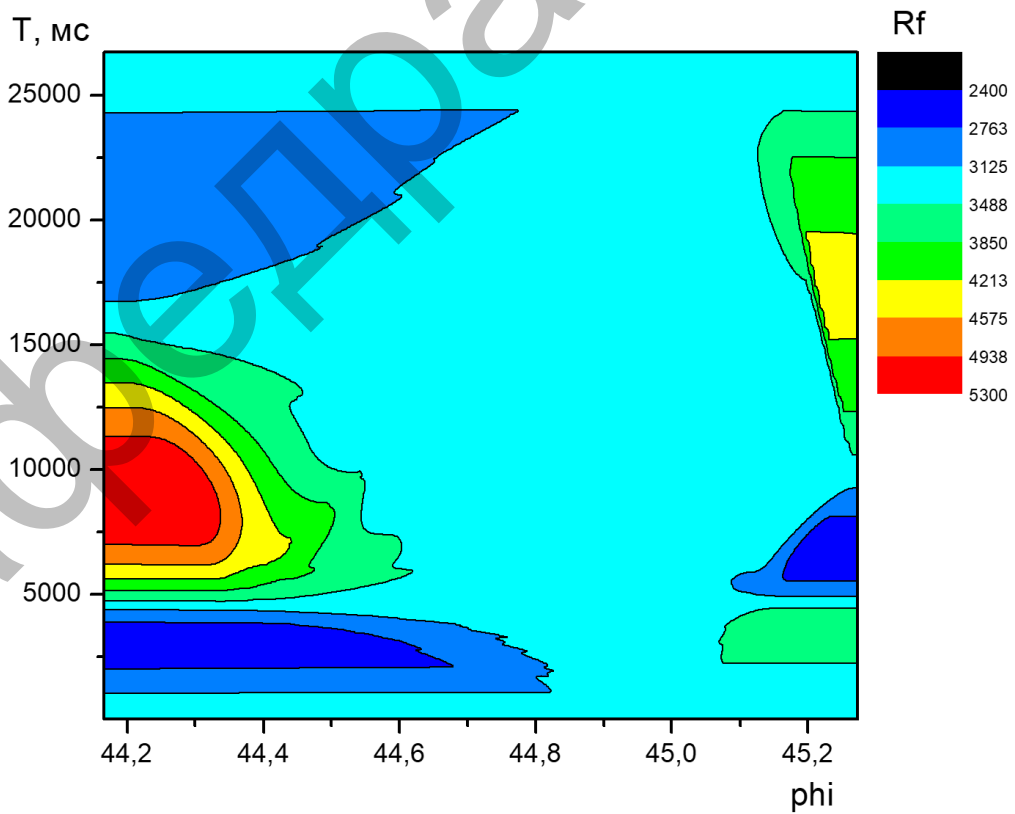


Рисунок 4.13 – Залежність модуля бокових деформацій від напрямку в часі

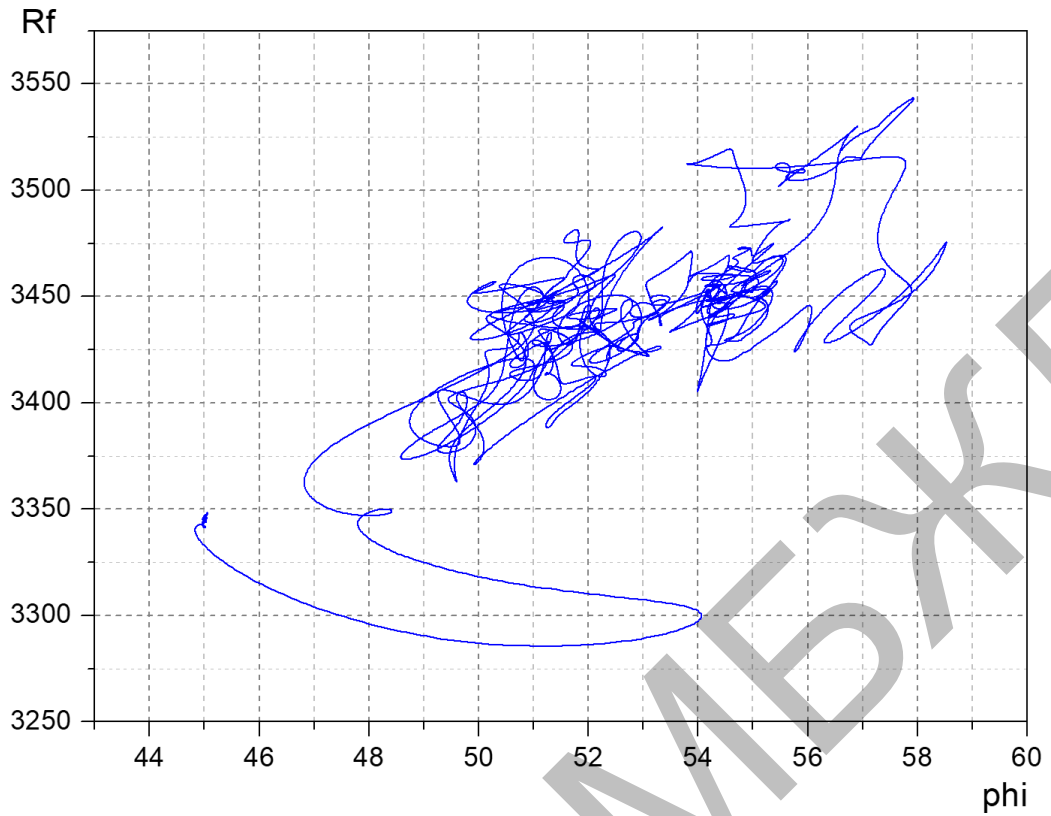


Рисунок 4.14 – Залежність модуля верхніх деформацій від напряду

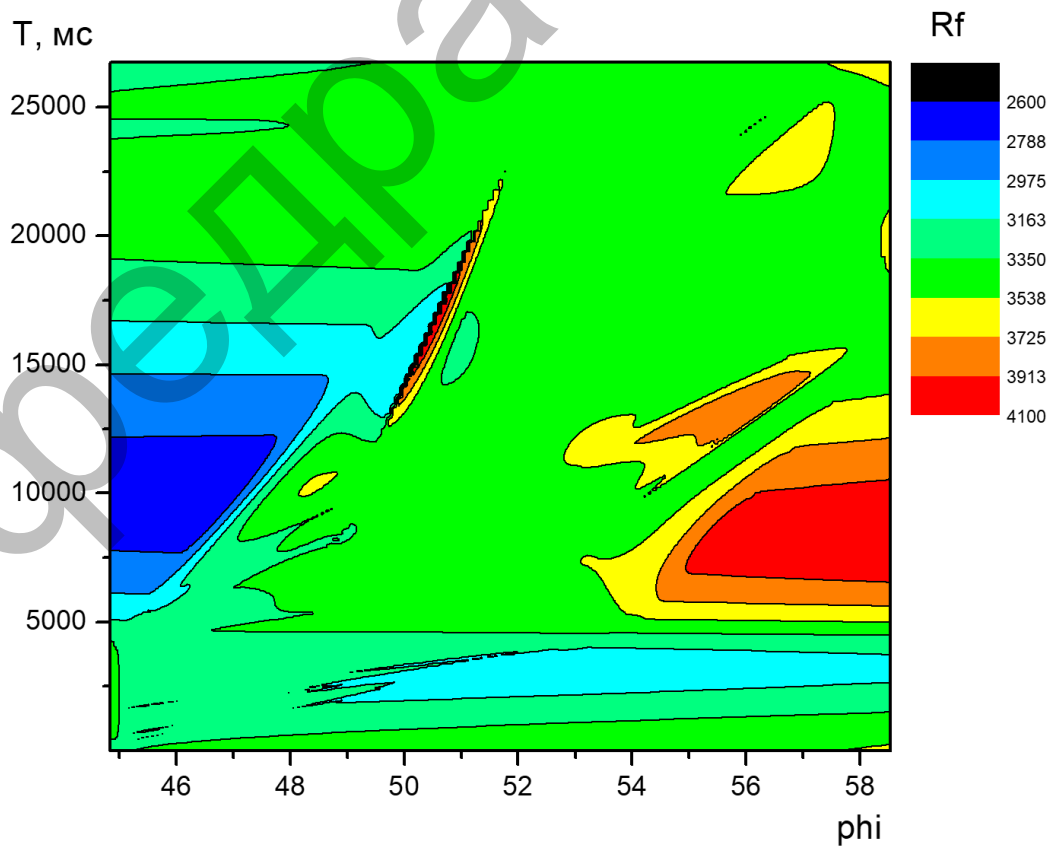


Рисунок 4.15 – Залежність модуля верхніх деформацій від напряду в часі

4.3 Висновки до розділу

Аналіз експериментальних даних, приведених на рисунках 4.6 – 4.15 показав, що деформації рами носять випадковий характер. Характерним є те, що не дивлячись на свою хаотичність в силі та часі (рисунок 4.12 та рисунок 4.14) дії ці деформації мають певний напрямок. Кути дій деформацій лежать в межах:

- бокові деформації — від 44° до 45° (рисунок 4.9 – рисунок 4.12);
- верхні деформації — від 46° до 58° (рисунок 4.13 – рисунок 4.15).

Аналіз даних представлених на рисунку 4.12 та рисунку 4.14 показує, що якщо на нижній межі кутів напруження дій модуль деформацій має максимальне значення, то в цей же час на протилежній межі модуль буде мінімальним. А це в свій чергу свідчить про наявність нелінійних деформацій скручування та вигинання. За результатами аналізу всіх часових вибірок результатів вимірювань було встановлено, що максимальні деформації, а отже і вібрації мають місце коли датчики встановлені не посередині бокової чи верхньої поверхні рами автогрейдера, а ближче до краю. Були також виявлені вузлові точки максимальних вібрацій. Їх всього три на рамі: 1 – на робочому органі; 2 – на перехресті силових рамних балок (рисунок 4.16); 3 – на шворні.

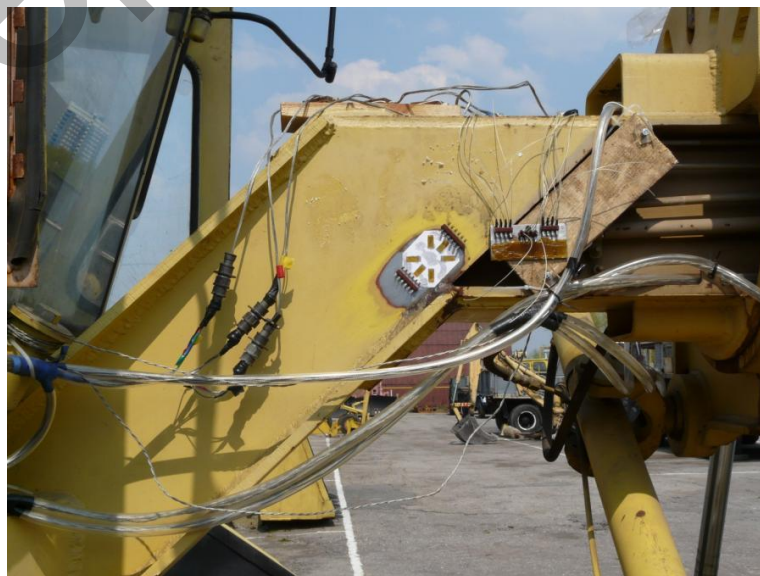


Рисунок 4.16 – Перехрестя силових рамних балок

5 ДОСЛІДЖЕННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОЇ МАШИНИ

Дослідження невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини проводились з використанням вже дослідженої комп'ютеризованої вимірювальної системи (рисунок 2.2).

В процесі досліджень враховувались наступні впливові фактори:

- характер динамічних навантажень;
- місце установки датчиків;
- тип ґрунту;
- напрямок руху дорожньої машини.

Дослідження проводились в декілька етапів. На першому етапі з використанням комп'ютеризованої вимірювальної системи дальності (рисунок 2.2) проводився збір, попередня обробка і запис в файли даних результатів вимірювань динамічних навантажень.

5.1 Методика оцінювання невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини

Оскільки всі дослідження проводились в умовах повторюваного експерименту, то для оцінки невизначеності вимірювань був вибраний лабораторний метод. В даній магістерській роботі проведено оцінювання невизначеності вимірювань відстані за типом А.

Методика оцінювання невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини полягає в наступному:

1. Для оцінки стаціонарності та закону розподілу виміряних динамічних навантажень вимірювання проводились на протязі тривалого часу ($t_{вим} = 220$ с).

Обробка та аналіз отриманих даних вимірювань проводились в пакеті програм OriginPro. При аналізі часової вибірки вимірювань та гістограми результатів вимірювань необхідно особливу увагу звернути на:

- незмінність в часі середнього значення результатів вимірювань динамічних навантажень;
- оцінку кількості складових та їх законів розподілу результатів вимірювань динамічних навантажень за гістограмою.

2. Для оцінки невизначеності вимірювань відстані за типом А необхідно забезпечити повторюваність експериментів. Для цього необхідно дотримуватись наступних умов [16]:

- необхідно проводити експеримент при постійних кліматичних умовах;
- всі експерименти повинен проводити один і той же оператор;
- при проведенні вимірювань в серії розмір часових вимірювальних вибірок повинен бути однаковий;
- в межах вимірювань однієї серії режим роботи дорожньої машини не повинен змінюватись;
- обробка результатів досліджень повинна проводитись в одному і тому ж пакеті обробки даних (наприклад OriginPro) з фіксованою точністю представлення результатів.

3. Оцінку невизначеності за типом А проводять для кожного із вимірів вимірювальної вибірки розміром в 100 вимірювань в серії із 12 вимірювальних часових вибірок.

4. За даними статистичного оцінювання будуються графіки залежності середнього значення та невизначеності вимірювань від часу вимірювань. Формулюються висновки стосовно стабільності цих метрологічних характеристик.

5.2 Аналіз результатів досліджень невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини

Для оцінки стаціонарності динамічних навантажень вимірювання проводились з дискретністю в 1 мс на протязі 220 с. Експеримент показав, що в цілому динамічні навантаження на елементи конструкції дорожньої машини носять нестационарний характер. Але завжди можна виділити певний інтервал стаціонарності і використовувати його для досліджень. Важливо відмітити, що тривалість інтервалу стаціонарності динамічних навантажень залежить від багатьох факторів і може лежати в інтервалі від одиниць мілісекунд до десятків секунд. Одна із реалізацій вимірювань представлена на рисунку 4.1.

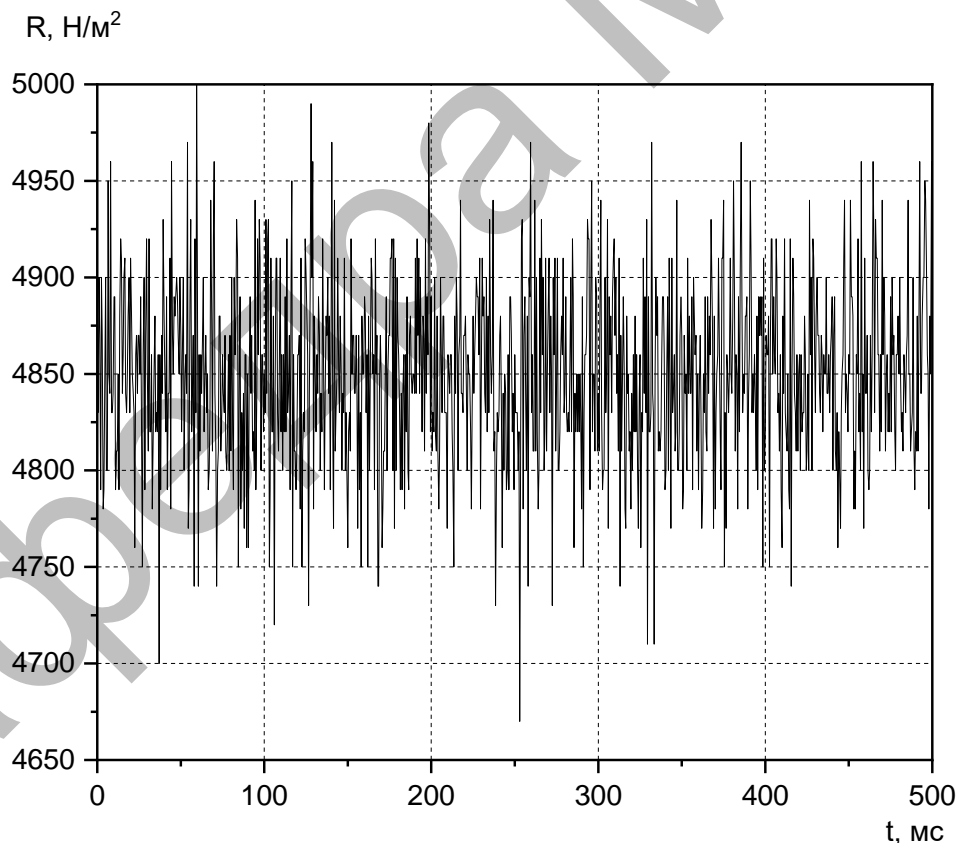


Рисунок 5.1 – Результати вимірювання динамічних навантажень

Гістограма цього процесу приведена на рисунку 5.2.

