

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Механічний факультет

Кафедра метрології та БЖД

Дипломна робота

магістра

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІЙ ВИМІРЮВАЛЬНІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ
КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

Завідувач кафедри, канд. техн. наук, доц.



О. І. Богатов

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.



І. В. Грайворонська

Керівник, канд. техн. наук, доц.



Н. В. Діденко

Студент гр. ММ-61-22



А. О. Альохін

Харків – 2023

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет механічний

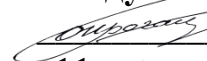
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

Освітній рівень - магістр

Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



 **О. І. Богатов**
«11» жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Альохіну Артему Олександровичу

1. Тема роботи: «Дослідження методів оцінювання невизначеності в інтелектуальній вимірвальній інформаційній системі контролю геометрії кузова автомобіля».
- Керівник роботи Діденко Наталя Вікторівна, к.т.н., доцент, затверджені наказом вищого навчального закладу від «11» жовтня 2023 р. № 130.
2. Строк подання студентом роботи 30 листопада 2023 р.
3. Вхідні дані до роботи 1). Оцінювання невизначеності вимірювання. 2). Застосування інтелектуальних вимірвальних інформаційних систем для вимірювання геометрії кузова автомобіля. 3). Вимірювання геометрії кузова автомобіля із застосуванням інтелектуальних вимірвальних інформаційних систем. 4). Методика оцінювання невизначеності вимірювання інтелектуальною вимірвальною інформаційною системою для вимірювання геометрії кузова автомобіля.
4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1. Вступ. 2. Огляд науково-технічних джерел щодо оцінювання невизначеності вимірювань та застосування інтелектуальних вимірвальних інформаційних системах вимірювання геометрії кузова автомобіля. 3. Встановлення складу вимірвальних каналів системи вимірювання геометрії кузова автомобіля та їх метрологічних характеристик. 4. Розроблення методики оцінювання невизначеності вимірювань геометрії кузова автомобіля. 5. Охорона праці і навколишнього середовища; 6. Висновок; 7. Перелік посилань.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень). Не передбачено.

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


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

7. Дата видачі завдання _____ «19» вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


.№	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд науково-технічних джерел щодо оцінювання невизначеності вимірювань	19.09.2023	
2	Огляд науково-технічних джерел щодо застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем контролю геометрії кузова автомобіля	29.09.2023	
3	Встановлення складу вимірювальних каналів системи для контролю геометрії кузова автомобіля та визначення метрологічних характеристик вимірювальних каналів, їх нормування та методи їх перевірки	10.10.2023	
4	Розроблення методики оцінювання невизначеності вимірювання геометрії кузова автомобіля	20.10.2023	
5	Формування висновків по роботі. Оформлення дипломної роботи	30.10.2023	
6	Підготовка презентації та доповіді	10.11.2023	

Студент гр. ММ-61-22 _____


_____ (підпис)

А. О. Альохін

Керівник роботи _____


_____ (підпис)

Н. В. Діденко

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи 73 с., 9 рис., 2 табл., 1 додаток, 13 джерел.

ВИМІРЮВАННЯ, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ КАНАЛ, ГЕОМЕТРІЯ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ, ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ВИМІРЮВАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, МЕТРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА, НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ

Об'єкт дослідження – вимірювальні канали інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем контролю геометрії кузова автомобіля.

Мета роботи – оцінювання невизначеності вимірювань при контролі геометрії кузова автомобіля під час застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем.

Методи дослідження – теоретичні. Теоретичні дослідження базуються на фундаментальних положеннях метрології щодо забезпечення єдності вимірювань, методів синтезу та аналізу, теорії систем, теорії ймовірності та математичної статистики і теорії невизначеності вимірювань.

В магістерській роботі проведені дослідження методів оцінювання невизначеності вимірювань, вимірювання геометрії кузова автомобіля при умові застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем, визначено склад вимірювальних каналів таких систем, розглянуті метрологічні характеристики вимірювальних каналів для забезпечення достовірності результатів вимірювань геометрії кузова та розроблена методика оцінювання невизначеності вимірювання одержаних результатів вимірювань.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Огляд науково технічних джерел щодо оцінювання невизначеності вимірювань та застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем контролю геометрії кузова автомобіля.....	8
1.1 Огляд науково технічних джерел щодо оцінювання невизначеності вимірювань	8
1.2 Огляд науково технічних джерел щодо застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем контролю геометрії кузова автомобіля.....	21
2 Визначення метрологічних характеристик вимірювальних каналів систем, їх нормування та методи їх перевірки	29
2.1 Вимірювальні канали систем	29
2.2 Нормування метрологічних характеристик та методи їх перевірки....	34
3 Встановлення складу вимірювальних каналів системи для контролю геометрії кузова автомобіля	45
3.1 Вибір вимірювальних перетворювачів.....	45
3.2 Застосування програмно-технічних комплексів.....	50
4 Розроблення методики оцінювання невизначеності вимірювання геометрії кузова автомобіля	55
4.1 Вимоги до розроблення методики оцінювання невизначеності	55
4.2 Методика оцінювання невизначеності вимірювання геометрії кузова автомобіля	56
5 Охорона праці.....	66
Висновки.....	72
Перелік посилань.....	73
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи	75

ВСТУП

Під час виробництва та ремонту автомобілів важливим завданням є контроль геометричних характеристик кузова. Для проведення професійної правки кузова та забезпечення якісного рихтування автомобіля недостатньо доброго володіння інструментом працівників. На сучасному рівні науково-технічного прогресу контроль та відновлення правильної геометрії кузова неможливі без застосування сучасних вимірювальних систем.

Застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем контролю геометрії кузова автомобіля дозволяє забезпечити правильність параметрів кузова, що пов'язано не тільки з його дизайном, а із забезпеченням його правильної форми згідно з технічною документацією на цей автомобіль.

Для дрібних робіт та забезпечення симетрії кузова іноді достатньо використовувати нескладні засоби вимірювання, які представлені різноманітно - від механічних до електронних. При роботі на стапелі можливо застосування лінійної механічної системи вимірювань з базою даних автомобілів, де контрольними точками можна визначити напрям правки та проконтролювати правильність виконання операцій.

Але застосування сучасних електронних комп'ютерних вимірювальних систем для контролю геометрії кузова дозволяє отримати результати з більш високою точністю. Використання інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем підвищує продуктивність робіт з контролю геометрії кузова. Наприклад, у цій сфері діяльності на цей час застосовуються такі системи відомих світових виробників:

- знаменита електронна ультразвукова вимірювальна система Shark від всесвітньо відомої фірми Blackhawk США, першовідкривача у цій галузі;
- комп'ютерна вимірювальна система Naja від не менш знаменитої фірми Celette з Франції.

Ці системи є універсальними, з сучасним комп'ютерним забезпеченням та потужною базою даних, але для їх застосування на практиці важливо враховувати метрологічні характеристики вимірювальних каналів систем. А для забезпечення якості та достовірності результатів вимірювань доцільно керуватися значення невизначеності цих результатів. Для цього необхідно розробити методику оцінки невизначеності вимірювань результатів, які будуть отримані за допомогою вимірювальних каналів таких систем. При цьому значення цільової невизначеності повинно бути пов'язано з необхідним рівнем відповідності геометрії кузова вимогам технічної документації на конкретну модель автомобіля.

1 ОГЛЯД НАУКОВО ТЕХНІЧНИХ ДЖЕРЕЛ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

1.1 Огляд науково технічних джерел щодо оцінювання невизначеності вимірювань

Невизначеність вимірювань останнім часом є важливим показником достовірності виконання вимірювань. Вже у 1980 році в Рекомендаціях СІРМ (Міжнародний комітет з мір і ваг) ІНС-1 [1] щодо подання невизначеності пропонується, що складові невизначеності вимірювання групуються у дві категорії, за типом А та за типом В. Вони можуть бути оцінені статистичними методами чи іншим способом. Ці складові об'єднуються з метою отримання дисперсії відповідно до правил теорії ймовірностей, при цьому складові за типом також розглядаються як дисперсії. Результуюче стандартне відхилення є виразом невизначеності вимірювання. Огляд підходу до невизначеності був детально представлений у Керівництві з вираження невизначеності у вимірюваннях (GUM) [2], яке сконцентровано на математичній інтерпретації невизначеності вимірювання через докладну модель вимірювання у припущенні, що величина, що вимірюється, може характеризуватись конкретним чисельним значенням. Крім того, GUM, як і інші міжнародні документи, дає рекомендації з вираження невизначеності у разі одиничного показу каліброваного приладу щодо вимірювання величини.