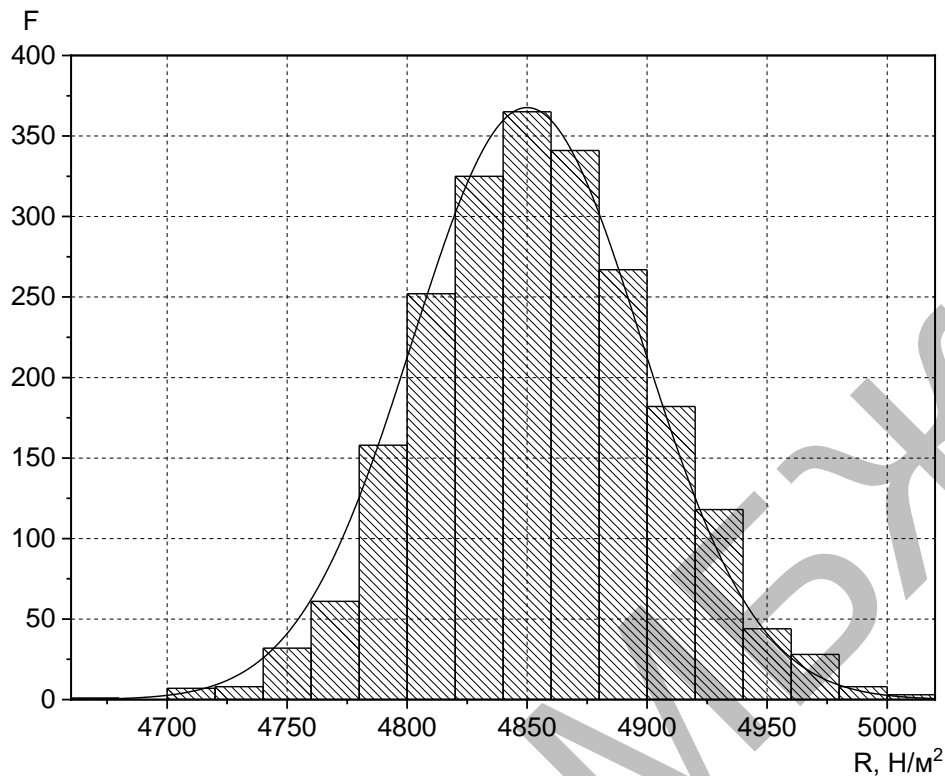


Рисунок 5.2 – Гістограма результатів вимірювання дальності

З рисунку 5.2 видно що відбитий сигнал розподілений за нормальним законом. Прийнятий сигнал містить тільки один випадковий процес з середнім значенням 4850 Н/м^2 . Для більш детальної статистичної оцінки досліджувались статистичні характеристики всієї часової вибірки. Результати статистичного оцінювання даної часової вибірки приведені в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Результати статистичного оцінювання вимірювальної вибірки

N	Середнє значення	Стандартне відхилення	Сума	Мінімальне значення	Медіана	Максимальне значення
22	4840,99818	47,745	10669960	4670	4850	5000

Оскільки динамічні навантаження розподілені за нормальним законом, то для оцінювання невизначеності вимірювань використовувались формули згідно

таблиці 1 1. Всі оцінки отримані з повторних спостережень випадково мінливого процесу.

Невизначеність вимірювань за типом А оцінювалась у формі [1, 3]:

— стандартного відхилення спостережень:

$$u_A(x_i) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \cdot \sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}; \quad (5.1)$$

— відносного стандартного відхилення:

$$u_{\text{відн}}(x_i) = x_i \cdot u_A(x_i) / \bar{x}; \quad (5.2)$$

— середнє квадратичне відхилення дає абсолютну оцінку міри розкиду. Тому щоб зрозуміти, наскільки розкид великий щодо самих значень (тобто незалежно від їх масштабу), потрібен відносний показник. В якості такого показника був прийнятий коефіцієнт дисперсії C_V в %:

$$C_V = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2}{\bar{x}_i^2}} \cdot 100\%. \quad (5.3)$$

Кінцевий результат оцінювання невизначеності давався у формі 95 %-го інтервалу довіри Q без вказання виду розподілу.

Невизначеність вимірювань для всіх досліджуваних динамічних навантажень проводилась за розробленою вище методикою згідно з виразами (1.2), (5.1) та (5.3). Для цього з кожного експерименту вибирався відповідний за номером вимір. Таким чином отримуємо вектори динамічних навантажень:

$$R_i = [R_1 \ R_2 \ \dots \ R_N], \quad (5.4)$$

де $N=22$ – кількість повторюваних експериментів (таблиця 5.1);

$i=1, 2, 3, \dots, 100$ – індекс (номер) вимірювання в одній експериментальній часовій вибірці одного експерименту (таблиця 5.1).

Графічне зображення цього вектора приведено на рисунку 5.3.

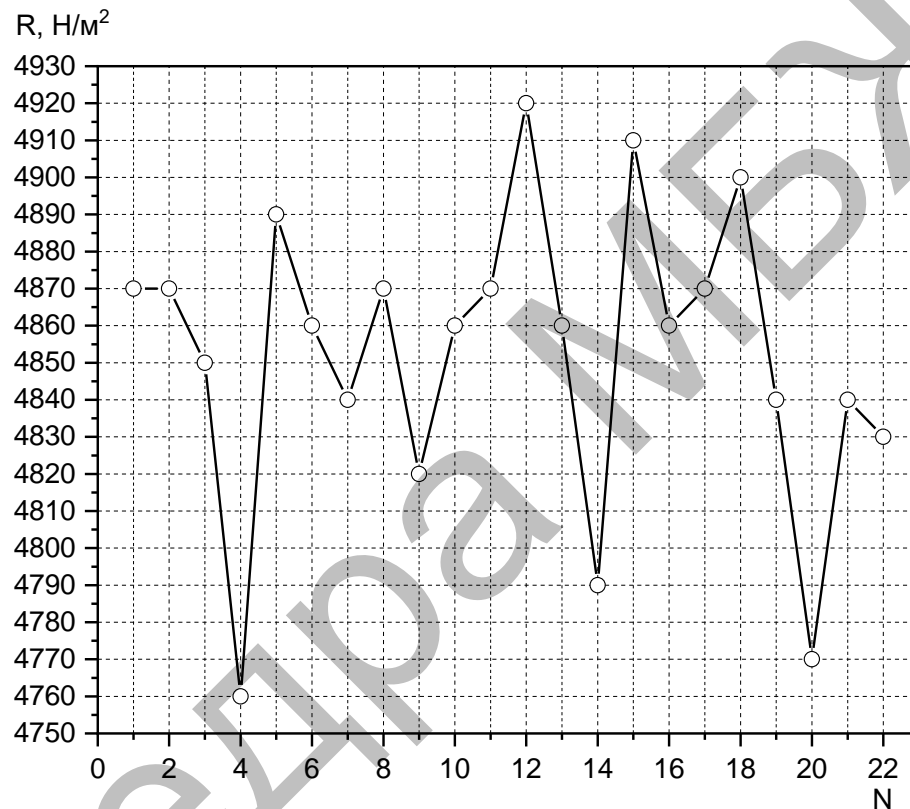


Рисунок 5.3 – Вектор динамічних навантажень R

За значеннями вектора R та його графіка вже можна оцінити:

— його середнє значення:

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_k = 4850,23 \text{ Н/м}^2; \quad (5.5)$$

— стандартне відхилення вимірювань згідно з (5.1):

$$u_{A1}(R) = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \cdot \sum_{k=1}^N (R_k - \bar{R}_k)^2} = \sqrt{\frac{1}{462} \cdot \sum_{k=1}^{22} (R_k - \bar{R}_k)^2} = 40,1 \text{ Н/м}^2; \quad (5.6)$$

— відносне стандартне відхилення вимірювань (5.2):

$$u_{\text{відн } 1}(R) = \frac{R \cdot u_A(R)}{\bar{R}} = 40,07 \text{ Н/м}^2; \quad (5.7)$$

— середнє квадратичне відхилення як коефіцієнт дисперсії C_{V1} (5.3):

$$C_{V1} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (R_k - \bar{R})^2}{N}}}{\bar{R}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{22} (R_k - \bar{R})^2}{22}}}{\bar{R}} \cdot 100\% = 0,84. \quad (5.8)$$

Відповідні розрахунки проводились для кожного вектора R_i ($i=1, 2, 3, \dots, 22$).

Для досліджень зміни функцій $\bar{R}_i(t)$, $u_{Ai}(t)$, $u_{\text{відн } i}(t)$ та $C_{Vi}(t)$ в часі також використовувались розрахункові дані отримані з використанням OriginPro. На рисунку 5.4 та рисунку 5.7 відповідно зображено:

— зміну усередненого значення \bar{R}_i (i -го виміру, $i=1 \dots n$, $n=100$ – кількість вимірювань в одній часовій вибірці вимірювання динамічних навантажень) за всіма 22 експериментами в часі;

— зміну невизначеності вимірювань динамічних навантажень u_{Ai} (i -го виміру, $i=1 \dots n$, $n=100$ – кількість вимірювань в одній часовій вибірці вимірювання динамічних навантажень) за всіма 22 експериментами в часі;

— зміну відносної невизначеності вимірювань динамічних навантажень $u_{\text{відн } i}$ (i -го виміру, $i=1 \dots n$, $n=100$ – кількість вимірювань в одній часовій

вибірці вимірювання динамічних навантажень) за всіма 22 експериментами в часі;

— зміну коефіцієнта дисперсії C_{v_i} (i -го виміру, $i=1\dots n$, $n=100$ – кількість вимірювань в одній часовій вибірці вимірювання динамічних навантажень) вимірювань динамічних навантажень за всіма 22 експериментами в часі.

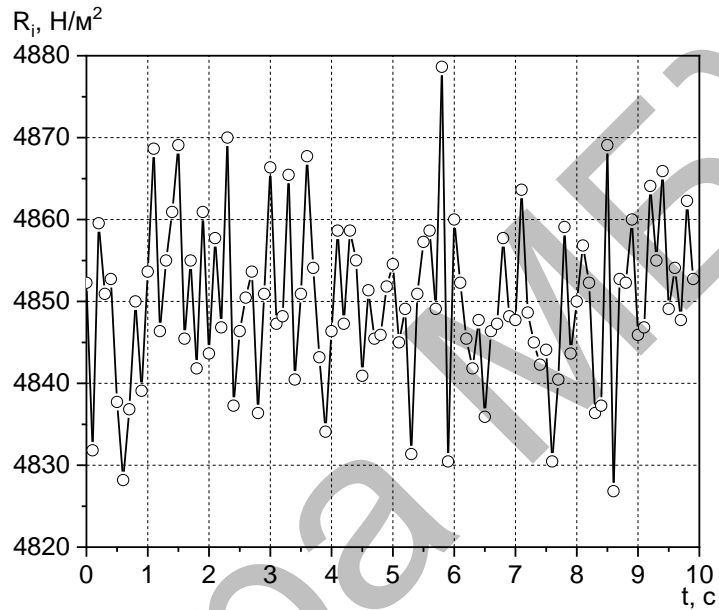


Рисунок 5.4 – Зміна середнього значення динамічних навантажень в часі

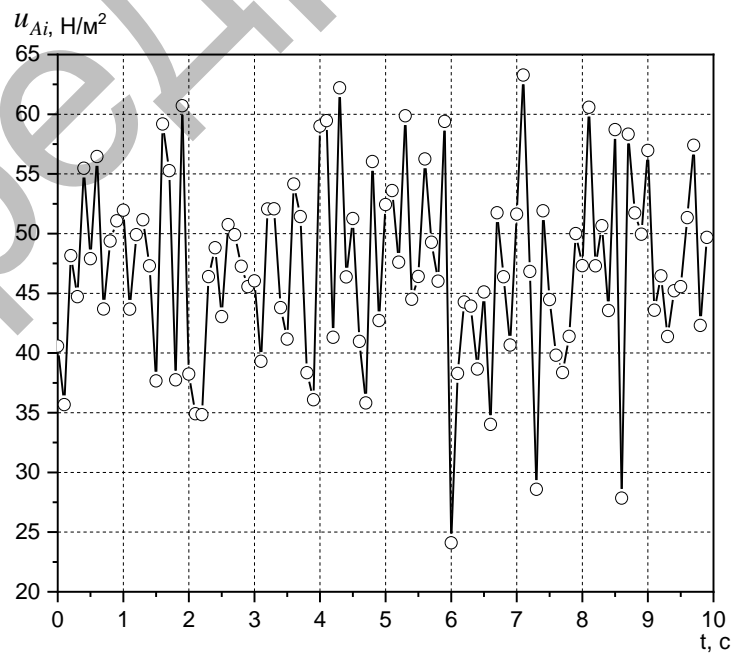


Рисунок 5.5 – Зміна невизначеності вимірювань динамічних навантажень в часі

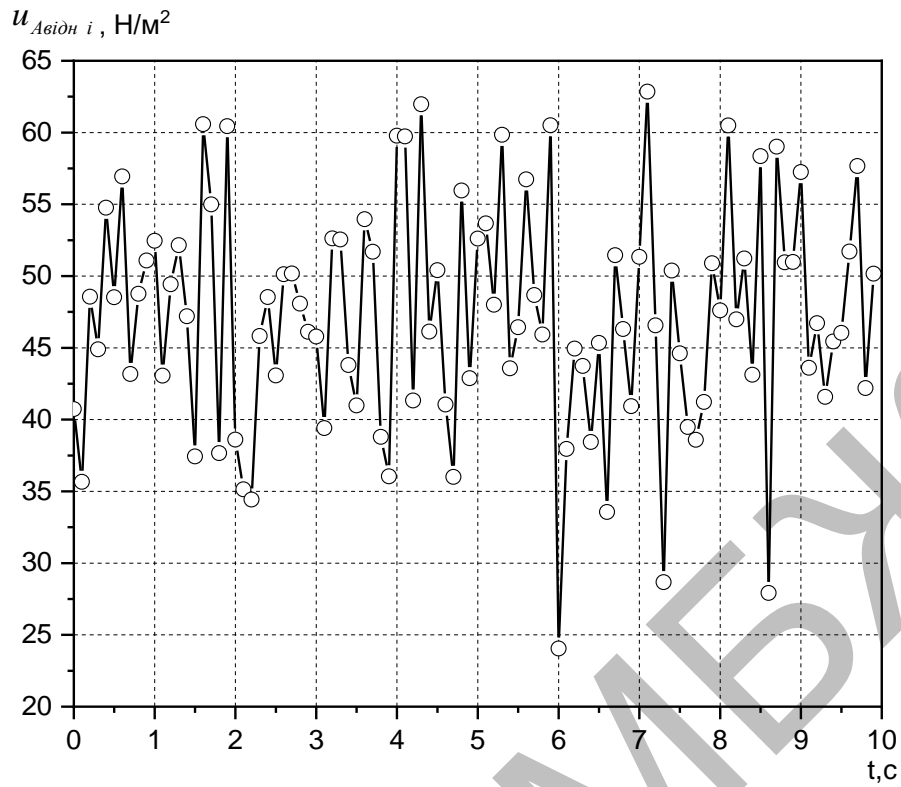


Рисунок 5.6 – Зміна відносної невизначеності вимірювань динамічних навантажень в часі

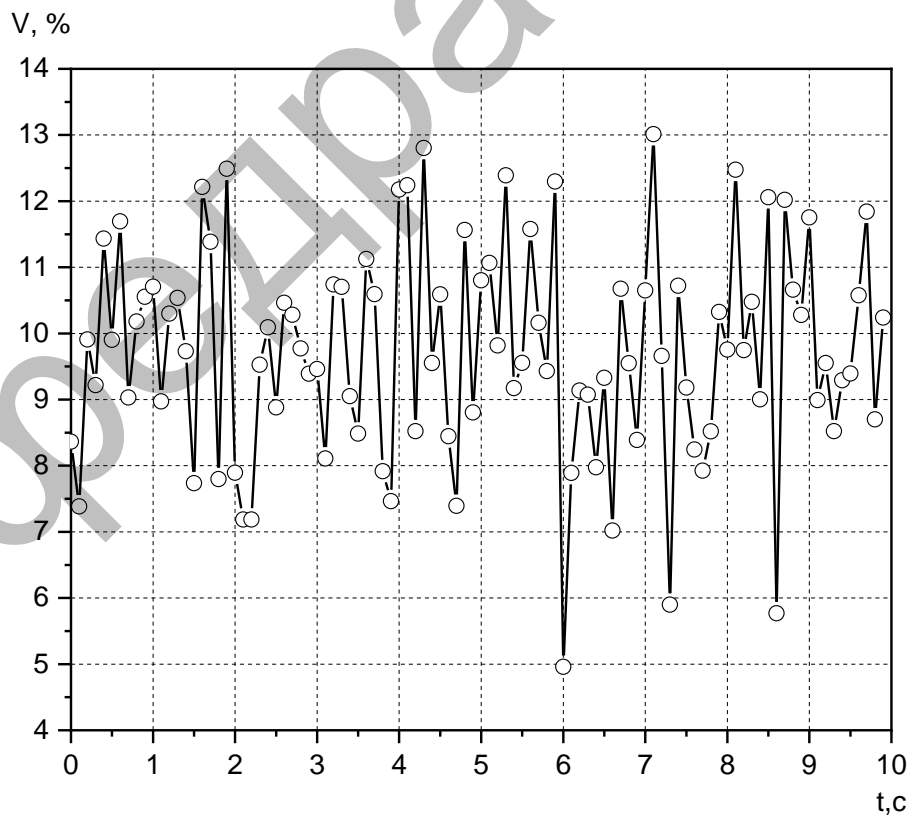


Рисунок 5.7 – Зміна коефіцієнта дисперсії вимірювань динамічних навантажень в часі

5.3 Висновки до розділу

Таким чином, експериментально показано, що невизначеність вимірювань динамічних навантажень тензOMETричним методом залежить не тільки від режиму роботи дорожньої машини а, в значній мірі, і від місця установки датчика.

Експериментально також доказано, що вирішальним для зменшення невизначеності вимірювань просторових динамічних навантажень є місце встановлення тензOMETричного датчика.

Кафедра МБЖД

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Дана дипломна робота розглядає систему передачі інформації від різного виду датчиків, які фіксують динамічні навантаження на екран комп'ютера. Оператор детально оцінює та аналізує значення цих параметрів.

Розглянемо охорону праці при дослідженні методів визначення динамічних характеристик датчиків тиску.

Правовою основою законодавства по охороні праці є:

- 1) Конституція України [17];
- 2) Закон України: "Про охорону праці"[18];
- 3) Кодекс Законів про працю України (КЗоП) і ін. [19–29]

У ст. 43 Конституції записано: "Кожен має право на працю, що включає можливість заробляти собі на життя працею, що він вільно обирає або на який вільно погоджується", "Кожний має право на належні безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату не нижче тієї, котра визначена законом", "Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється" [17].

У статті 45 Конституції говориться про право на відпочинок. Це право забезпечується щотижневими вихідними й оплачуваною щорічною відпусткою, а також встановленням укороченого робочого дня для деяких професій, скороченого робітника час у нічний час доби [17].

У ст. 46 Конституції зазначено на те, що громадяни мають право на соціальний захист [17].

В Україні – першій серед країн СНД – 14 жовтня 1992 року був прийнятий Верховною Радою України Закон "Про охорону праці" [18].

Закон є основним законодавчим документом в області охорони праці, дія якого поширюється на всі підприємства, установи й організації незалежно від форм власності і видів їхньої діяльності, на всіх громадян які працюють, а також притягнутих до роботи на цих підприємствах.

Кодекс законів про працю України (КЗоП) регулює трудові відносини всіх працівників, сприяючи росту продуктивності праці, поліпшенню якості роботи, підвищенню ефективності суспільного виробництва і підйомові на цій основі матеріального і культурного рівня життя трудящих, зміцненню трудової дисципліни і поступовому перетворенню праці на благо суспільства в першу життєву потребу кожної працездатної людини. Законодавство про працю установлює високий рівень праці, всіляку охорону трудових прав працівників [17].

6.1 Державні нормативні акти про охорону праці

В Україні державні нормативні акти про охорону праці (ДНАОП) – це правила, стандарти, норми, регламенти, положення, інструкції й інші документи, яким надана дія правових норм, обов'язкових для виконання. ДНАОП можуть бути міжгалузевими або галузевими .

Державний міжгалузевий нормативний акт про охорону праці – це ДНАОП загальнодержавного користування, дія якого поширюється на всі підприємства, установи, організації народного господарства України, незалежно від їх відомчої приналежності і форм власності.

6.1.1 Система стандартів безпеки праці

На основі державної стандартизації розробляються вимоги безпеки до конкретних форм і методів роботи з охорони праці, конструкціям, технологічним процесам, видам робіт, виробничим операціям [18, 19].

Єдиним комплексом нормативно-технологічної документації по безпеці праці є державна система стандартів безпеки праці (ССБТ). ССБТ є комплексом взаємозалежних стандартів, спрямованих на забезпечення безпеки праці, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці і встановлює норми і загальні вимоги по видах небезпек, загальні вимоги безпеки до виробничого

устаткування і виробничих процесів, до засобів забезпечення безпеки праці, вимоги безпеки до будинків і споруджень. ССБТ охоплює в основному все різноманіття питань, розв'язуваних охороною праці.

Метеорологічні умови виробничого середовища визначаються поєднанням ряду факторів: температурою, відносною вологістю і швидкістю руху повітря. Від стану повітряного середовища залежать самопочуття і здоров'я людини [20- 23].

Мікрокліматичні умови - параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні або в зоні обслуговування та на постійних робочих місцях, установлені відповідними нормами. В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладена диференційна оцінка цих величин у залежності від теплової характеристики виробничого приміщення, категорії робіт за ступенем важкості та періоду року.

Робота користувача контрольно-вимірювальної техніки (КВТ) відноситься до категорій робіт 1а та 1б [22]. Оптимальні параметри мікроклімату приведені в таблиці 6.1. Приміщення повинні бути обладнані системами опалення, кондиціонування повітря або вентиляцією. Об'єм у повітрі робочої зони не повинне перевищувати:

- а) озону – 0.1 мг/ м³ ;
- б) оксидів азоту – 5 мг/ м²;
- в) пилю – 4 мг/ м².

Таблиця 6.1 – Оптимальні умови мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	1а	22 - 24	40 - 60	0,1
	1б	21 - 23	40 - 60	0,1
Теплий	1а	23 - 25	40 - 60	0,1
	1б	22 - 24	40 - 60	0,2

Приміщення повинні мати природне і штучне освітлення. Природне світло повинне проникати через вікна, зорієнтовані, як правило, на північ або північний

схід. Вікна повинні мати регулюючі пристосування для відкривання, а також жалюзі, штори, зовнішні козирки і т. п. Повинен бути забезпечений коефіцієнт природної освітленості (КЕО) не нижче 1,5 %.

При виробничій необхідності дозволяється експлуатувати ПК у приміщеннях без природного освітлення за узгодженням з органами державного нагляду за охороною праці, органами й установами санітарно-епідеміологічної служби.

Штучне освітлення приміщення повинне бути обладнане системою загального рівномірного освітлення [21]. Рівень освітленості на робочому столі в зоні розміщення документів повинний бути в межах від 300 лк до 500 лк. Загальне освітлення повинне бути виконане у виді суцільних або переривчастих ліній світильників, що розташовуються осторонь від робочих місць (переважно ліворуч) паралельно лінії зору працівників. Допускається застосовувати світильники прямого світла – П; переважно прямого світла – Н, переважно відбитого світла – В. При розташуванні відеотерміналів по периметрі приміщення лінії світильників штучного освітлення повинні розміщатися локально над робітниками місцями. Для загального освітлення необхідно застосовувати світильники з розсіювачами і дзеркальними екранними сітками або відбивачами.

Як джерело світла при штучному освітленні повинні застосовуватися, як правило, люмінесцентні лампи типу ЛБ. Яскравість світильників загального висвітлення в зоні кутів випромінювання від 50° до 90° відносної вертикалі в подовжній і поперечній площинах повинна складати не більш 200 кд/м^2 , а захисний кут світильників повинний бути не більше 40° . Коефіцієнт запасу (Кз) для освітлювальної установки загального освітлення варто приймати рівним 1,4. Коефіцієнт пульсації не повинний перевищувати 5 %. У випадку неможливості забезпечити необхідний рівень освітленості системою загального освітлення допускається застосування світильників місцевого освітлення, але при цьому не

повинно бути відблисків на поверхні екрана і збільшення освітленості екрана більш ніж до 300 лк. У виробничих і адміністративно-суспільних приміщеннях, де переважають роботи з документами, допускається застосовувати систему комбінованого освітлення (додатково застосовувати світильники місцевого освітлення). Допускається у світильниках місцевого освітлення застосування ламп накаливання. Світильники місцевого освітлення повинні мати напівпрозорий відбивач світла.

Загальні вимоги для природного і штучного освітлення [21]:

1) необхідно передбачити обмеження прямих відблисків від джерела освітлення, при цьому яскравість поверхонь, що світяться (вікна, джерела штучного світла) і знаходяться в полі зору, повинна бути не більш 200 кд/м^2 ;

2) необхідно обмежувати відбиті прямі відблиски шляхом вибору типів світильників і розміщенням робочих місць щодо джерел природного і штучного освітлення. Яскравість відблисків на екрані відеотерміналу не повинна перевищувати 40 кд/м^2 , яскравість стелі при застосуванні системи освітлення, що відбиває, не повинна перевищувати 200 кд/м^2 ;

3) необхідно обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору осіб, що працюють з відеотерміналом, при цьому відношення значень яскравості робочих поверхонь не повинне перевищувати 3:1, а поверхонь і навколишніх предметів (стіни, устаткування) – 5:1;

4) необхідно використовувати систему вимикачів, що дозволяє регулювати інтенсивність штучного освітлення в залежності від інтенсивності природного, а також дозволяє освітлювати тільки необхідні для роботи зони приміщення;

5) необхідно очищати шибку і світильники не рідше ніж 2 рази в рік і вчасно проводити заміну перегорілих ламп.

Рівень шуму не повинен перевищувати [22, 23]:

а) 40 дБ – при виконанні робіт, зв'язаних з виготовленням концепцій, розробкою нових програм, інших творчих робіт, а також при навчанні;

б) 50 дБ – при виконанні робіт, зв'язаних з керівництвом людьми, що виконують розумові роботи (робота керівника);

в) 55 дБ – при виконанні висококваліфікованої розумової роботи, що вимагає зосередженості;

г) 65 дБ – при виконанні робіт з інструкцій (операторська і близькі до неї по діяльності), а також при виконанні точних зорових робіт.

Для забезпечення нормованих рівнів шуму у виробничих приміщеннях і на робочих місцях застосовуються шумопоглинальні засоби, у якості яких повинні застосовуватися негорючі або спеціальні перфоровані плити, панелі, мінеральна вата з максимальним коефіцієнтом звукопоглинання в межах частот від 31,5 Гц до 8000 Гц, або інші матеріали аналогічного призначення. Крім того, необхідно застосовувати підвісні стелі з аналогічними властивостями.

6.2 Техніка безпеки

У зв'язку з застосуванням електроустаткування вимоги техніки безпеки відносяться до електробезпечності [24].

Приміщення, де виконуються роботи, повинне бути без підвищеної небезпеки. Якщо існують умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку, їх варто усунути.

Заземлені конструкції будинку, що знаходяться в приміщенні (батареї опалення, водопровідні труби, кабелі з заземленим відкритим екраном тощо), повинні бути надійно захищені діелектричними щитками або сітками від випадкового дотику.

Лінія електромережі для живлення комп'ютерів, периферійних пристосувань і устаткування для обслуговування, ремонту і налагодження виконується як окрема групова трьох провідна мережа, шляхом прокладки фазних, нульових робочих і нульового захисного провідників.

Неприпустимим є підключення комп'ютерів, периферійних пристосувань і устаткування для обслуговування, ремонту і налагодження до звичайної двох

провідної електромережі, у тому числі з використанням перехідних пристосувань.

У приміщенні, де одночасно експлуатується, або обслуговується більше п'яти ПЕОМ, на видному і доступному місці встановлюється аварійний резервний вимикач, що може повністю знеструмити приміщення, крім освітлення.

Електромережа для живлення ПЕОМ, периферійних пристосувань, обслуговування, ремонту і налагодження при розміщенні їх у центрі приміщення прокладають у каналах або під знімною підлогою в металевих трубах або гнучких металевих рукавах. При цьому не дозволяється застосовувати провід і кабель в ізоляції з вулканізованої гуми й інших матеріалів, що містять сірку. Відкрита прокладка кабелів під підлогою забороняється.

Необхідно забезпечити відвід з покриття підлоги статичних зарядів. Металеві труби і гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені.

Тимчасова електропроводка від переносних приладів до джерел живлення виконується найкоротшим шляхом без заплутування проводів у конструкціях машин, приладів і меблів. Нарощувати проводи можна тільки шляхом пайки з наступним старанним ізолюванням місць з'єднання.

Нульовий захисний провідник використовується для занулення електроприймачів. Використання нульового робочого провідника в якості нульового захисного провідника забороняється. Нульовий захисний провід прокладається від стійки групового розподільного щита, розподільного пункту до розеток живлення. Не допускається підключення на щиті до одного контактного затиску нульових робочих і нульового захисного провідників.

Електромережі штепсельних з'єднань і електророзеток для живлення ПК, периферійних пристосувань і устаткування для обслуговування ремонту і налагодження варто виконувати за магістральною схемою від 3 до 6 з'єднань, або електророзеток в одному ланцюзі.

Штепсельні з'єднання і електророзетки на напругу 12 В та 36 В по своїй конструкції повинні відрізнятися від штепсельних з'єднань на напругу 127 В та

220 В. Штепсельні з'єднання і електророзетки, розраховані на напругу 12 В та 36 В, повинні бути пофарбовані в колір, що візуально значно відрізняється від кольору штепсельних з'єднань, розрахованих на напругу 127 В та 220 В.

6.2.1 Вимоги безпеки під час експлуатації персональних комп'ютерів

Користувачі повинні стежити за тим, щоб комп'ютери, периферійні пристосування й устаткування для обслуговування, ремонту і налагодження були справні і випробувані відповідно до діючих нормативних документів.

Щодня перед початком роботи необхідно проводити очищення екрана відео терміналу від пилу й інших забруднень. Під час виконання робіт необхідно дотримуватися режимів праці і відпочинку. Після закінчення роботи відео термінал і персональна ЕОМ повинні бути відключені від електричної мережі.

У випадку виникнення аварійної ситуації необхідно негайно відключити відео термінал і ПК від електричної мережі. При необхідності для захисту від електромагнітних, електростатичних і інших полів можуть застосовуватися спеціальні технічні засоби, що мають відповідний сертифікат або санітарно-гігієнічний висновок акредитованих органів щодо їхніх захисних властивостей.

Є неприпустимими наступні дії [24]:

- 1) виконання обслуговування, ремонту і налагодження ПК безпосередньо на робочому місці користувача ПК;
- 2) збереження біля відеотерміналу і ПК паперів, дисків, інших носіїв інформації, запасних блоків, деталей і т.п., якщо вони не використовуються для поточної роботи;
- 3) відключення захисних пристосувань, самовільне проведення змін у конструкції і складі ПК, устаткування або їхнє технічне налагодження;
- 4) робота з відеотерміналами, у яких під час роботи з'являються нехарактерні сигнали, нестабільне зображення на екрані і т. п.;
- 5) робота на принтері зі знятою або небагато піднятою захисною кришкою.

6.2.2 Пожежна безпека

У залежності від особливостей виробничого процесу, крім загальних вимог пожежної безпеки, здійснюються спеціальні протипожежні заходи щодо окремих видів виробництв, технологічних процесів і промислових об'єктів. Для споруджень і приміщень, у яких експлуатуються відеотермінали й ЕОМ, такі заходи визначені Правилами пожежної безпеки в Україні і іншими нормативними документами [25–29].