Мета вимірювання у Керівництві з вираження невизначеності встановлюється не в тому, щоб визначити справжнє значення вимірюваної величини наскільки це можливо, а в тому, щоб визначити діапазон значень, у якому знаходиться вимірювана величина. Іншими словами, визнається, що

інформація, отримана при вимірюванні, дозволяє лише приписати обґрунтований інтервал значень для вимірюваної величини, ґрунтуючись на припущенні, що при виконанні вимірювання не було зроблено помилок. Додаткова значуща інформація може зменшити розмір інтервалу значень, які можна обґрунтовано приписати вимірюваній величині. Однак, навіть найточніші вимірювання не можуть зменшити цей інтервал до єдиного значення через кінцеву кількість інформації в описі вимірюваної величини. З цієї причини невизначеність самого значення вимірюваної величини (дефінітивна невизначеність) встановлює мінімальну межу для будь-якої невизначеності вимірювання. Інтервал може бути представлений через одне своє значення, що називається "вимірним значенням величини".

У GUM дефінітивна невизначеність розглядається як дуже мала порівняно з іншими складовими невизначеності вимірювань. У цьому випадку метою вимірювання є встановлення, на підставі інформації доступної при вимірюванні, ймовірності того, що це, по суті унікальне значення лежить в межах інтервалу вимірних значень величини.

Чинні міжнародні документи сконцентровані на вимірюваннях з одиничними показами, що дозволяє досліджувати чи змінюються величини в часі і на цій основі зробити висновок про сумісність результатів вимірювань. Також міжнародні підходи розглядають деякі випадки, коли не можна нехтувати дефінітивними невизначеностями.

Достовірність результатів вимірювання значною мірою залежить від метрологічних властивостей приладу, які визначаються через його калібрування або повірку. Інтервал значень, приписаний величині, що вимірюється, є інтервалом значень еталонів, які застосовувались для передавання одиниці вимірювань.

У Законі України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [3], який надає основні терміни та регулює відносини, які виникають під час провадження метрологічної діяльності, вимірювання встановлено як процес

експериментального встановлення одного або декількох значень деякої величини, які можуть бути обґрунтовано приписані цій величині. Отримані результати вимірювань можуть бути прийняті у сфері законодавчо регульованої метрології тільки за умови, що для таких результатів встановлені відповідні характеристики похибок або невизначеності вимірювань.

Відповідно до термінів, наведених у ISO/IEC 17000 [4], випробування – це визначення однієї чи більше характеристик об'єкту за певною процедурою чи методикою. Тому метою вимірювання є отримання інформації щодо деякої величини, яка встановлена як вимірювана величина.

Відповідно до Міжнародного словника з метрології (Guide 99, VIM) [5], точність вимірювання встановлена як близькість між вимірним значенням величини та справжнім значенням вимірюваної величини. Само поняття "точність вимірювання" не є величиною і тому не дається у вигляді чисельного значення величини. Кажуть, що вимірювання є точнішим, коли він має меншу похибку вимірювання. При цьому необхідно враховувати, що абсолютно точних вимірювань немає.

Похибка вимірювання у словнику визначена як вимірне значення величини мінус відоме опорне значення величини. Для вимірювань встановлені два види похибки вимірювань: систематична та випадкова.

Суть систематичної похибки полягає в тому, що отримане значення вимірюваної величини містить зсув від істинного значення вимірюваної величини.

Випадкова похибка проявляється в тому, що при повторенні вимірювання отримане значення вимірюваної величини в більшості випадків відрізнятиметься від попереднього. Випадковість полягає в тому, що наступні значення вимірюваної величини не можна точно передбачити за попереднім (якщо така можливість існувала, то в результат вимірювань можна було б внести відповідну поправку). У кожному конкретному випадку вимірювань кожен із видів похибки може бути обумовлений дією кількох чинників.

Разом з визначенням похибки йде і визначення терміну «невизначеність вимірювання» як значення невід'ємного параметру, що характеризує розсіювання значень величини, які приписуються певній вимірюваній величині на підставі наявної інформації.

З такого визначення терміну «невизначеність» випливає, що вона є кількісною мірою відповідного результату вимірювань, і виражає ступінь довіри, з якою може допускатися, що значення вимірної величини в умовах вимірювання лежить всередині певного інтервалу значень.

Передбачається, що невизначеність уможливорює порівняти результати різних вимірювань однакових величин між собою або з еталонними значеннями. При цьому невизначеність відноситься до знань про вимірювану величину, що є у нас після проведення вимірювань, а не до результату вимірювань, який є повністю відомим.

У словнику VIM [5] також встановлені визначення різних методів оцінювання невизначеності вимірювання – оцінювання за типом А та оцінювання за типом В.

Оцінювання за типом А невизначеності вимірювання – це оцінювання складової невизначеності вимірювання за допомогою статистичного аналізу вимірюваних значень величини, що спостерігаються за певних умов вимірювання. Різними типами умов вимірювання є умови повторюваності вимірювання, умови проміжної прецизійності вимірювання та умови відтворюваності вимірювання.

Тип А оцінки невизначеності використовується, якщо отримано результати незалежних вимірювань за однакових умов вимірювань (в умовах повторюваності) величини X_i (i змінюється від 1 до n), де n – кількість вимірювань i -ї величини.

Стандартну невизначеність u_{Ai} одиничного вимірювання i -ї вхідної величини розраховують за формулою:

$$u_{Ai} = \sqrt{\left(\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2\right)}, \quad (1.1)$$

де $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n x_j$ - середнє арифметичне значення одержаних результатів повторних вимірювань і-ї величини.

Якщо результат вимірювань визначається як середнє арифметичне результатів вимірювань і-ї вхідної величини, стандартну невизначеність розраховують за такою формулою:

$$u_{Ai} = \sqrt{\left(\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (x_j - \bar{x})^2\right)}. \quad (1.2)$$

При оцінюванні невизначеності за типом А часто припускають, що розподіл, який найкраще відповідає вхідній величині Х в умовах наявних повторних незалежних показань, це розподіл Гауса. У такому разі величина Х характеризується математичним очікуванням, найкращою оцінкою якого є середнє арифметичне значення, і стандартним відхиленням, рівним стандартному відхиленню середнього арифметичного. Якщо невизначеність оцінюють за малою кількістю показів (які є миттєвими реалізаціями величини, розподіленої за нормальним законом), то відповідним розподілом буде t-розподіл (рисунок 1.1). При цьому спостереження під час вимірювання мають бути незалежними.

Оцінювання невизначеності вимірювання за типом В визначається як оцінювання складової невизначеності вимірювання, визначеної іншим способом, ніж оцінювання невизначеності вимірювання за типом А.

Оцінювання за типом В ґрунтується на інформації:

- пов'язаної із значеннями величини, взятими з офіційних публікацій;
- пов'язаної із значенням величини сертифікованого зразкового матеріалу;

- отриманого із сертифікатів калібрування;
- про дрейф;
- отриманої з класу точності повіреного вимірювального приладу;
- одержаної з меж, встановлених з особистого досвіду.

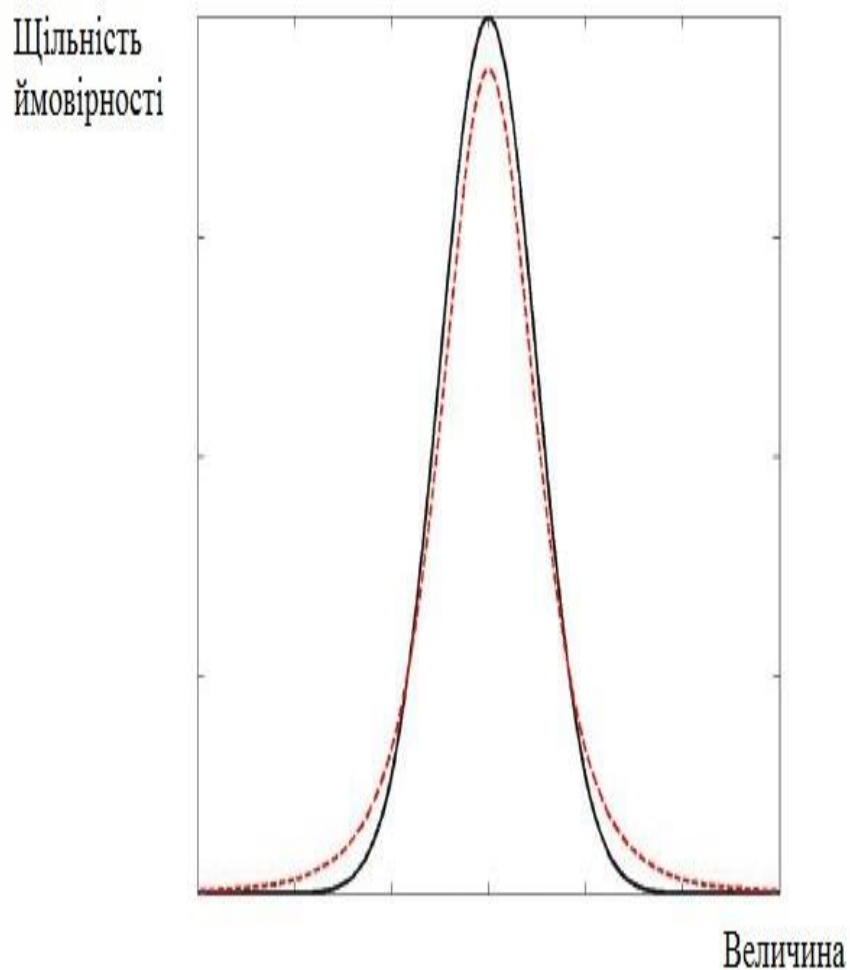


Рисунок 1.1 – Розподіл Гауса (суцільна лінія) та t-розподіл з чотирма ступенями свободи (пунктирна лінія)

Під час оцінки невизначеності за типом В необхідно розрізняти такі випадки:

- якщо для величини X_i відоме лише одне значення, то значення стандартної невизначеності u_{Bi} приймається рівним відомому;

- якщо для величини X_i відомий лише розподіл ймовірності, значення x_i та u_{Bi} приймаються рівними відповідним параметрам цього розподілу;

- якщо для величини X_i відомі лише межі інтервалу, в якому знаходиться значення X_i , необхідно прийняти прямокутний розподіл ймовірності.

Якщо під час проведення оцінювання невизначеності встановлена наявність кореляції величин, то для корельованих величин x_i , x_j розраховується додаткова складова невизначеності - коваріація цих двох величин:

$$u(x_i, x_j) = u(x_i) \cdot u(x_j) \cdot r(x_i, x_j), (i \neq j), \quad (1.3)$$

де $r(x_i, x_j)$ – коефіцієнт кореляції.

Коефіцієнт кореляції розраховують, використовуючи кілька результатів вимірювань (x_i, x_j) ($i \neq j$):

$$r(i, j) = \frac{\sum (x_i - \bar{x}_i)(x_j - \bar{x}_j)}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x}_i)^2 \sum (x_j - \bar{x}_j)^2}}. \quad (1.4)$$

Стандартна невизначеність вимірювання (визначення 2.30 VIM) встановлена як невизначеність вимірювання, виражена як стандартне відхилення.

Сумарна стандартна невизначеність визначається як стандартна невизначеність результату вимірювань, отриманого через значення інших величин, що дорівнює позитивному кореню квадратному із суми членів, які є дисперсіями або коваріаціями цих інших величин, зважених відповідно до того, як змінюється результат вимірювання залежно від зміни цих величин.

Якщо вхідні величини x_i (i змінюється від 1 до n) не корельовані, сумарну стандартну невизначеність розраховують за такою формулою 1.5:

$$u(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i). \quad (1.5)$$

Якщо вхідні величини x_i корельовані, сумарну стандартну невизначеність розраховують за формулою 1.6:

$$u(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i) u(x_j) r(x_i, x_j), \quad (1.6)$$

де $u(x_i)$ – стандартна невизначеність i -ї вхідної величини оцінена за типом А або за типом В.

Відносна стандартна невизначеність вимірювання (визначення 2.32 VIM) визначається як стандартна невизначеність вимірювання, поділена на результат вимірювання величини.

Розширена невизначеність вимірювання (визначення 2.35 VIM) встановлюється як добуток сумарної стандартної невизначеності вимірювання та коефіцієнта охоплення, який є більший, ніж число один.

Значення розширеної невизначеності вимірювань одержують, помножуючи значення стандартної невизначеності вихідної величини на коефіцієнт охоплення k :

$$U = k \cdot u(y). \quad (1.7)$$

Коефіцієнт охоплення k вибирають, використовуючи формулу 1.8:

$$k = t_p(v_{ef}), \quad (1.8)$$

де $t_p(v_{ef})$ – квантіль розподілу Стюдента з ефективним числом ступенів свободи v_{ef} та довірчою ймовірністю P .

Число ефективних ступенів свободи v_{ef} стандартної невизначеності $u(y)$, визначають за формулою:

$$v_{ef} = \frac{u^4(y)}{\sum_{i=1}^N \frac{u^4(x_i)}{v_i} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2}, \quad (1.9)$$

де v_i – кількість ступенів свободи під час оцінки i -ї величини.

Якщо оцінка невизначеності i -ї величини проводилася за типом А, число ступенів свободи v_i розраховують як $(n - 1)$, де n – кількість вимірювань i -ї величини.

Якщо оцінка невизначеності i -ї вхідної величини проводилася за типом В, число ступенів свободи v_i приймається як ∞ .

Ймовірність охоплення, з якою певний інтервал охоплення містить сукупність істинних значень вимірюваної величини, приймають як $P = 0,95$.

Коефіцієнт охоплення k приймається як число більше, ніж один, на яке множиться комбінована стандартна невизначеність вимірювання для отримання розширеної невизначеності вимірювання.

Бюджетом невизначеності називають звіт про невизначеність вимірювання та складові такої невизначеності вимірювання, а також про їх обчислення.

Бюджет невизначеності може включати модель вимірювання, оцінки та невизначеності вимірювання, пов'язані з величинами, що входять до моделі вимірювання, коваріації, види функцій щільності ймовірностей, ступеня свободи, тип оцінювання невизначеності вимірювання і коефіцієнт охоплення.

Бюджет невизначеності застосовують для узагальнення та наочного подання всієї отриманої та проаналізованої під час проведення вимірювань інформації в

кількісній формі про вхідні величини, з метою полегшення безпосереднього розрахунку значень стандартної невизначеності вихідної величини.

Також щодо оцінювання невизначеності вимірювань в Україні з 01.01.2020 є чинними ДСТУ ISO/IEC Guide 98-1:2018 Невизначеність вимірювань. Частина 1. Вступ до подання невизначеності у вимірюванні (ISO/IEC Guide 98-1:2009, IDT) [6] та ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995) (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT) [7].

Спільною для усіх чинних документів щодо оцінювання невизначеності вимірювань та оцінювання похибки вимірювань є послідовність дій при оцінці характеристик похибок та оцінці невизначеності вимірювань:

- аналіз рівняння вимірювань;
- визначення джерел похибок (невизначеності) вимірювань;
- внесення поправок на систематичні похибки (ефекти), які можна виключити.

На практиці під час оцінки похибки чи невизначеності вимірювань необхідні такі вихідні дані:

- модель об'єкту вимірювання;
- чисельні дані вимірювань;
- інформація про закони розподілу ймовірностей;
- дані щодо джерел похибок (невизначеності), характеристик складових похибок або інформація про відомі значення невизначеності.

На наступних етапах методи оцінки характеристик похибок та методи оцінки невизначеності відрізняються.

Взагалі немає однозначної відповідності між випадковими похибками та невизначеностями, які обчислюються за типом А, а також між невиключеними систематичними похибками та невизначеностями, які обчислюються за типом В. Поділ на систематичні та випадкові похибки обумовлений природою їх

появи та проявом під час проведення вимірювань, а поділ на невизначеність за типом А і на невизначеність за типом В обумовлено методами їх розрахунку.

У той самий час, використовуючи значення показників похибки, можна оцінити деякі значення невизначеності і навпаки, використовуючи відомі значення невизначеності, можна оцінити деякі значення характеристик похибки.

Під час проведення вимірювання вимірювана величина є вихідною величиною Y , яка залежить від N вхідних величин X_i ($i = 1, 2, \dots, N$). До вхідних величин відносяться вимірювані величини, що впливають величини, поправки, які вносять під час проведення вимірювань, та інші величини, які можуть внести значну складову в невизначеність результату вимірювання $Y = f(X_i)$.

Функція f характеризує процедуру вимірювання та методу отримання значення вимірюваної величини і може бути аналітичним виразом або групою таких виразів, експериментально отриманою функцією або комп'ютерним алгоритмом.