Будинки і ті їхні частини, у яких розташовуються ЕОМ, повинні бути не нижче II ступеня вогнестійкості. Над і під приміщеннями, де розташовуються ЕОМ, а також у суміжних з ними приміщеннях не дозволяється розташування приміщень категорій А і Б з вибухопожежної небезпеки. Приміщення категорії В необхідно відокремлювати від приміщень з ЕОМ протипожежними стінами.

Для всіх споруджень і приміщень, у яких експлуатуються відеотермінали й ЕОМ, повинна бути визначена категорія по вибухопожежній і пожежній небезпеці згідно ДСТУ Б.В.1.1-36 [27], і клас зони відповідно до Правил устрою електроустановок [24]. Відповідні позначення повинні бути нанесені на вхідних двері приміщення.

Сховища інформації, приміщення для збереження перфокарт, магнітних стрічок, пакетів магнітних дисків потрібно розміщати у відділених приміщеннях, обладнаних негорючими стелажми і шафами. Зберігати такі носії інформації на стелажках необхідно в металевих касетах. У приміщеннях ЕОМ потрібно зберігати лише ті носії інформації, що необхідні для поточної роботи.

Комунікації прокладають крізь діафрагми в спеціальних обоймах із застосуванням негорючих ущільнювачів для запобігання проникнення вогню з одного відсіку в інший, а також з підпільного простору в приміщення. Підпільний простір під знімною підлогою повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації і засобами пожежогасіння відповідно до вимог Переліку однотипних по призначенню об'єктів, що підлягають

устаткуванню автоматичними установками пожежогасіння і пожежної сигналізації, з використанням димових пожежних оповіщувачів [25, 26, 28].

Для промивання деталей необхідно застосовувати негорючі миючі препарати. У разі потреби проведення дрібного ремонту або технічного обслуговування ЕОМ безпосередньо в машинному залі і неможливості застосування негорючих миючих речовин дозволяється мати не більше 0,5 л легкозаймистої рідини в тарі, що не б'ється і щільно закривається.

Приміщення, у яких розташовуються персональні ЕОМ і дисплейні зали, повинні бути оснащені системою автоматичної пожежної сигналізації з димовими пожежними сповіщувачами і переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 штуки на кожні 20 м² площі приміщення з врахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної речовини [29].

6.3 Висновки до 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.

Дотримання вимог з кондиціонування повітря дозволяють автоматично підтримувати в приміщенні температуру, вологість, швидкість руху і чистоту повітря, тим самим створювати комфортні умови для роботи 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 вимірювально-інформаційної 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 параметром. Отже, необхідно проводити всі вимірювання в динамічному режимі в реальних умовах експлуатації. Для цього повинна бути використана ВІС вимірювання інформативних параметрів динамічних режимів роботи автогрейдера.

З метою всебічного вивчення можливості використання тензометричних датчиків деформацій для вимірювання динамічних навантажень на елементи рами автогрейдера, та визначення їх оптимальної кількості і місць розташування було проведено ряд експериментальних досліджень.

За результатами вимірювань деформацій рами було встановлено, що на раму діють як деформації стискання та і розтягування.

При дії деформацій розтягування вихідний сигнал на виході тензодатчика зменшується, а при дії деформацій стискання зростає.

Встановлено, що деформації рами носять випадковий характер. Характерним є те, що не дивлячись на свою хаотичність в силі та часі ці деформації мають певний напрямок. Кути дій деформацій лежать в межах:

- бокові деформації — від 44° до 45° ;
- верхні деформації — від 46° до 58° .

Експериментально доказано наявність нелінійних деформацій скручування та вигинання.

За результатами аналізу всіх часових вибірок результатів вимірювань було встановлено, що максимальні деформації, а отже і динамічні навантаження мають місце коли датчики встановлені не посередині бокової чи верхньої поверхні рами автогрейдера, а ближче до краю.

Були також виявлені вузлові точки максимальних вібрацій. Їх всього три на рамі:

- на робочому органі;
- на перехресті силових рамних балок ;
- на шворні.

Аналіз результатів досліджень невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини показав що:

- невизначеність вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини в процесі залежить від напрямку дії навантажень на робочий орган, місця наклеювання тензометричного датчика, режиму роботи дорожньої машини і типу ґрунту;

- відносна невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини змінюється в часі і лежить в межах від 22 Н/м^2 до 65 Н/м^2 при середньому значенні 4850 Н/м^2 та стандартному відхиленні від 18 Н/м^2 до 40 Н/м^2 .

— з метою зменшення невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини необхідно враховувати нестационарність вимірюваного процесу та технічний стан дорожньої машини (перед проведенням експериментів необхідно мінімально зменшити люфти та зазори).

Все це в сукупності дозволить значно підвищити достовірність вимірювань параметрів вібрацій, які характеризують динаміку роботи автогрейдера.

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

Кафедра МБЖД

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Чалый В. П. Неопределенность и погрешность, их сходство, различие и употребление в разных метрологических процедурах. *Збірник наукових праць XIII. Системи обробки інформації. Невизначеність вимірювання: наукові, нормативні та прикладні аспекти*. Харків, 2006. №7. С. 82–86.
2. Про метрологію та метрологічну діяльність
URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/113/98-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 15.10.2021)
3. ДСТУ–Н РМГ 43:2006. Метрологія. Застосування "Руководства по выражению неопределенности измерений" (РМГ 43:2001, IDT). [Чинний від 2012-02-12]. Вид. офіц. Київ, 2012. 18 с. (Інформація та документація).
4. Quantifying Uncertainty in Analytical Measurement. *CITAC Guide CG – 2012*. URL: <http://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/QUAM2012P1.pdf>. (дата звернення: 15.10.2021)
5. Паракуда В. В., Колпак Б. Д., Чалый В. П. Еволюція вимог до метрології. *Український метрологічний журнал*. Харків. 2005. №3. С. 56–60.
6. Мержиєвська В. В. Оцінювання невизначеності вимірювання параметрів автомобільних двигунів під час стендового випробовування. *Збірник наукових праць XIII. Системи обробки інформації*. 2008. №9. С. 43–47.
7. Чубатенко В. Я. Основи забезпечення єдності вимірювань. Невизначеність вимірювання та її оцінювання від час випробовування продукції. Методики виконання вимірювання: розрахунок невизначеності вимірювання: курс лекцій. Дніпро : ДП "УкрНДНЦ", 2009. 102 с.
8. Захаров И. П., Кукуш В. Д. Теория неопределенности в измерениях : навч. посіб. Харків : Консум, 2002. 256 с.
9. Оптические датчики – единство выбора. 2012. С. 20-27. URL: <http://www.electronics.ru/journal/article/512>. (дата звернення: 15.10.2021)
10. Electronic Components Datasheet Search. URL: <http://www.alldatasheet.com/view/jsp&Searchword=VL53L0X>. (дата звернення:

15.10.2021)

11. Electronic Components Datasheet Search. URL:
<http://www.alldatasheet.com/> (дата звернення: 15.10.2021)

12. Electronic Components Datasheet Search URL:
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/517744/ETC1/VL53L0X.html>
 (дата звернення: 15.10.2021)

13. Коваль А. О., Єфіменко Н. М. Обґрунтування необхідності інтелектуалізації інформаційно-вимірювальної системи дорожніх машин. *Проблеми інформатики 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.

17. Конституція України: [Електронний ресурс] // Президент України. – Режим доступу: <https://www.president.gov.ua/documents/constitution>

18. Про охорону праці: Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ [Електронний ресурс] // Верховна Рада України. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.

19. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»

20. ДСТУ ОHSAS 18001:2010. Системи управління гігієною та безпекою праці

21. ДБН В.2.5-28-2006 «Природне та штучне освітлення»

22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку

23. ДБН В.2.5-67 – 1026 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

24. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. вид. 3-тє, перероб. і

доп.– К.: Мінпаливенерго України, 2010, 2010.– 736с.

25. НАПБ В.01.054-2015/510 Правила пожежної безпеки для підприємств і організацій автомобільного транспорту України. 2016 р

26. НАПБ А.01.001-2004 Правила пожежної безпеки України, затверджені наказом МНС України з питань надзвичайних ситуацій від 19 жовтня 2004 р. № 126.

27. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Електронний ресурс] // Будстандарт online. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=65419.

28. ДСТУ ISO 6309:2007 Протипожежний захист

29. ДСТУ 3855-99 Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення.

Кафедра МДЖД

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 НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ДИНАМІЧНИХ
НАВАНТАЖЕНЬ НА ЕЛЕМЕНТИ КОНСТРУКЦІЇ ДОРОЖНЬОЇ МАШИНИ

Завідувач кафедри к. т. н., доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер к. т. н.



М. В. Москаленко

Керівник к. т. н., доц.



А. О. Коваль

Студент групи ММ-61-21



Д. Д. Грабовський

м. Харків - 2022

МЕТА, ОБ'ЄКТ ТА ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕНЬ

Об'єкт дослідження – вимірювальна інформаційна система автогрейдера ДЗк 250В.

Мета роботи – дослідити невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини.

Метод дослідження – тензометричний метод вимірювання параметрів динамічних навантажень, методи прямого експерименту, статистичного та часового аналізу даних вимірювань багатоканальної комп'ютеризованої вимірювальної системи динамічних навантажень

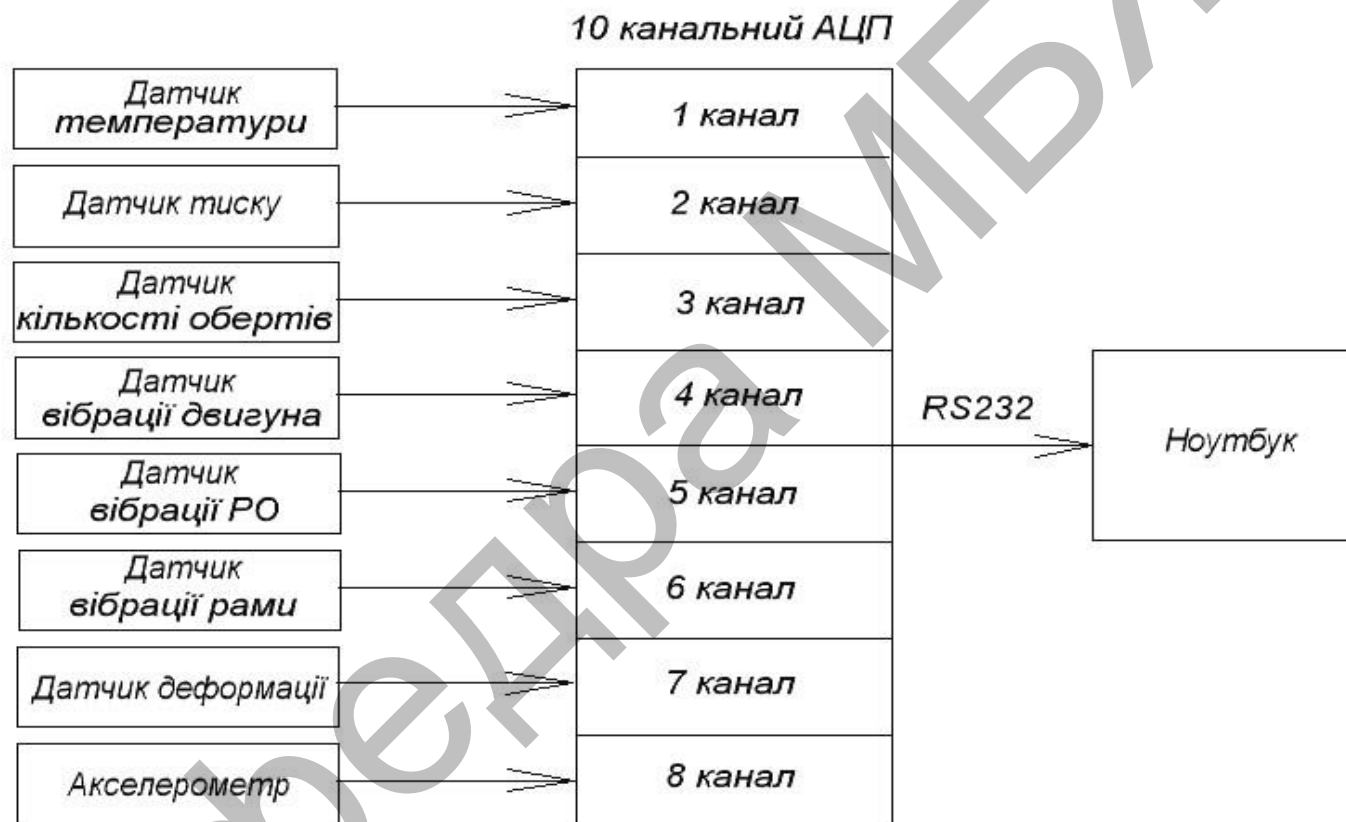
Предмет дослідження – невизначеність вимірювань вимірювальних каналів динамічних навантажень

В магістерській роботі на основі експериментальних досліджень всебічно досліджено та проаналізована невизначеність вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини. Проаналізовано вплив типу датчиків та їх розміщення на достовірність вимірювальної інформації.