Оцінку вимірюваної величини розраховують як функцію оцінок вхідних величин x_i після внесення поправок на всі відомі джерела невизначеності, які мають систематичний характер, якщо це можливо. Якщо ні, то ці поправки мають бути введені як окремі вхідні величини.

Всі вищенаведені документи встановлюють однакову процедуру оцінки та наведення отриманого значення невизначеності, яку можна загалом описати таким чином:

- виразити математичну залежність вимірюваної величини від вхідних величин (скласти рівняння вимірювань);
- визначити та внести всі значні поправки;
- визначити всі джерела невизначеності за складовими рівняння вимірювання;
- визначити стандартну невизначеність кожної вхідної величини за типом А або В;
- визначити складову невизначеності вихідної величини для кожної вхідної величини;

- якщо вхідні величини корельовані, це також має бути враховано;
- визначити сумарну стандартну невизначеність вимірюваної величини;
- визначити розширену невизначеність вимірюваної величини;
- результат вимірювання складається з оцінки вимірюваної величини та розширеної невизначеності. Разом з результатом вимірювання, вказаного таким чином, необхідно навести значення обраного коефіцієнта охоплення та описати процедуру отримання оцінки вимірюваної величини та її стандартної невизначеності.

Вхідні величини X_i можуть бути поділені на дві категорії:

- величини, оцінка та невизначеність яких визначаються після проведення експерименту;
- величини, оцінку та невизначеність яких одержують при проведенні вимірювань з інших джерел, наприклад, значення даних наведені у відповідних документах або довідниках.

Залежно від категорії вхідної величини, невизначеність якої необхідно оцінити, використовують тип А або тип оцінки В стандартної невизначеності.

ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [8] також встановлює деякі особливі вимоги до оцінювання невизначеності під час проведення вимірювань або калібрувань засобів вимірювальної техніки.

Під час проведення оцінювання невизначеності вимірювання лабораторія повинна ідентифікувати всі важливі складові невизначеності вимірювання, включаючи ті, що виникають у процесі відбирання зразків. Ці складові невизначеності вимірювання виявляються з використанням відповідних методів аналізу.

Лабораторія, що здійснює калібрування відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025, в тому числі власного обладнання, повинна проводити оцінювати невизначеність вимірювання для всіх калібрувань.

Лабораторія, що проводить випробування відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025, повинна також оцінювати невизначеність вимірювання.

Якщо метод випробування не дозволяє строгого оцінювання складових та самої оцінки невизначеності вимірювання, оцінювання повинно проводитися на основі розуміння практичного досвіду виконання методу та теоретичних принципів.

Для конкретних методів проведення вимірювань, коли невизначеність результатів була встановлена та верифікована, відповідно до вимог ДСТУ EN ISO/IEC 17025 немає необхідності оцінювати невизначеність вимірювань для кожного окремого результату, якщо лабораторія може продемонструвати, що ідентифіковані суттєві фактори перебувають під контролем.

Таким чином, на підставі аналізу розглянутих документів можна зробити висновок, що процедура оцінювання невизначеності є достатньо докладно описаною, але цю процедуру необхідно потім конкретизувати для кожного конкретного випадку. Тому і вимірювальні канали вимірювальних інформаційних систем вимірювання геометрії кузова автомобіля потребують врахування їх особливостей під час оцінювання невизначеності вимірювань одержаних результатів.

Для застосування на практиці важливо мати встановлене значення цільової невизначеності (максимально допустиме значення невизначеності) результату вимірювань. Це значення буде застосовуватися для оцінки відповідності виміряного значення за технічною документацією, яка встановлює конкретні значення вимірюваних параметрів, що контролюються.

1.2 Огляд науково технічних джерел щодо застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем контролю геометрії кузова автомобіля

Геометрія кузова автомобіля впливає не тільки на зовнішній вигляд машини та зручність його керування, а й на безпеку його експлуатації. Тому контроль геометрії кузова автомобіля проводиться не тільки після випуску його з виробництва, а і під час його ремонту. Для контролю геометрії кузова

застосовуються контрольні точки, встановлені у його технічній документації для конкретної моделі автомобіля.

Більшість контрольних точок автомобіля є технологічними отворами в елементах його кузова. В принципі, контрольними точками можуть бути всі стаціонарні елементи на структурних кузовних деталях. Наприклад, можна проводити вимірювання відстаней між симетричними кутами кузова.

Необхідно, щоб контрольні точки перебували у горизонтальній чи у вертикальній площинах. Місце їх знаходження у різних моделей машин може відрізнитися (зазвичай це вказується у технічній документації на автомобіль, де також наведено відстань між конкретними контрольними точками).

Під час перевірки геометрії кузова розміри вимірюються між центрами чи краями контрольних отворів. Як правило, це відстань між центрами стаціонарних отворів, що знаходяться на протилежних ділянках кузова машини. У разі, коли такі отвори мають досить великий діаметр, потрібно вимірювати відстань між краями.

Для контролю геометрії кузова за допомогою вимірювань слід знайти дані заводських параметрів віддаленості контрольних точок. При виконанні вимірювань дуже важливо враховувати, які розміри вказуються в інструкції: між центрами або між краями отворів. Якщо можливість отримання заводських даних щодо геометрії кузова конкретної моделі машини відсутня, то як еталонні розміри використовуються параметри аналогічного непошкодженого автомобіля. Крім того, можна провести порівняння відстаней між контрольними точками, розташованими на непошкодженому боці кузова (рисунок 1.2).

Геометрія кузова визначає точне розташування кузовних деталей, що забезпечує злагоджену роботу вузлів та агрегатів, закріплених на кузові. Розташування таких деталей може визначатися за розмірами діагоналей отворів дверей, підкапотної частини та багажника. Найбільш важливі контрольні розміри геометрії кузова показують віддаленість елементів, що виконують функцію по

відношенню до вузлів підвіски (відстань між лонжеронами та іншими кузовними деталями, до яких кріпиться підвіска).

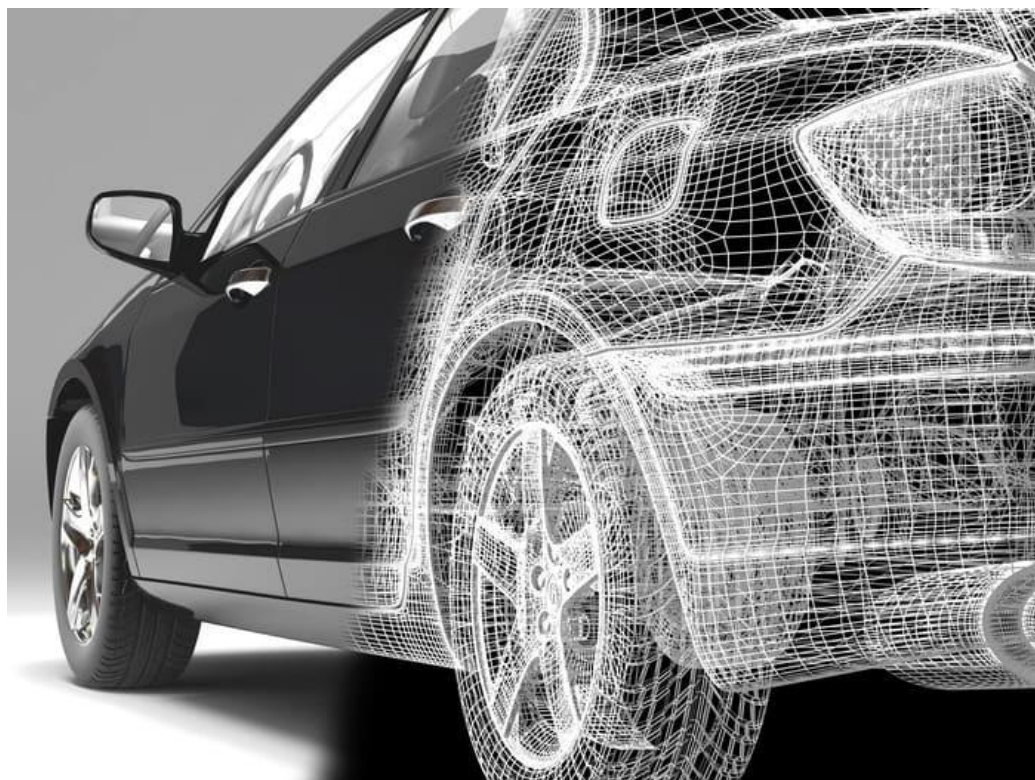


Рисунок 1.2 – Приклад множини контрольних точок кузова

Таким чином, можна зробити висновок, що геометрія кузова впливає на колісну базу машини, розмір коліс та інші характеристики, що є важливою складовою комфортної та безпечної їзди. У зв'язку з цим необхідно уважно ставитись до цього параметра.

Фактори, які призводять до порушення геометрії кузова, можуть надавати різний за силою вплив, що впливає на ступінь зміни відстаней між контрольними точками.

Наприклад, всі нерівності дорожнього покриття і навантаження, що виникає при випадковому наїзді на перешкоди, в основному бере на себе ходова частина машини, але при цьому і кузов може отримувати непомітні, на перший погляд, деформації, які накопичуються з часом.

У деяких випадках вимірювання відстаней між контрольними точками здійснюється для перевірки якості рихтування та ремонту кузова. Не завжди власник автомобіля, відремонтованого після ДТП, приділяє належну увагу перевірці якості виконаних робіт. На перший погляд, все може виглядати досить добре, але не завжди можна відновити кузов після аварії методом простої рихтування та витягування вм'ятин. У деяких випадках необхідно проводити заміну окремих кузовних елементів, здійснювати холодне або гаряче витягування деталей. Неякісне відновлення геометрії кузова може у майбутньому призвести до серйозних неприємностей.

Першою ознакою порушення геометрії кузова авто є погане закривання капота, багажника чи дверей. Якщо причиною неправильного закривання дверей не є петлі, що просіли, значить, має місце деформація стійок або інших кузовних елементів.

Друга ознака значної деформації кузова буде набагато небезпечнішою. Він пов'язаний із нестабільною поведінкою машини на високих швидкостях. Якщо причина такої поведінки авто не полягає в несправній підвісці, значить, є серйозна проблема з несучими елементами.

Для вимірювання геометрії кузова автомобіля можна застосовувати будь-які засоби вимірювань геометричних величин, однак вони дають значну похибку вимірювань. Тому з розвитком науки та техніки стало доцільним використовувати вимірювальні інформаційні системи під час проведення контролю геометрії кузова автомобіля (рисунок 1.3). Такі системи дозволяють забезпечити основні вимоги до проведення вимірювань геометрії кузова автомобіля з отриманням достовірних результатів.

Для правильного проведення вимірювань відстаней між контрольними точками потрібно встановити машину на рівній поверхні та перевірити тиск у колесах. Тому система вимірювання геометрії кузова автомобіля повинна мати вимірювальні канали контролю рівня, що дозволяє здійснювати вимірювання паралельно площині авто, та вимірювальні канали перевіряння тиску у колесах.



Рисунок 1.3 – Вимірювання геометрії кузова автомобіля з використанням системи

Інтелектуальні вимірювально-інформаційні системи потребують більш ретельної підготовчої роботи з їх налагодження, але дозволяють отримувати більш інформативні результати.

Під час розроблення інтелектуальної вимірювально-інформаційної системи вимірювань геометрії кузова автомобіля слід зазначити діапазони вимірювань величин та похибки вимірювання. Так, деякі посібники з ремонту або методики вимірювання геометрії кузова містять відомості щодо відстаней, виражених у значеннях шкали, а в іншій документації можуть наводитися фактичні відстані між контрольними точками.

Під час проведення контролю відстаней вимірювальний канал повинен забезпечувати проведення вимірювання паралельно кузову. В іншому випадку покази будуть некоректними, а результати вимірювань відрізнятимуться від тих, які можна отримати як фактичні показники відстані між контрольними точками.

На початку проведення вимірювань за методикою вимірювань слід визначити фіксовані точки кузова (технологічні отвори, кріпильні роз'єми, болти тощо). При цьому програмне забезпечення системи повинне забезпечувати

введення значень між контрольними фіксованими точками з можливістю їх перевіряння з використанням 2-х допоміжних контрольних точок.

Спочатку проводять вимірювання відстаней між найбільш віддаленими контрольними точками. При таких вимірюваннях інформація щодо порушень конструкційних елементів кузова буде більш достовірною.

Для діагональних вимірювань важливо застосовувати додаткові вимірюваннями по довжині кузова.

Перевірка відстаней між контрольними точками допустима з похибкою, що не перевищує 3 мм. Застосування інтелектуальної вимірювально-інформаційної системи вимірювань геометрії кузова автомобіля (рисунок 1.4) надає можливість випускати з виробництва або ремонту кузови автомобілів із значно меншою похибкою.



Рисунок 1.4 – Приклад застосування вимірювально-інформаційної системи

За допомогою таких систем на підставі інформації щодо контрольних точок можна перевірити:

- відповідність розмірів і діагоналей підкапотної частини, багажника, дверних прорізів, а також відстань між лонжеронами, підсилювачами, деталями кузова;

- провести тривимірні вимірювання для визначення просторового розташування контрольних точок по відношенню до базових площин кузова.

При застосуванні такої системи для проведення вимірювання геометрії кузова машину за допомогою ланцюгів фіксують на платформі і певні точки кузова навішують вимірювальні датчики (рисунок 1.4). Якщо контрольні точки заховані під обшивкою панелей кузова, під бамперами, під захисними елементами, то проводять часткове розбирання кузова, щоб забезпечити доступ до прихованих місць.

Застосування інтелектуальної вимірювально-інформаційної системи дозволяє розширити можливості контролювання елементів кузова, наприклад, таких як:

- проріз багажного відсіку;
- підкапотний простір;
- передні та задні лонжерони;
- отвори вікон;
- дверні отвори;
- зрізи передньої, середньої, задньої частини машини.

Важливо, що застосування системи забезпечує можливість виконати всі необхідні вимірювання без розбирання на підставі застосування показів вимірювальних каналів. За допомогою програмного забезпечення результати необхідних вимірювань накладаються на віртуальний шаблон конкретної моделі автомобіля.

За визначенням точного розташування контрольних точок за допомогою технічної документації для автомобіля перевіряється:

- щільність зачинення дверей автомобіля, багажної кришки та капоту;
- відстань між осями;

- поперечна відстань між колісними осями.

Контроль геометрії проводять починаючи від центральної частини кузова та проводять вимірювання:

- відстані по діагоналі між контрольними точками відсіку мотора;
- відстані між контрольними точками, болтами, що направляють рами та контрольними точками на силовому блоці.
- параметрів даху по діагоналі.

Після кожного вимірювання проводяться додаткові повторні вимірювання, щоб упевнитися в коректності даних. Для цього у системі може встановлюватися кількість повторних вимірювань за кожним параметром.

Основні вимірювання, які проводяться, це ширина, яка вимірюється від центральної площини, довжина – від нульової площини, та висота – від основної площини (паралельно днищу).

Принцип роботи такої вимірювальної системи – дані надходять від частин кузова, які дають уявлення про відстань між його площинами.

Таким чином, тривимірна система вимірює та використовує отримані уявні площини для створення повної картини про стан автомобіля. При цьому можуть застосовуватися прапорці, які встановлюються у контрольних отворах та від яких відбивається промінь датчика.

На підставі вищенаведеного, можна зробити висновок, що найбільш інформативним є тривимірне електронне діагностування геометрії кузова. Така діагностика геометрії кузова в тривимірному вигляді включає дані про довжину, ширину і висоту частин кузова тощо, а результати вимірювання отримуються за допомогою спеціальних тривимірних систем, які найчастіше реалізуються як інтелектуальні вимірювально-інформаційні системи.

Застосування інтелектуальні вимірювально-інформаційні системи дозволяє отримати великий масив даних, що надають інформацію про контрольовані розміри автомобіля та їх відхилення від заданих розмірів. А також відобразити зміни цих відхилень при проведення технологічних операцій.

2 ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ СИСТЕМ, ЇХ НОРМУВАННЯ ТА МЕТОДИ ЇХ ПЕРЕВІРКИ

2.1 Вимірювальні канали систем

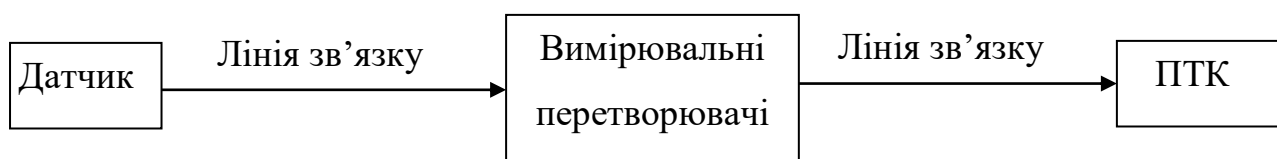
Інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи складаються з певної кількості вимірювальних каналів, кожен з яких відповідає за вимірювання конкретного параметра об'єкта вимірювань.