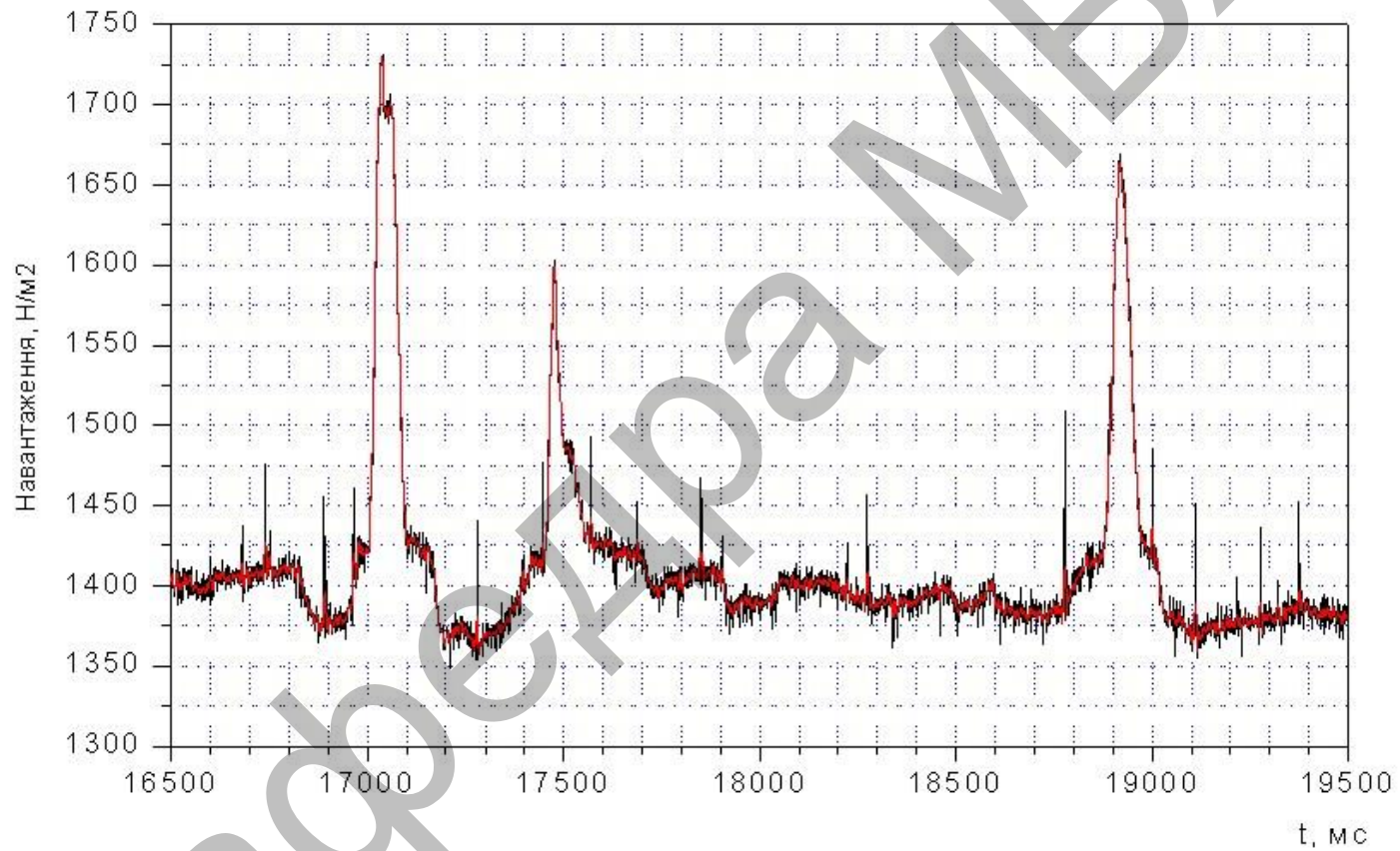
АВТОГРЕЙДЕР ДЗК 250В



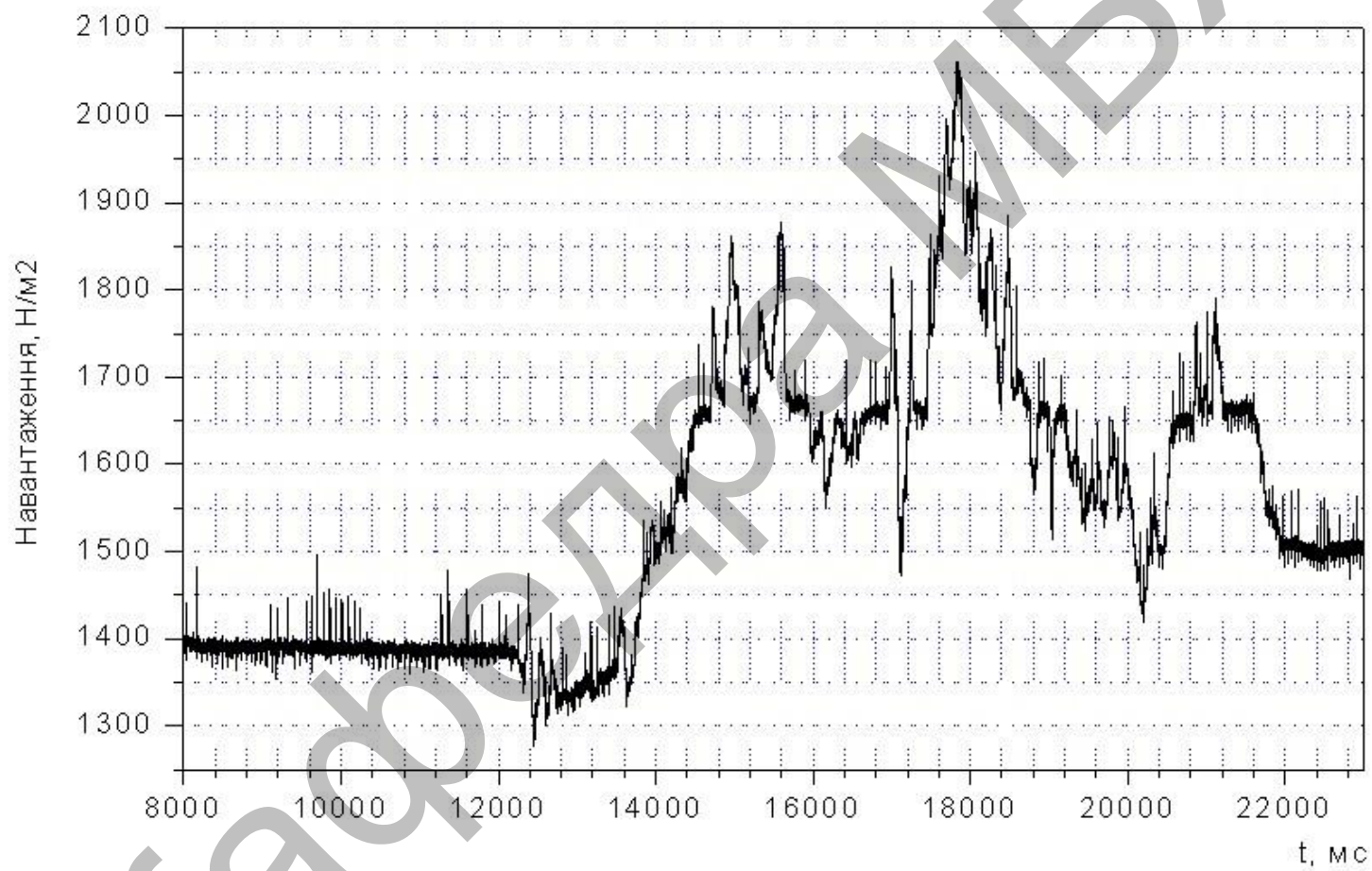
ВИМІРЮВАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА



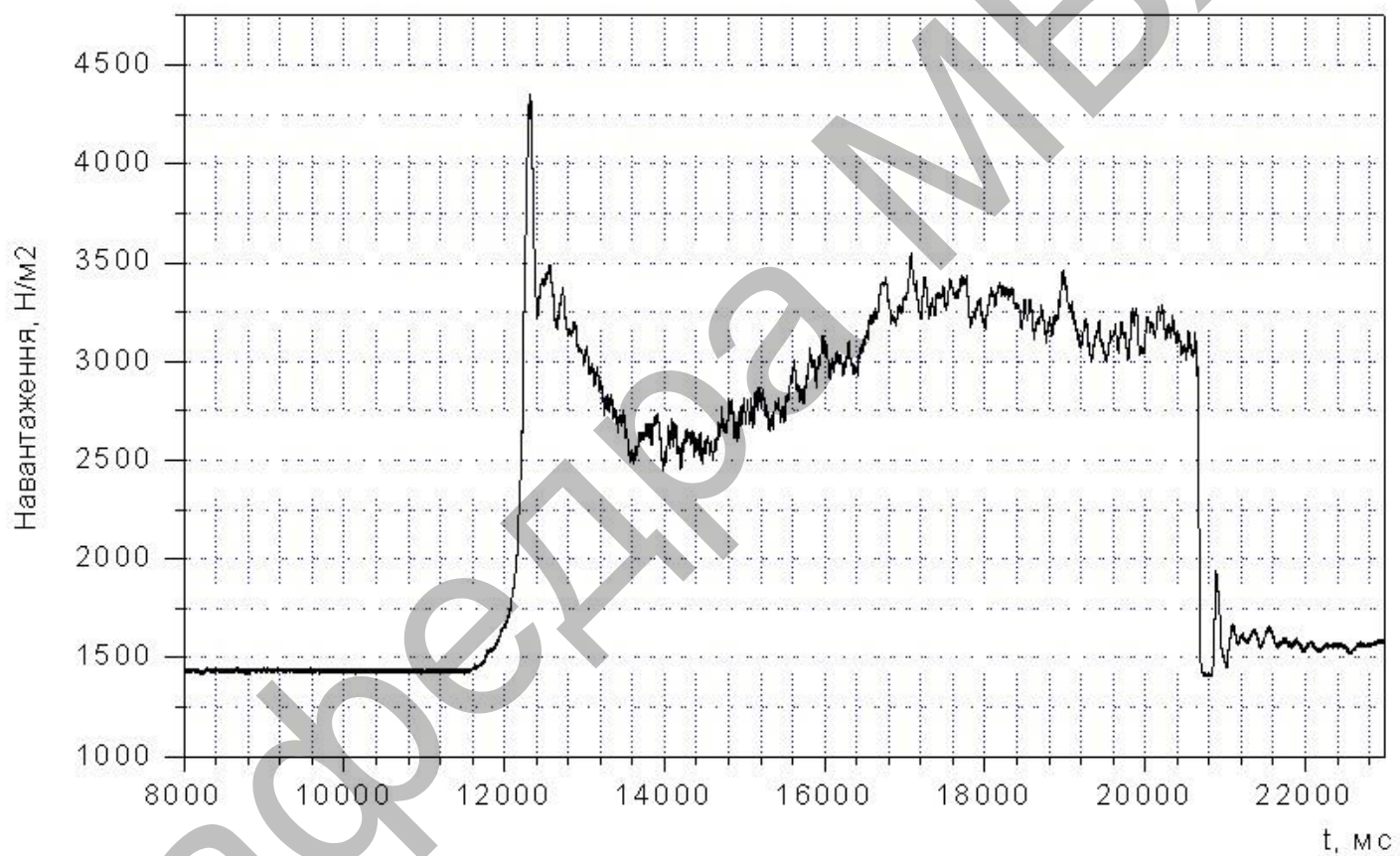
ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СЛАБО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ (ПІК НАГРУЗКИ)



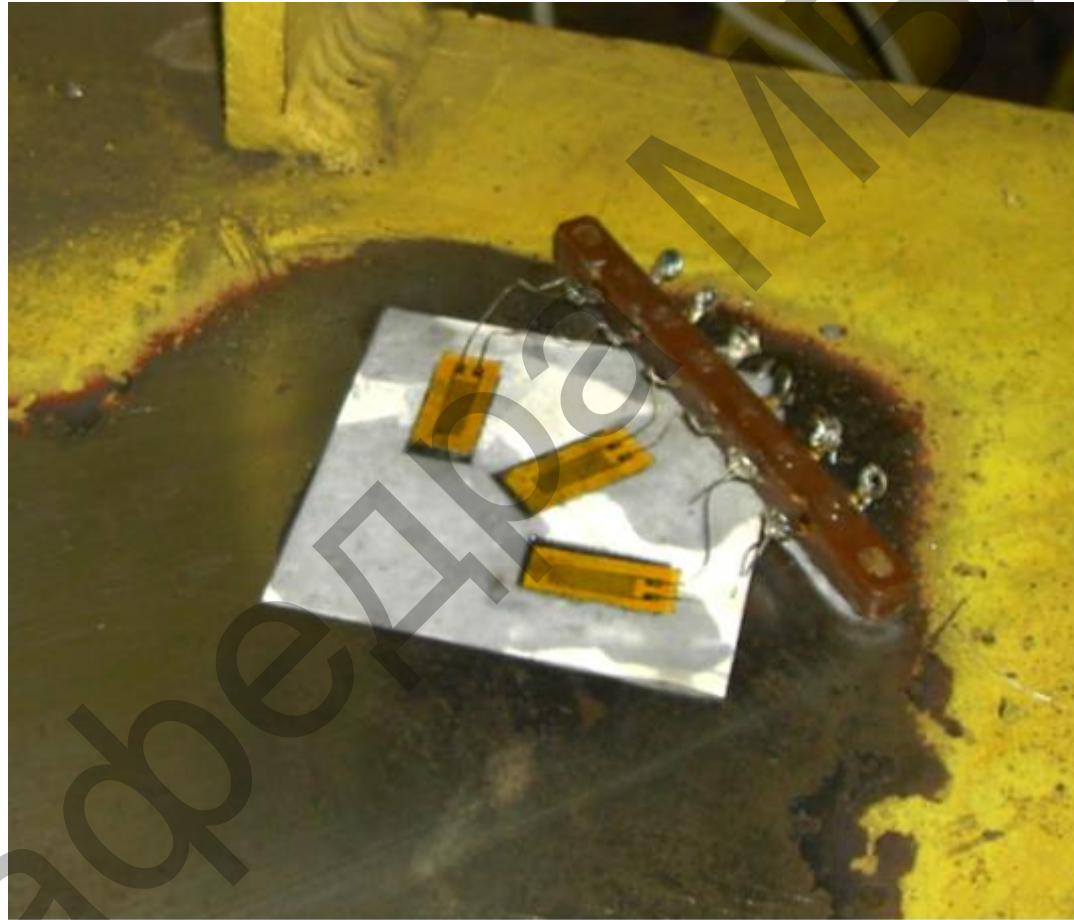
ДЕФОРМАЦІЯ РАМИ В СЕРЕДНЬО НАВАНТАЖЕНОМУ РЕЖИМІ (СУХИЙ ГРУНТ)