Відповідно до ДСТУ 2681 [9] вимірювальна система визначається як сукупність вимірювальних каналів, вимірювальних пристроїв та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної інформації про декілька вимірювальних величин.

При цьому вимірювальний канал визначається як сукупність засобів вимірювальної техніки, засобів зв'язку та інших технічних засобів, призначена для створення сигналу вимірювальної інформації про одну вимірювану величину.

Інтелектуальна вимірювальна інформаційна система є сукупністю засобів вимірювальної техніки, засобів контролю, діагностування та інших технічних засобів, об'єднаних для створення сигналів вимірювальної та інших видів інформації, перетворення та аналізування інформації.

Узагальнена структурна схема вимірювального каналу наведена на рисунку 2.1.



ПТК – програмно-технічний комплекс

Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема вимірювального каналу

Датчик, як первинний вимірювальний перетворювач, взаємодіє з вимірюваною величиною і формує вихідний сигнал, пропорційний вимірюваній величині.

По лінії зв'язку вихідний сигнал датчика передається до вимірювального перетворювача і є його вхідним сигналом, який потім перетворюється у цифровий код.

Після вимірювального перетворювача сигнал потрапляє до програмно-технічного комплексу і передається для візуального подання у вигляді цифрового значення вимірюваного параметра відповідно до обраної одиниці вимірювання або у графічному вигляді. Для забезпечення наявності у оператора необхідної інформації програмно-технічний комплекс забезпечують збір, обробку та передачу інформації про контрольований об'єкт на основі обробки вихідних сигналів датчиків та видачі команд управління щодо прийняття рішень. У програмно-технічний комплекс можуть входити програмно-технічні засоби, такі як контролери, субмодулі аналогових та дискретних вхідних сигналів, модулі управління, модуль центрального контролера, блоки живлення, комутаційні панелі, модеми, канали зв'язку, пристрої передачі даних, сервери (робочий та резервний) системи диспетчерського управління та збору даних, комутаційне обладнання, автоматизоване робоче місце диспетчера тощо.

Датчик та інші вимірювані перетворювачі є засобами вимірювальної техніки.

Вимірювальний перетворювач - засіб вимірювання, призначений для формування сигналу вимірюваної інформації у формі, зручній для передачі, подальшого перетворення, обробки та збереження, хоч безпосередньо він не сприймається спостерігачем.

Датчики - первинні вимірювальні перетворювачі - досить різноманітні як за принципом дії, так і за характером вихідного сигналу. Вони класифікуються за видом вимірювальної величини (перетворювачі температури, тиску, рівня, густини), за принципом дії і використання енергії живлення (пневматичні,

електричні, гідравлічні), за видом і характером вихідного сигналу (неперервні, дискретні).

Важливою характеристикою датчика (первинного вимірювального перетворювача) є функціональна залежність між вимірюваною величиною та вихідним сигналом перетворювача (краще лінійна залежність).

Відповідно до Закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» [3] до засобів вимірювальної техніки відносяться засоби вимірювань, вимірювальні системи, матеріальні міри, стандартні зразки та будь-які частини засобів вимірювань або вимірювальних систем, якщо ці частини можуть бути об'єктом спеціальних вимог та окремого оцінювання відповідності.

Відповідно до словника VIM [5] вимірювальна система (англ. measuring system) визначається як набір з одного або більше вимірювальних приладів та часто та інших пристроїв, що включає, при необхідності, реактиви або джерела живлення, зібраний та пристосований до отримання інформації про виміряні значення величини в межах встановлених інтервалів для величин певних родів.

Датчик (англ. sensor) є елементом вимірювальної системи, на який безпосередньо впливає явище, тіло чи речовина, що є носієм величини, яка вимірюється. Вимірювальний ланцюг (англ. measuring chain) є послідовністю елементів вимірювальної системи, яка становить єдиний шлях сигналу від датчика до вихідного елемента.

Таким чином, вимірювальна інформаційна система поєднує безліч технічних засобів, кожний з яких виконує відносно прості функції. При цьому вона являє собою об'єднання засобів, що беруть спільну участь у виконанні деякої складної функції або ряду функцій.

Вимірювальна інформаційна система зазвичай виконує такі функції:

- збирає інформацію на об'єкті;
- обробляє її;
- передає на відстань.

Далі інформація про значення вимірюваних величин або про результати їхньої обробки використовується для оперативного керування об'єктами або накопичується з метою наступного формування тих або інших характеристик об'єктів, зведених статистичних відомостей тощо.

В залежності від завдань, які виконує вимірювальна інформаційна система, існує кілька їх різновидів:

Вимірювальні системи, функція яких складається в одержанні кількісної інформації про значення величин шляхом прямих, сукупних, непрямих вимірювань.

Системи автоматичного контролю, функція яких складається у встановленні відповідності між станом об'єкта й заданою нормою з наданням судження про даний або (чи) про майбутній стан об'єкта.

За допомогою таких систем вимірюються величини, що характеризують стан об'єкта, і результати вимірювань порівнюються із нормованими значеннями.

Системи технічної діагностики, функцією яких є контроль стану різних технічних пристроїв, у тому числі пристроїв автоматики, обчислювальної техніки, у виявленні їхніх відмов і визначенні несправних елементів. Для таких систем характерне застосування спеціальних методів пошуку несправностей.

Системи впізнання образів, функцією яких є визначення відповідності між досліджуваним об'єктом і заданим образом. При цьому образом можуть бути "людина", "буква А", "цифра 8", "нормальний стан об'єкта контролю" тощо.

Вимірювальна інформаційна система може існувати й використатися самостійно, але може й входити як складова частина в більше складну інформаційну систему, що виконує збір і обробку не тільки вимірювальної, але й іншої інформації, або в керуючу систему, що виконує не тільки збір і обробку інформації, але й активний вплив на об'єкти.

Інтелектуальні вимірювальні інформаційні системи зараз дуже поширені для вирішення різних завдань на підставі отриманої інформації про стан об'єкту вимірювань. Їх особливостями є можливості використання отриманої інформації

для аналізу стану об'єктів, порівняння результатів з нормованими значеннями, надання рекомендації щодо корегування об'єкту тощо.

Характерні риси інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем:

- наявна централізована структура. Інформаційні потоки спрямовані в один центральний пункт, рідше – у кілька центрів, взаємно координованих. В ієрархічних системах керування інформація направляється спочатку в підлеглі пункти керування, а з них частина інформації або результати її обробки надходять у центральний пункт керування;

- призначення такої системи полягає в тому, щоб поставляти інформацію для активного використання у різних галузях діяльності;

- вони можуть збирати інформацію про значну кількість величин, порівнювати їх з нормованими значеннями параметрів та видавати рекомендації щодо регулювання параметрів об'єкту для досягнення нормованого значення та тлумачення одержаних значень.

Залежно від способу утворення інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи та організації її роботи розрізняють:

- вимірювальні системи послідовної дії (сканувальні вимірювальні системи), у яких за допомогою, як правило, одного вимірювального каналу здійснюється послідовне в часі вимірювання однорідних величин, рознесених у просторі (шляхом перебору первинним вимірювальним перетворювачем точок, у яких виконуються вимірювання);

- вимірювальні системи паралельної структури, у яких вимірювання однорідних або різнорідних величин здійснюється безперервно в часі за допомогою індивідуального для кожної величини вимірювального каналу, причому вихідний сигнал кожного каналу може надходити на загальний реєструючий чи обчислювальний пристрій;

вимірювальні системи послідовно-паралельної структури, у якій індивідуальними є тільки первинні вимірювальні перетворювачі і початкові ділянки ліній зв'язку, а проміжні перетворення здійснюються загальною

частиною, яка підключається періодично або відповідно до складеної програми до паралельних ділянок вимірювальних каналів за допомогою вимірювального комутатора.

Вбудоване у програмно-технічний комплекс програмне забезпечення сприяє виконанню системою запланованих дій під час проведення вимірювань та подання результатів оператору.

2.2 Нормування метрологічних характеристик та методи їх перевірки

Вважаючи, що вимірювальні канали є засобами вимірювальної техніки, то їх основними метрологічними характеристиками є діапазон вимірювання або функція перетворення вхідної величини та похибка вимірювання. Діапазон вимірювання або функція перетворення вхідної величини залежить від вимірювальних перетворювачів та програмно-технічних засобів, що застосовуються у складі системи. Значення діапазону вимірювань повинно відповідати сфері застосування системи та враховувати можливі діапазони зміни вимірювальних параметрів залежно від її призначення. Діапазон вимірювання перевіряється під час проведення перевірки на етапі приймальних випробувань системи та при повірці (калібруванні) вимірювальних каналів у процесі експлуатації. Діапазон вимірювань нормується у технічній документації на систему.

Оцінка похибки вимірювання та перетворення вхідного вимірюваного параметра проводиться на підставі експериментальних досліджень та обробки отриманих результатів статистичними методами. Для оцінки похибки вимірювального каналу необхідна побудова її моделі. Статистично-імовірнісний метод передбачає обробку статистичних даних. Для отримання цих даних при встановленні похибки вимірювального каналу можуть бути використані два методи: комплектний та по-елементний.

На практиці проведення експериментальних досліджень вимірювальних каналів систем здійснюється по-елементним методом, тому що визначення похибки вимірювальних перетворювачів та програмно-технічного комплексу мають особливості щодо методики оцінки випадкової та систематичної похибок вимірювального каналу.

Застосування по-елементного методу дослідження похибки вимірювального каналу доцільно, якщо є відомості про реальні метрологічні характеристики вимірювальних перетворювачів та програмно-технічного комплексу.

Комплектний метод дослідження похибки вимірювальних перетворювачів та програмно-технічного комплексу доцільно реалізувати з використанням методу «чорна скринька». При цьому вимірювальні перетворювачі та програмно-технічний комплекс розглядаються як «чорна скринька», що має один вхід та один вихід, якому відповідає індикація на виході програмно-технічного комплексу. При використанні такого методу для імітації вимірюваної величини на вхід датчика або вихідного сигналу датчика (вихідного вимірювального сигналу для програмно-технічного комплексу) використовується один еталон, що є позитивним моментом з точки зору впливу похибки застосованого еталону на встановлювану похибку вимірювального каналу.

Якість функціонування системи з погляду забезпечення єдності вимірювань залежить від врахування як основної, так і додаткової похибки вимірювального каналу. При дотриманні робочих умов експлуатації похибка вимірювання (сума основної та додаткової похибок) не повинна перевищувати значення максимальної похибки вимірювального каналу, що допускається та зазначена в технічному завданні на розробку системи.

У технічному завданні максимальна допустима похибка виражається як двостороннє значення відхилення від умовно істинного значення вимірюваної величини і нормується як границі похибки, що допускається у вигляді абсолютної, відносної або зведеної похибки.

Замовник та виробник системи повинні визначити кліматичні, механічні та електромагнітні умови, в яких використовуватиметься система, вимоги до джерела живлення та інші фактори (за потреби), що впливають на похибку вимірювального каналу відповідно до технічної документації. У технічному завданні з метою врахування змін кліматичних умов визначають верхню та нижню границі температури та умови, в яких можна використовувати всі елементи вимірювального каналу, зокрема, рівень вологості, допустимість конденсації, відкриті або закриті приміщення, напруга живлення, допустиму вібрацію, електромагнітні умови.

Прямий метод нормування метрологічних характеристик вимірювальних каналів полягає у визначенні їхніх дійсних метрологічних характеристик та їх нормуванні на підставі одержаних результатів експериментальних досліджень метрологічних характеристик вимірювальних каналів.

Під час застосування прямого методу розглядається порядок визначення похибки вимірювальних каналів для однієї точки діапазону вимірювань, що перевіряється, оскільки у всіх точках, що перевіряються, виконуються одні і ті ж операції, що реалізують цей метод. При цьому передбачається, що вимірювальний канал є засобом вимірювання, який повністю реалізує перетворення вимірюваної величини або її носія безпосередньо до отримання значення вимірюваної величини.

Під час застосування цього методу експериментальні дослідження проводяться за кожним каналом інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи.

При прямому методі визначення характеристик похибки приймається, що похибка у конкретній досліджуваній точці складається з систематичної та випадкової складових. При цьому характеристиками похибки є:

- значення систематичної складової похибки;
- середнє квадратичне відхилення випадкової складової похибки.

Для тих вимірювальних каналів, де застосовується програмно-технічні засоби, переважає систематична похибка. Під час застосування 13-ти та більш розрядного аналого-цифрового перетворювача випадкова похибка є несуттєвою. Це дозволяє знизити кількість незалежних спостережень у контрольованій точці. При проведенні таких експериментальних досліджень також перевіряється діапазон вимірювань.

Вихідними даними для знаходження точкових та інтервальних оцінок похибок є отримані експериментально вибіркові значення D_i похибки, де $i = 1, 2, \dots, n$, що обробляються далі відповідно до розрахункових методів.

Для достовірності результатів вимірювань важливо враховувати випадкову та систематичну складові похибки вимірювань незалежно від їх значень.

Відповідно до словника VIM [5]:

систематична похибка – це складова похибки вимірювання, яка при повторних вимірюваннях залишається постійною або змінюється передбачено;

випадкова похибка – це складова похибки вимірювання, яка при повторних вимірюваннях змінюється непередбачено.

У разі коли вимірювальний канал має суттєву варіацію, то вона є додатковою метрологічною характеристикою до вже зазначених.

Відповідно до ДСТУ 2681 [9]:

Варіація – це різниця між двома показами засобу вимірювальної техніки, коли одне й те ж значення вимірюваної величини досягається внаслідок її збільшення або зменшення.

У разі наявності варіації експеримент для визначення характеристик похибки здійснюють двічі: спочатку при підході до точці, що перевіряється діапазону вимірювань вимірювального каналу з боку менших, а потім – з боку великих значень (або навпаки). При цьому отримують дві вибірки значень та похибки розміром $n/2$ ($i = 1, 2, \dots, n/2$) кожна, які є вихідними даними для знаходження точкових та інтервальних оцінок характеристик.

Для розрахунку інтервальних оцінок похибки або її характеристик за наявності істотної випадкової складової похибки застосовується статистичний метод обробки спостережень.

Під час розрахунку похибки вимірювальних каналів вибирають коефіцієнт для визначення максимального значення похибки на підставі оцінки середньоквадратичного відхилення.

При визначенні характеристик похибки простих вимірювальних каналів на їх вхід задають від еталона або необхідні значення прямовимірюваної величини, або необхідні значення носія прямовимірюваної величини, що відповідають точкам, що перевіряються.

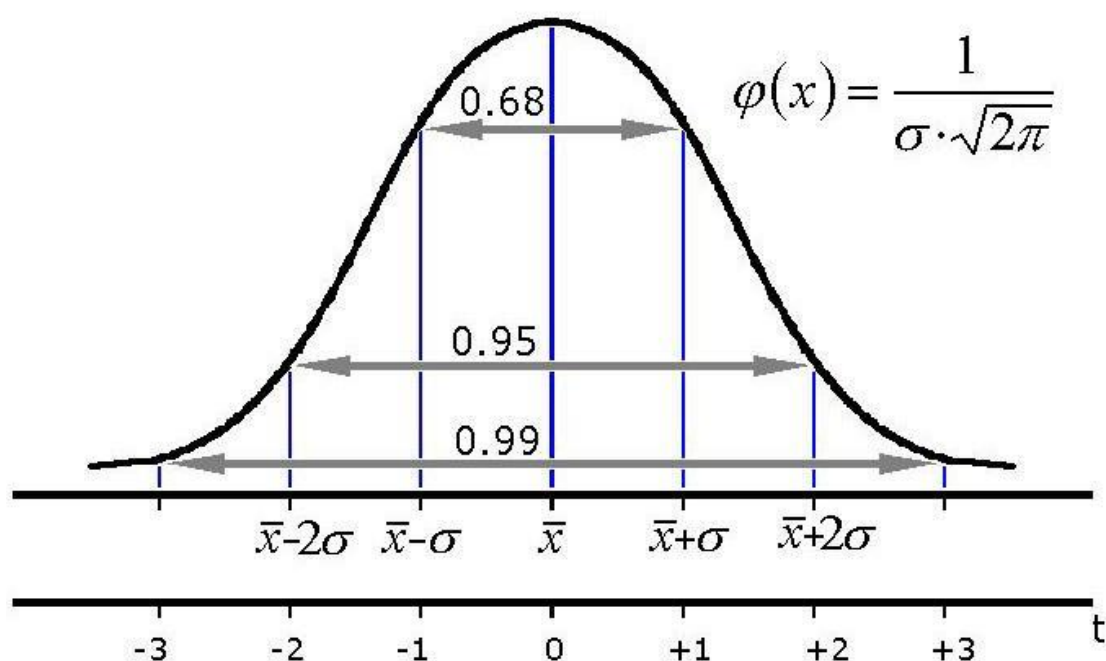


Рисунок 2.2 – Функція щільності ймовірності для нормального закону розподілу

Сигнали, що подаються на вхід вимірювальних каналів і одержувані на виході вимірювальних каналів, виражені в одиницях величини, що

прямовимірюється, або відповідного її носія, якщо інше не обумовлено технічними особливостями системи.