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



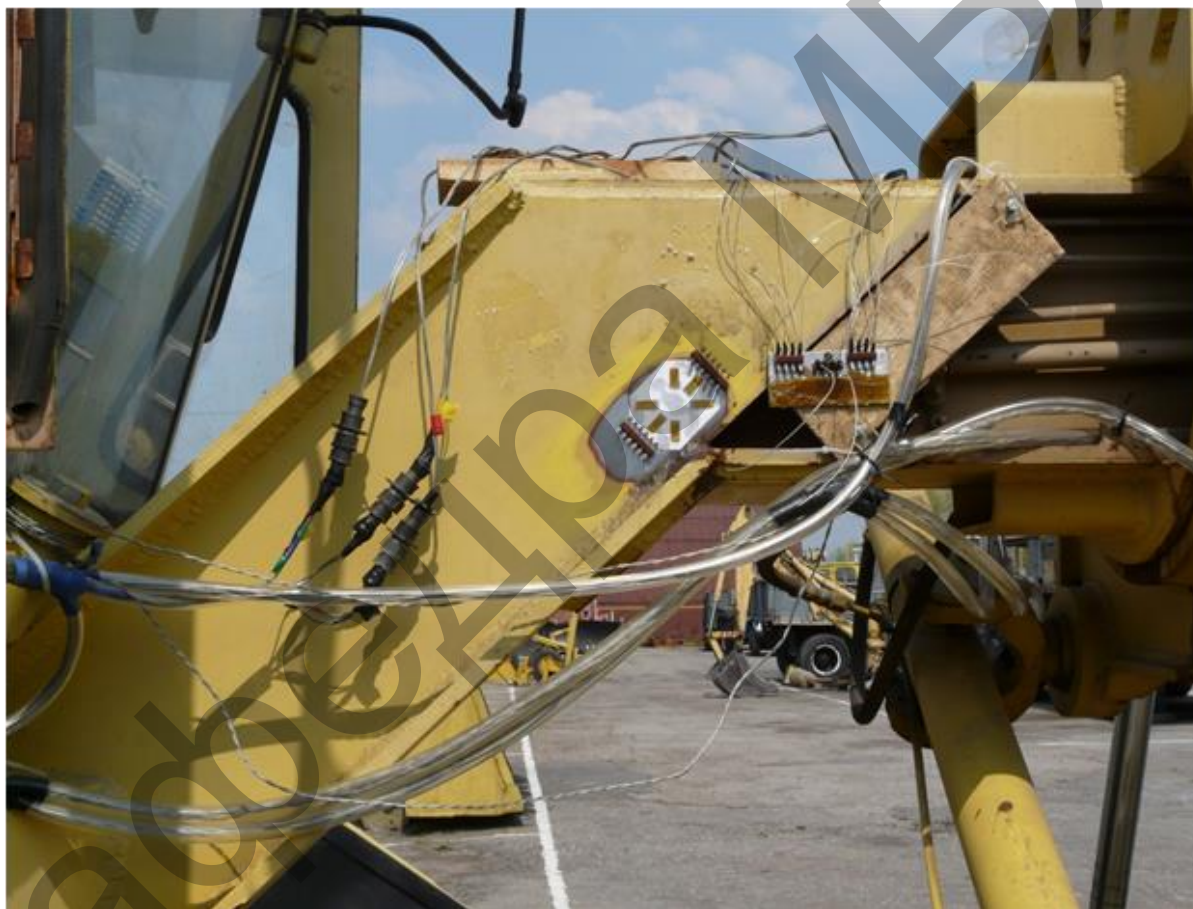
ПЛОЩИННА «РОЗОЧКА» З ТРЬОХ ТЕНЗОРЕЗИСТОРІВ НА РАМІ АВТОГРЕЙДЕРА



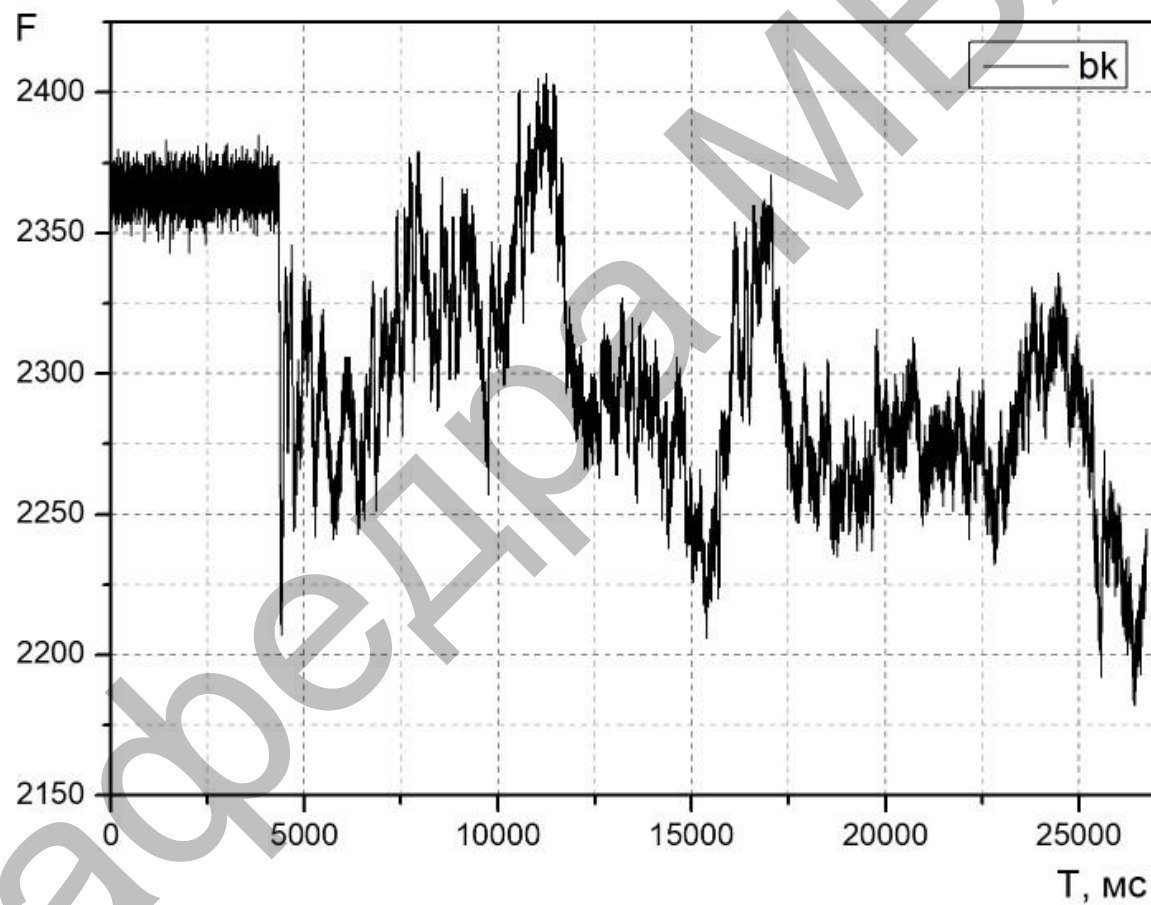
**ПЛОЩИННА ПОДВІЙНА «РОЗОЧКА» З ШЕСТИ ТЕНЗОРЕЗИСТОРІВ
ЗАКРІПЛЕНА НА БОКОВІЙ ПОВЕРХНІ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА**



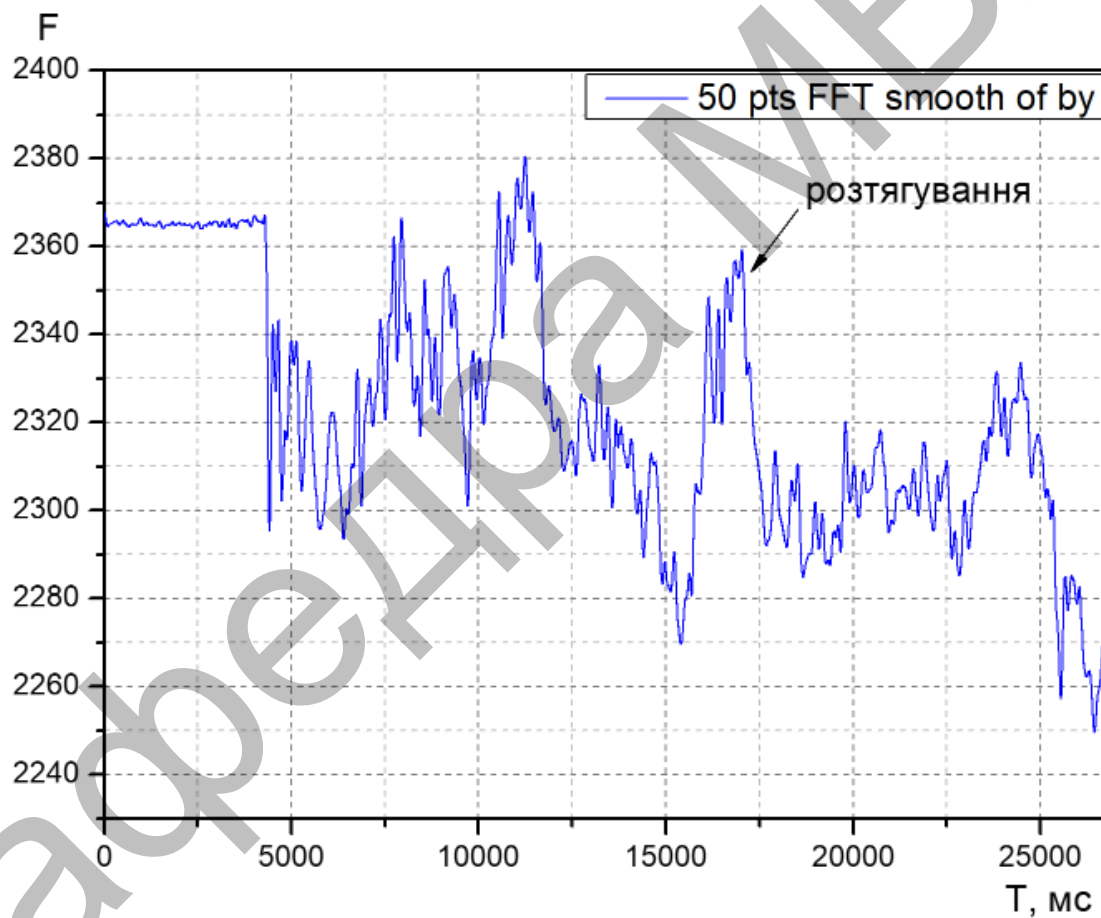
ЗОВНІШНІЙ ВИД РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА ПІДГОТОВЛЕНОЇ ДО ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



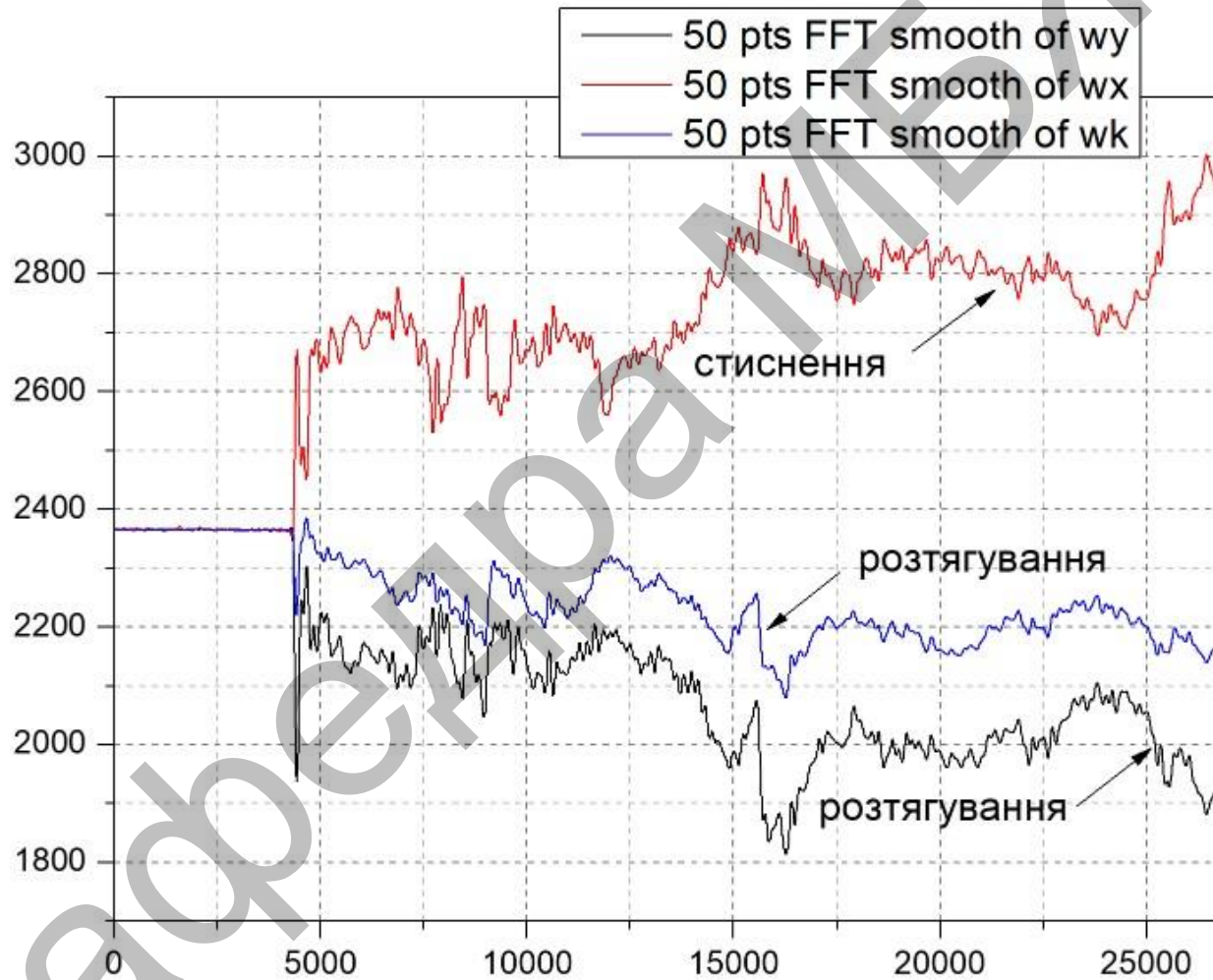
РЕЗУЛЬТУЮЧИЙ ВЕКТОР ДЕФОРМАЦІЙ БОКОВОЇ ПОВЕРХНІ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА



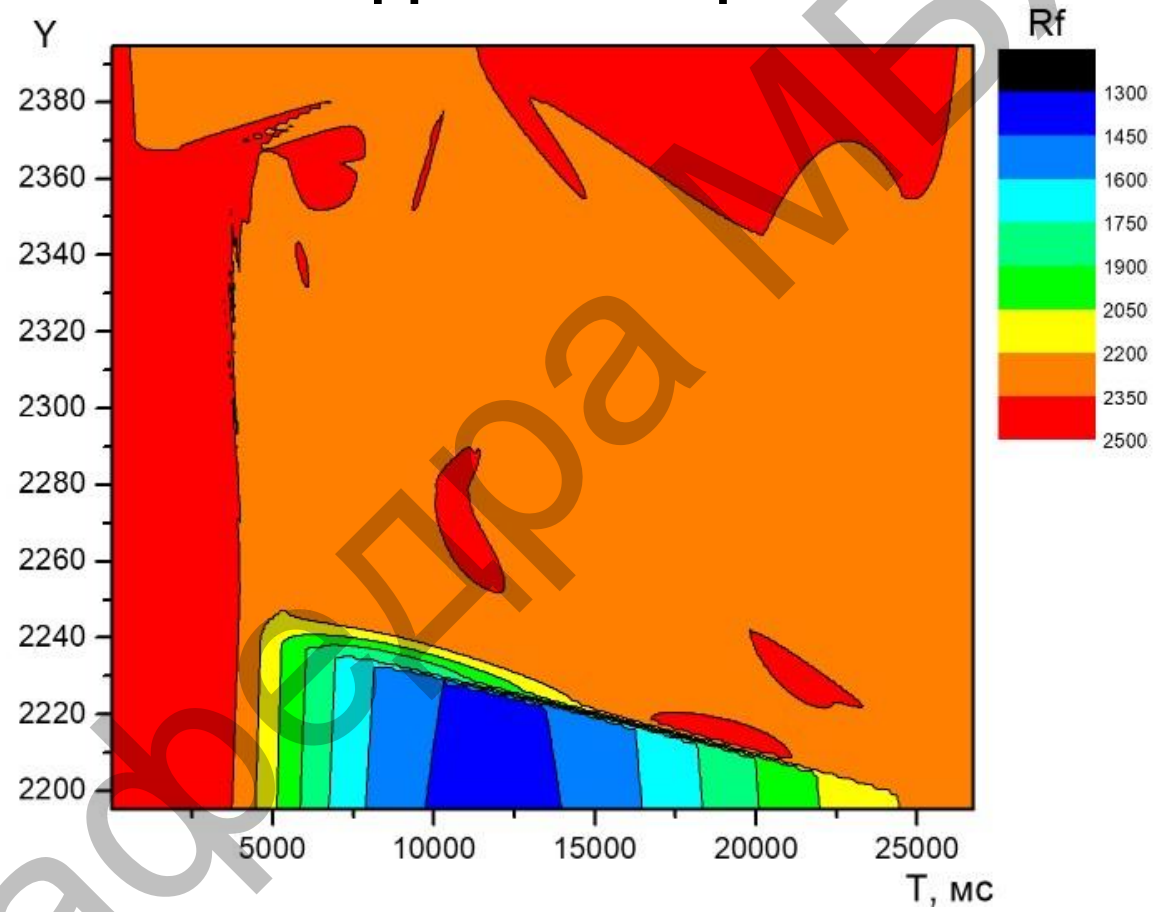
РЕЗУЛЬТУЮЧИЙ ВЕКТОР ДЕФОРМАЦІЙ БОКОВОЇ ПОВЕРХНІ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА



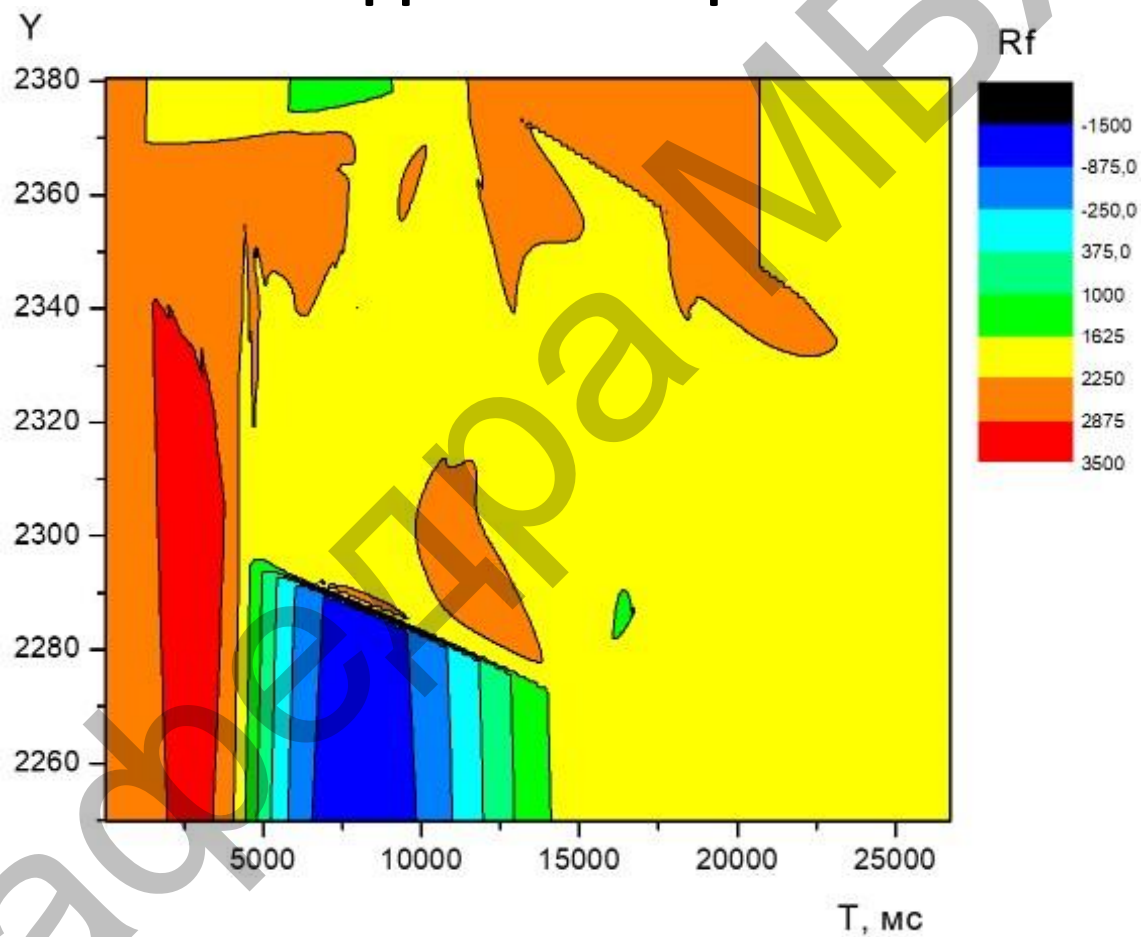
ДЕФОРМАЦІЇ НА ВЕРХНІЙ ПОВЕРХНІ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА



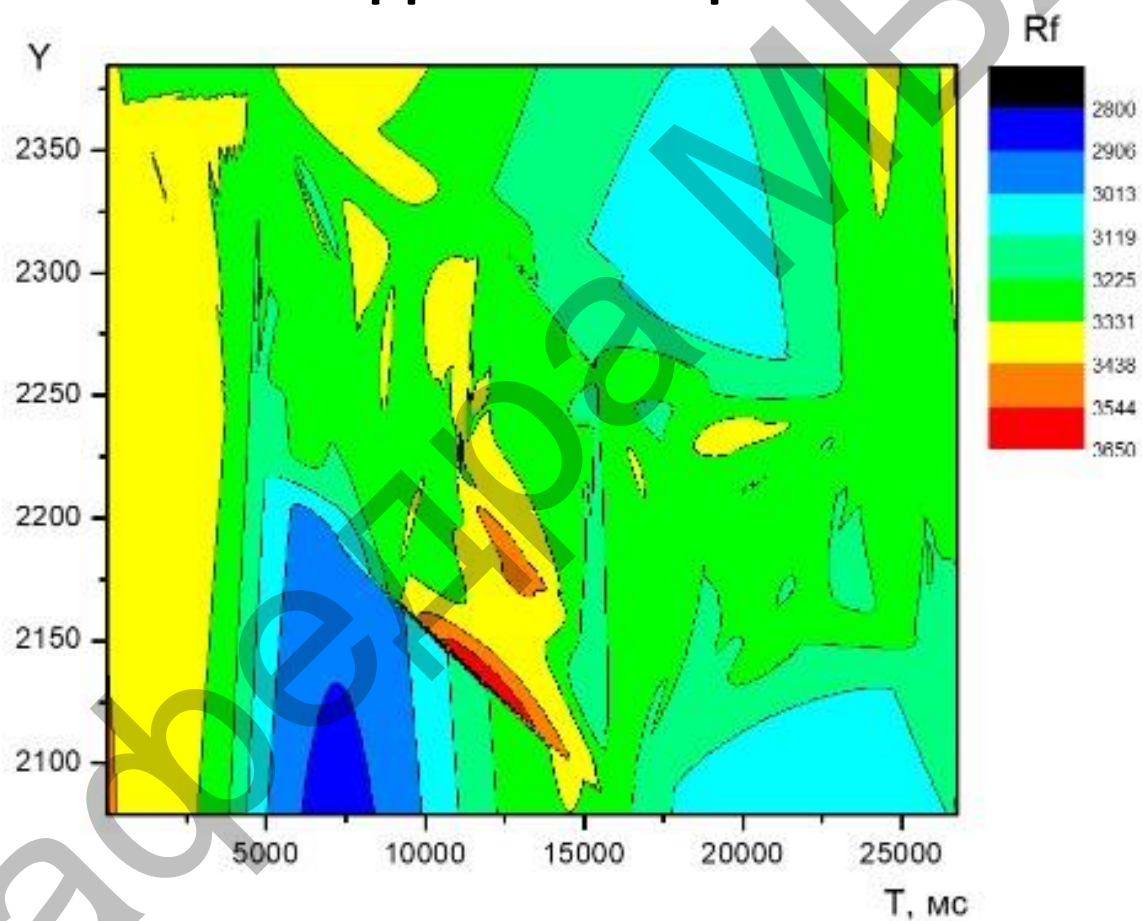
ПРОСТОРОВО ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ БОКОВИХ ПОЗДОВЖНІХ ДЕФОРМАЦІЙ



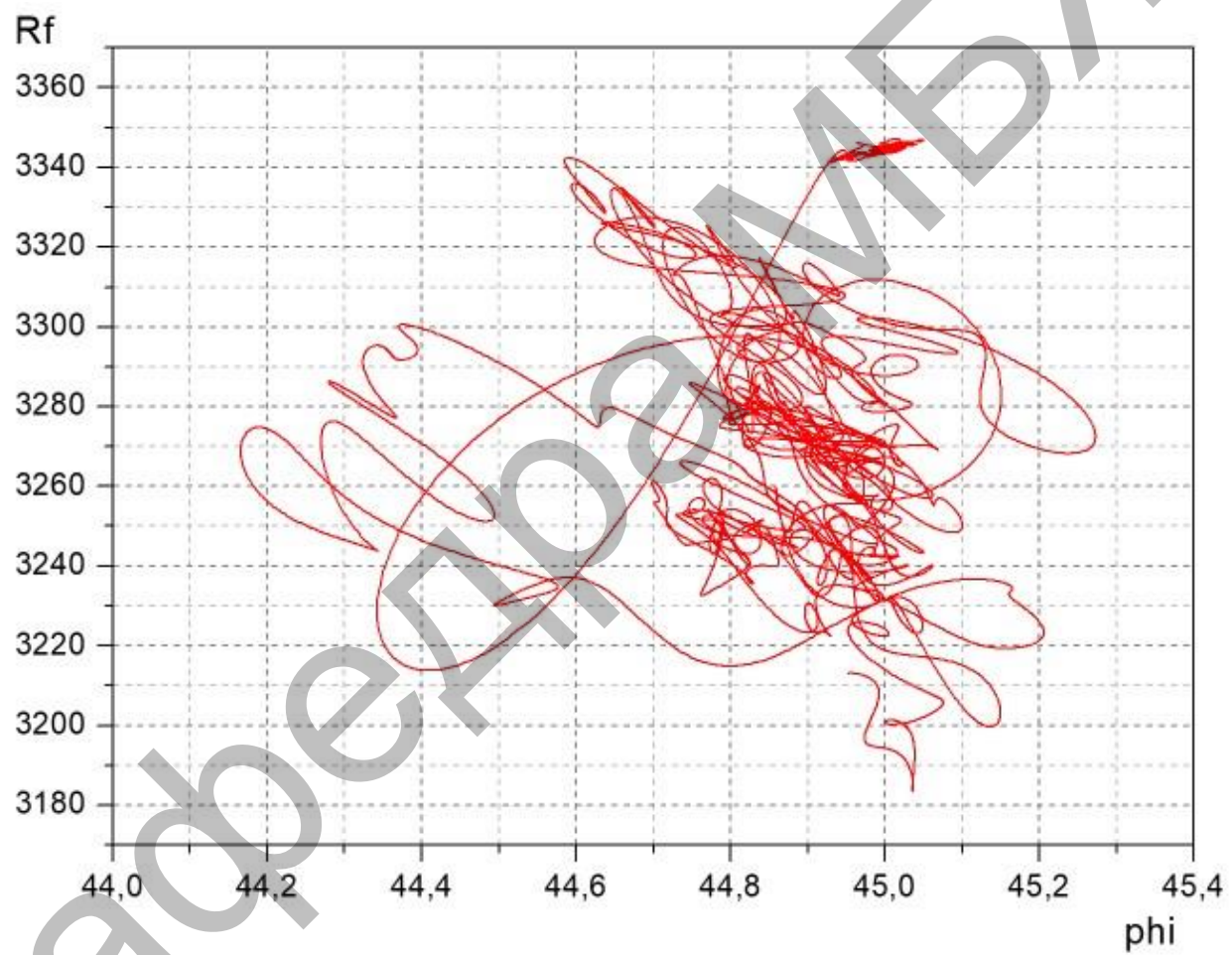
ПРОСТОРОВО ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ БОКОВИХ ВЕРТИКАЛЬНИХ ДЕФОРМАЦІЙ



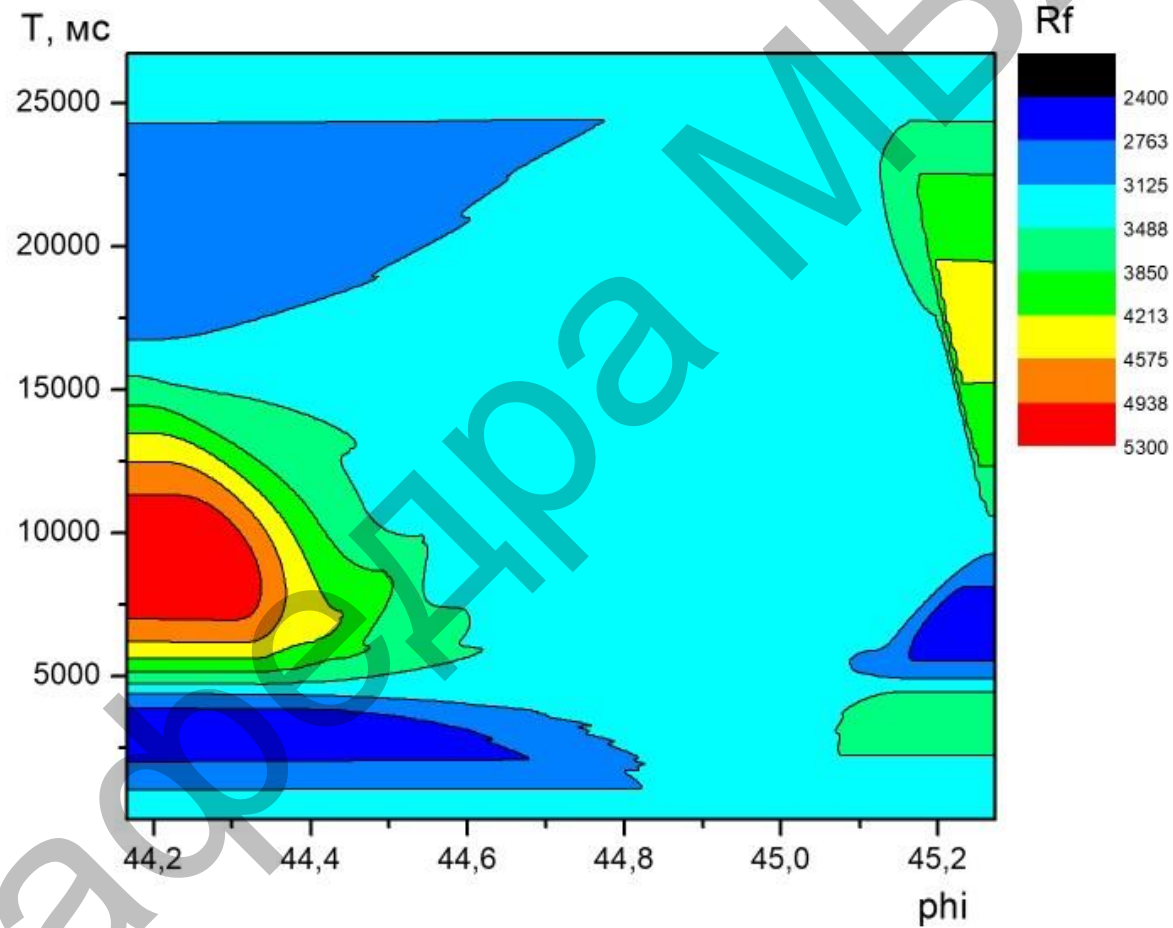
ПРОСТОРОВО ЧАСОВИЙ РОЗПОДІЛ ВЕРХНІХ ПОПЕРЕЧНИХ ДЕФОРМАЦІЙ



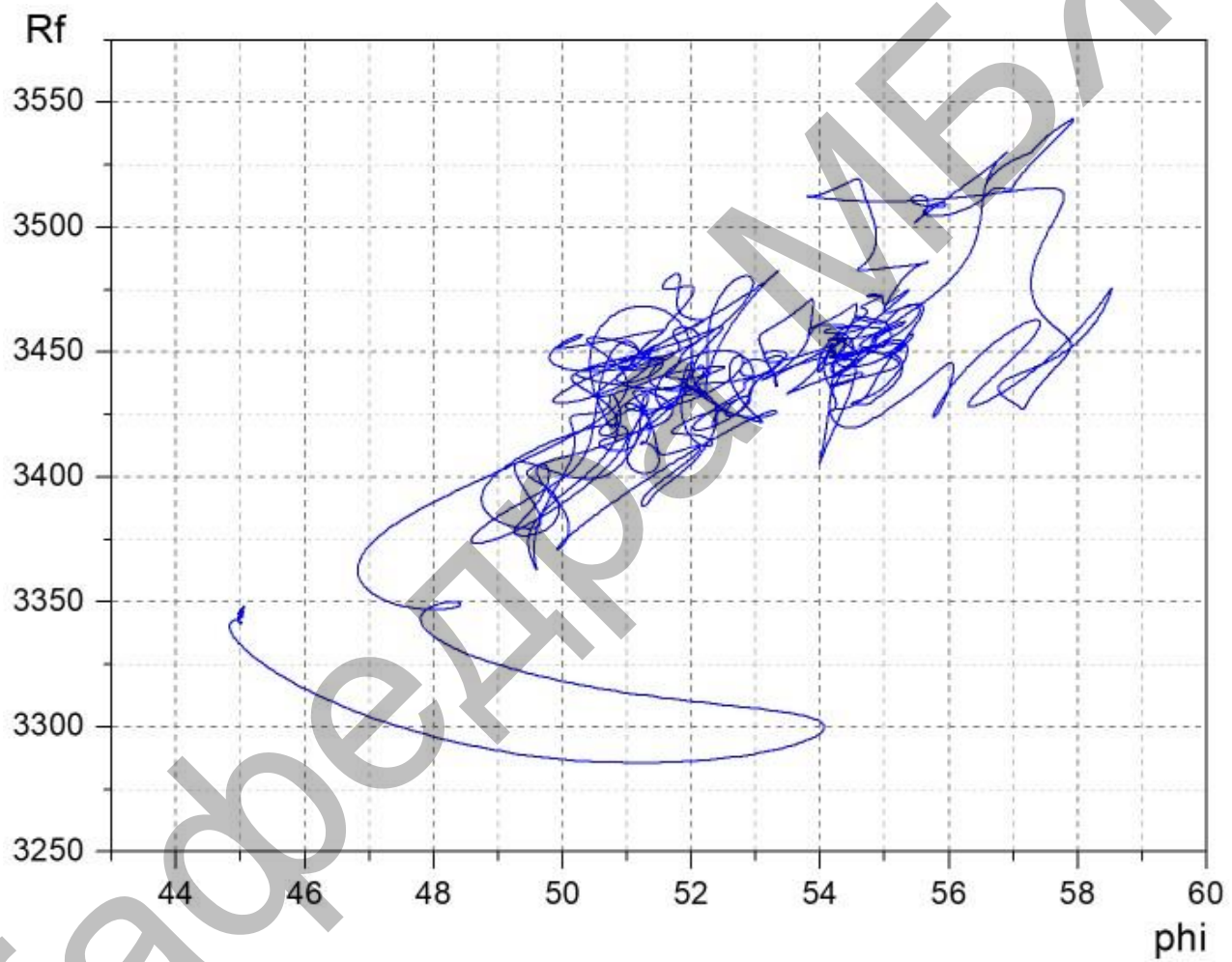
ЗАЛЕЖНІСТЬ МОДУЛЯ БОКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ВІД НАПРЯМУ



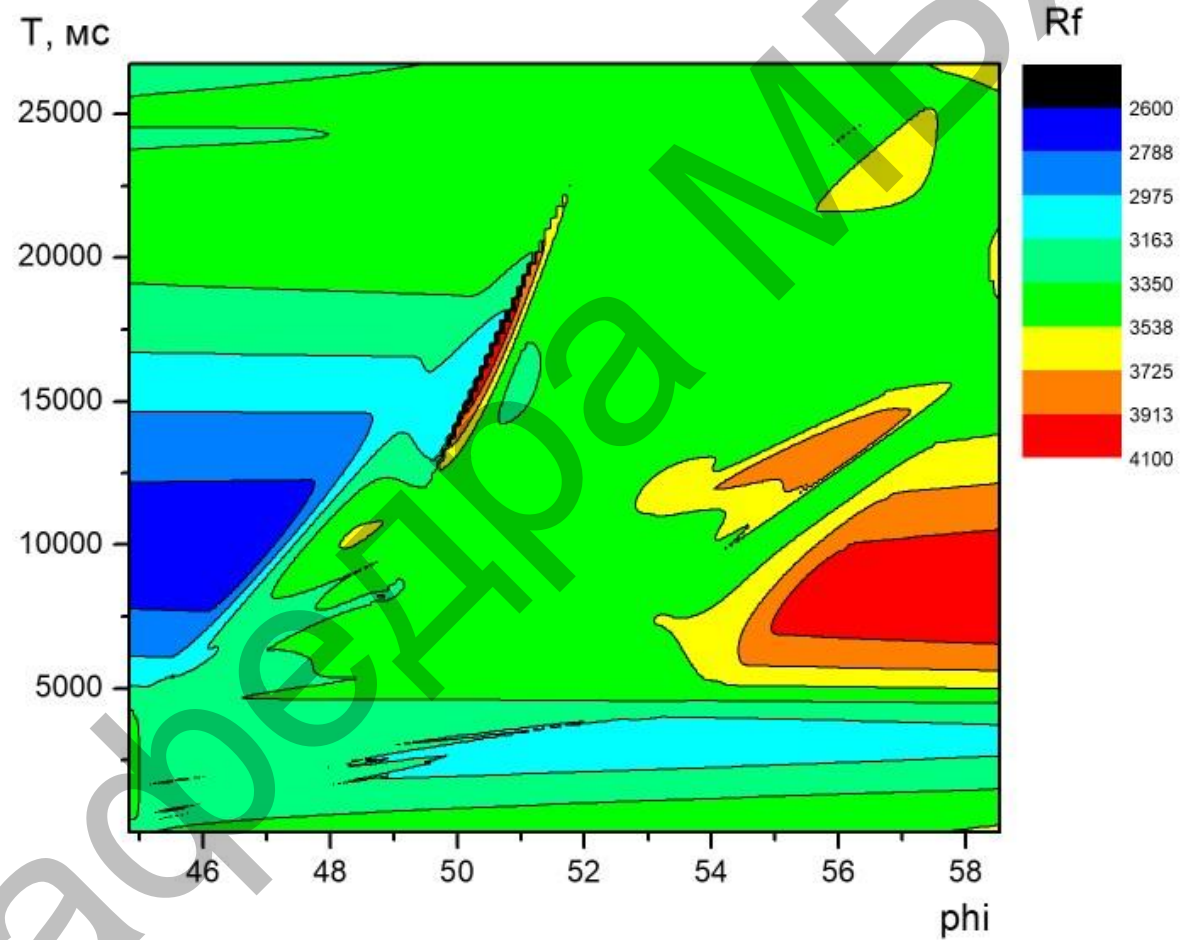
ЗАЛЕЖНІСТЬ МОДУЛЯ БОКОВИХ ДЕФОРМАЦІЙ ВІД НАПРЯМУ В ЧАСІ



ЗАЛЕЖНІСТЬ МОДУЛЯ ВЕРХНІХ ДЕФОРМАЦІЙ ВІД НАПРЯМУ



ЗАЛЕЖНІСТЬ МОДУЛЯ ВЕРХНІХ ДЕФОРМАЦІЙ ВІД НАПРЯМУ В ЧАСІ



РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА

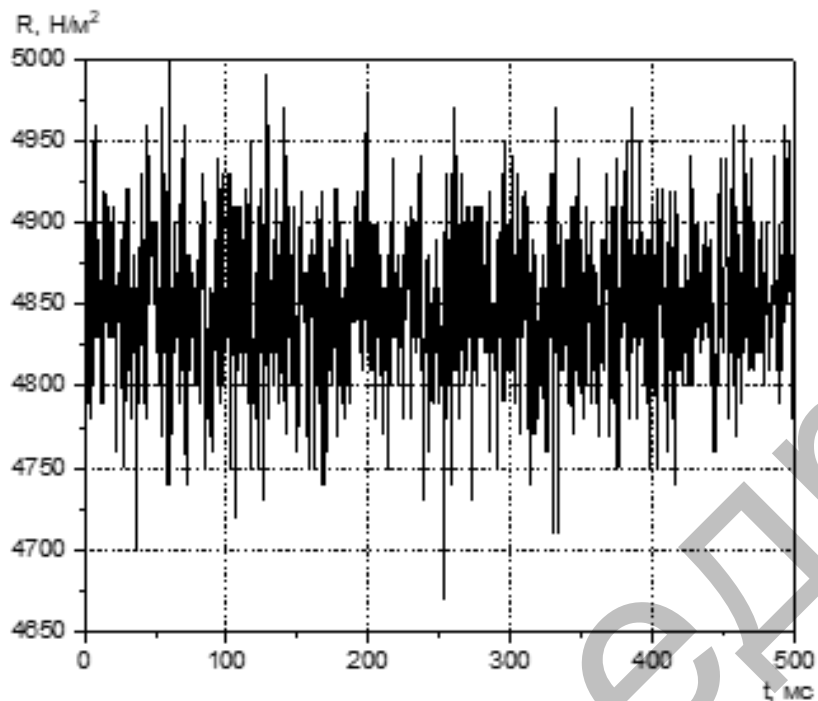


Рисунок 1 – Результати вимірювання деформацій рами автогрейдера

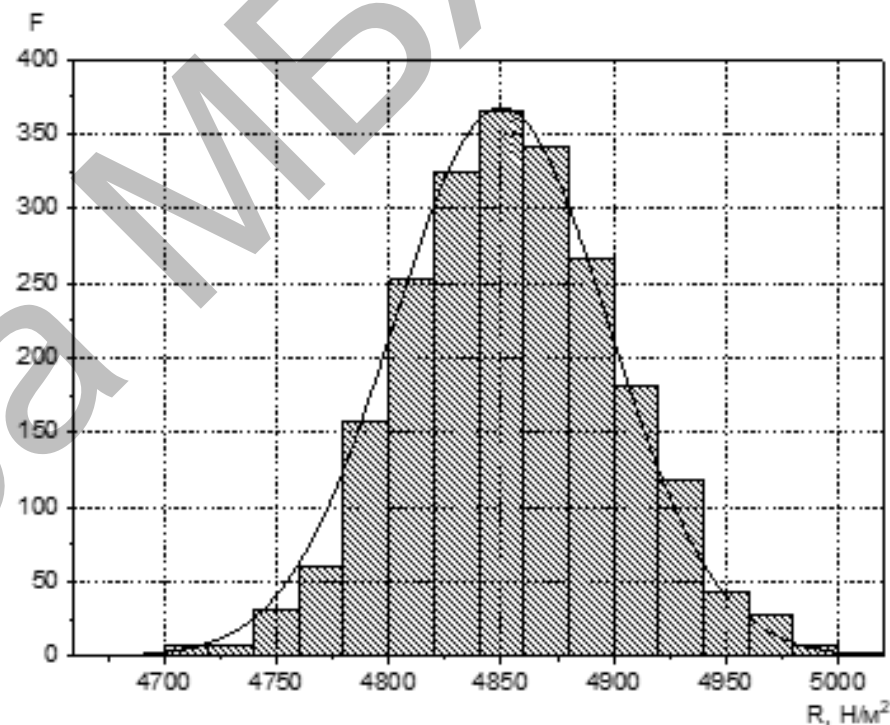


Рисунок 2 – Гістограма результатів вимірювання деформацій рами автогрейдера

РЕЗУЛЬТАТИ ВИМІРЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ РАМИ АВТОГРЕЙДЕРА

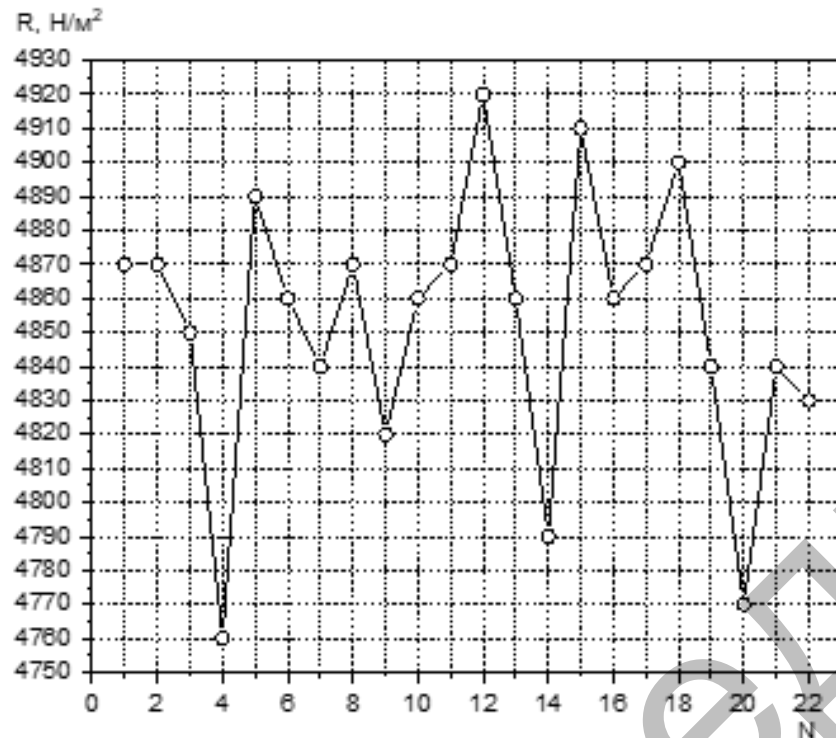


Рисунок 3 – Вектор динамічних навантажень

За значеннями вектора R та його графіка вже можна оцінити:

— його середнє значення:

$$\bar{R} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N R_k = 4850,23 \text{ Н/м}^2;$$

— стандартне відхилення вимірювань згідно з (4.1):

$$u_{A1}(R) = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \cdot \sum_{k=1}^N (R_k - \bar{R})^2} = \sqrt{\frac{1}{462} \cdot \sum_{k=1}^{22} (R_k - \bar{R})^2} = 40,1 \text{ Н/м}^2;$$

— відносне стандартне відхилення вимірювань (4.2):

$$u_{\text{відн}}(R) = \frac{R \cdot u_A(R)}{\bar{R}} = 40,07 \text{ Н/м}^2;$$

— середнє квадратичне відхилення як коефіцієнт дисперсії C_{V1}

$$C_{V1} = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N (R_k - \bar{R})^2}{N}}}{\bar{R}} \cdot 100\% = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{22} (R_k - \bar{R})^2}{22}}}{\bar{R}} \cdot 100\% = 0,84.$$

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

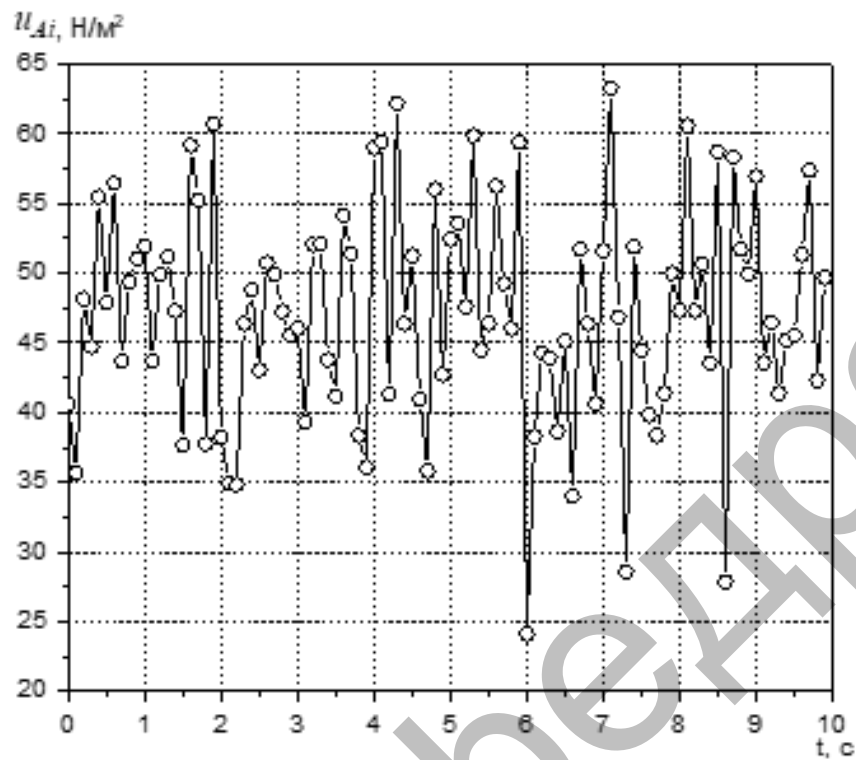


Рисунок 4 - Зміна відносної невизначеності вимірювань динамічних навантажень в часі

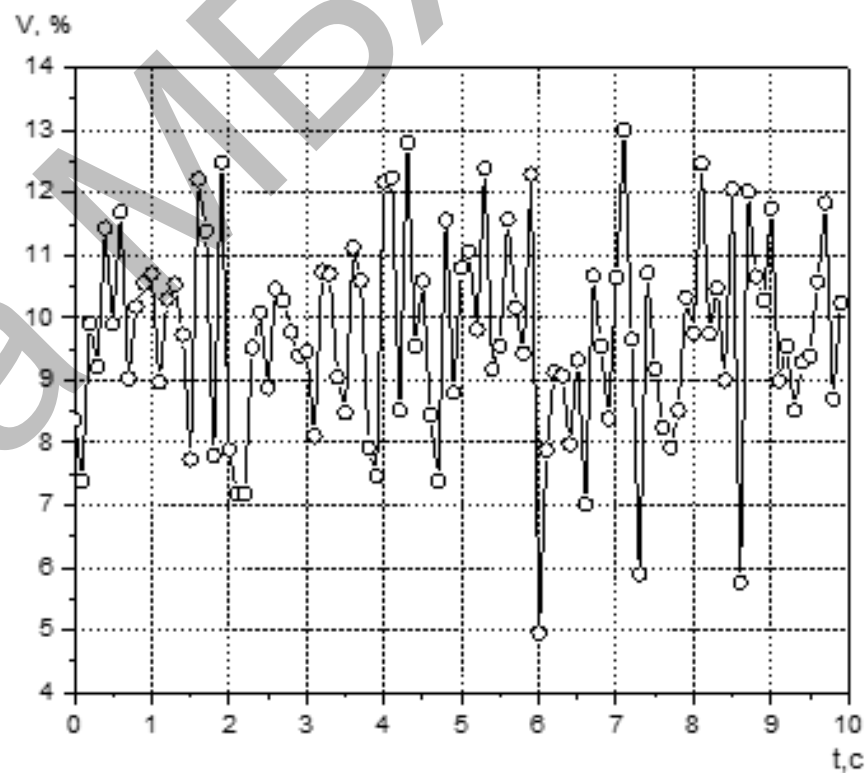


Рисунок 5— Зміна коефіцієнта дисперсії вимірювань динамічних навантажень в часі

ВИСНОВОК

В результаті виконання магістерської роботи була вирішена науково-практична задача з дослідження невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини. Проведені дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що деформації рами носять випадковий характер. Характерним є те, що не дивлячись на свою хаотичність в силі та часі ці деформації мають певний напрямок. Кути дій деформацій лежать в межах:

- бокові деформації — від 44° до 45° ;
- верхні деформації — від 46° до 58° .

2. Експериментально доказано наявність нелінійних деформацій скручування та вигинання. За результатами аналізу всіх часових вибірок результатів вимірювань було встановлено, що максимальні деформації, а отже і динамічні навантаження мають місце коли датчики встановлені не посередині бокової чи верхньої поверхні рами автогрейдера, а ближче до краю. Були також виявлені вузлові точки максимальних вібрацій. Їх всього три на рамі: на робочому органі, на перехресті силових рамних балок та на шворні.

3. Аналіз результатів досліджень невизначеності вимірювань просторового розподілу динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини показав що невизначеність вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини в процесі залежить від напрямку дії навантажень на робочий орган, місця наклеювання тензометричного датчика, режиму роботи дорожньої машини і типу ґрунту, відносна невизначеності вимірювань динамічних навантажень на елементи конструкції дорожньої машини змінюється в часі і лежить в межах від 22 Н/м^2 до 65 Н/м^2 при середньому значенні 4850 Н/м^2 та стандартному відхиленні від 18 Н/м^2 до 40 Н/м^2 .

Запропоновані в даній дипломній роботі рішення доцільно використовувати в процесі наукових досліджень просторово розподілених вимірювальних систем з використанням тензометричних датчиків та в навчальному процесі.