При практичному використанні описаних нижче методів визначення та контролю похибки може знадобитися перерахунок сигналів, виражених у значеннях прямовимірюваної величини, значення носія, що надходить на вхід вимірювального каналу, або одержуваного на його виході. Для цих перерахунків повинні використовуватись номінальні прямі функції перетворення датчиків та вимірювальних каналів, нормовані у відповідній документації.

Під номінальною прямою функцією перетворення розуміється номінальна залежність значення показу або вихідного носія ВК від значення прямовимірюваної величини.

Під номінальною зворотною функцією перетворення розуміється номінальна залежність значення прямовимірюваної величини або вхідного носія вимірювального каналу від значення показу.

Таким чином, під час проведення експериментальних досліджень метрологічних характеристик вимірювальних каналів застосовується наступний алгоритм:

- встановлення вихідних даних для вимірювальних каналів на підставі вимог до точності вимірювань параметрів об'єкту;
- визначення кількості досліджуваних точок за діапазоном вимірювання;
- визначення кількості спостережень у кожній точці діапазону;
- вибір аналітичного подання похибок вимірювальних каналів;
- проведення зовнішнього огляду вимірювальних каналів;
- перевірка функціонування вимірювальних каналів;
- набір експериментальних даних в кожній з вибраних точок;
- обробка результатів експериментальних досліджень;
- визначення інтервальних оцінок похибки.

Експериментальні дослідження можуть проводитися під час розроблення та виготовлення вимірювальних каналів, а також після його встановлення на об'єкті експлуатації.

Вимоги до метрологічних характеристик вимірювальних каналів задаються або керівником проєкту, або у методиці вимірювань цього параметра.

Якщо метрологічні характеристики вимірювальних каналів визначаються з методики вимірювань, проводимо аналіз цього документу та встановлюємо параметр, за яким характеризується достовірність вимірювання конкретної величини. При застосуванні методики вимірювань для характеристики достовірності вимірювань величини будуть застосовані робочі характеристики методики вимірювань. Робочі характеристики методики вимірювань перелічені у декількох нормативних документах, наприклад, наведені у ДСТУ EN ISO/IEC 17025 [8], де передбачається, що робочі характеристики методик вимірювань можуть охоплювати, зокрема, діапазон вимірювання, точність, невизначеність результатів вимірювання, лінійність, повторюваність або відтворюваність та зсув.

У Міжнародному словнику з метрології [5] надані визначення цих характеристик.

Точність визначена як якісна характеристика, що кількісно подається значенням похибки.

Лінійність є характеристикою функції перетворення.

Значення зсуву – це значення систематичної похибки.

Повторюваність – прецизійність вимірювання, виконаного в умовах повторюваності вимірювань. Умова повторюваності – умова вимірювань, яка передбачає одну процедуру вимірювання, одних операторів, одну вимірювальну систему, однакові умови роботи, одне й теж місцеположення та повторні вимірювання на одному й том же чи подібних об'єктах за короткий проміжок часу.

Відтворюваність – прецизійність вимірювання, виконаного в умовах відтворюваності вимірювань. Умова відтворюваності – один із наборів умов вимірювань, яка передбачає різне місцеположення, різних операторів, різні вимірювальні системи та повторні вимірювання на одному й том же чи подібних об'єктах.

Прецизійність вимірювання – близькість між показами або виміряними значеннями величини, які спостерігаються при повторних вимірюваннях одного і того ж або подібних об'єктів при заданих умовах. Прецизійність характеризує випадкову складову похибки.

Також може нормуватися у методиці вимірювань така метрологічна характеристика результатів вимірювань як правильність.

Правильність вимірювання – близькість між середнім арифметичним нескінченної кількості повторних вимірянних значень величини та опорним значенням величини. Правильність характеризує систематичну складову похибки.

Якщо у методиці вимірювань або завданні на проведення вимірювань задана похибка вимірювань або правильність як характеристика систематичної похибки або прецизійність як характеристика повторюваності (у одних і тих же умовах) (відтворюваність у цьому випадку не враховуємо) – приймаємо це значення як максимальне допустиме значення похибки вимірювального каналу. При цьому вважаємо, що похибка вимірювань складається в основному з інструментальної складової похибки, а методичну складову похибки та похибку оператора – не враховуємо. Якщо відомо, що методична складову похибки або похибка оператора є значною, необхідно це врахувати і оцінити значення саме інструментальної складової похибки, але на практиці це використовується не часто.

Якщо задана повторюваність + похибка, значення похибки приймаємо як максимальне допустиме значення похибки вимірювального каналу, а щодо межі повторюваності перевіряється, щоб повторюваність вимірювального каналу не перевищувала це значення межі повторюваності.

Під час проведення контролю відповідності значення вимірюваної величини для цієї вимірюваної величини надають заплановане значення та допуск, на скільки це значення може відхилитися. Якщо відомий допуск на значення вимірюваної величини, то максимальне допустиме значення похибки вимірювального каналу не повинне перевищувати $1/3$ допуску.

Невизначеність вимірювань характеризує дисперсію розкиду результату вимірювання, який надає вимірювальний канал, та є сучасною характеристикою достовірності результату. Значення невизначеності вимірювань для результату, одержаного за допомогою вимірювального каналу, розраховується або за вимогою виробника, або за вимогами користувача, тому що застосування значення невизначеності передбачає попереднє визначення цільової невизначеності, при якій результат вимірювання, одержаний вимірювальним каналом, вважається достовірним.

Таким чином, під час перевірки відповідності метрологічних характеристик вимірювального каналу можуть бути застосовані такі методи досліджень:

- прямий метод (вимірювання еталонного сигналу),
- опосередкований метод,
- метод безпосереднього звірення, який передбачає звірення показів вимірювального каналу з показами еталону.

Для проведення експериментальних досліджень може бути використана методика перевірки вимірювального каналу.

Важливим етапом проведення експериментальних досліджень є вибір робочих еталонів та допоміжних засобів вимірювальної техніки. Найчастіше для визначення метрологічних характеристик застосовуються різні калібратори та допоміжні засоби вимірювань для контролю умов навколишнього середовища.

Усі засоби вимірювальної техніки повинні мати підтверджені метрологічні характеристики. Усі еталони повинні мати похибку вимірювань у 3-5 разів меншу, ніж задана похибка вимірювального каналу за конкретним параметром.

В залежності від обраних компонентів вимірювального каналу визначаються нормальні та робочі умови експлуатації системи.

Експериментальні дослідження проводять у нормальних умовах навколишнього середовища. Найчастіше вони є такими:

- температура навколишнього повітря – від 15 °С до 25 °С;
- відносна вологість повітря – від 30 % до 80 %;
- атмосферний тиск – від 84 кПа до 107,6 кПа;
- напруга живлення – від 187 В до 242 В;
- частота напруги живлення – від 49 Гц до 51 Гц;
- відсутність зовнішніх електричних та магнітних полів (крім земного);
- механічні впливні величини.

Під час проведення експериментальних досліджень обов'язково повинні дотримуватись вимоги щодо забезпечення техніки безпеки.

Під час проведення експериментальних досліджень перевірі підлягає кожний вимірювального каналу.

Визначення кількості досліджуваних точок діапазону вимірювання проводиться таким чином. Кількість досліджуваних точок у діапазоні вимірювання має гарантувати отримання результатів із заданою довірчою ймовірністю. Для кожного вимірювального каналу як досліджувані точки вибираються такі, що рівномірно розміщені в діапазоні вимірювання. Таких досліджуваних точок має бути не менше 5, включаючи 0 і 100 % вимірюваної величини. Для цього досліджуються точки 0, 25 %, 50 %, 75 %, 100 % робочого діапазону вимірювання. При необхідності діапазон вимірювань скорочується на 5 % від нижнього та верхнього значення.

Визначення кількості спостережень у досліджуваних точках діапазону вимірювань проводиться таким чином. Кількість спостережень у досліджуваних точках для отримання достовірних даних про похибки має бути не менше 10

спостережень за зміни вхідного сигналу з боку менших 5 спостережень (більших 5 спостережень) значень до розрахункового значення досліджуваної точки.

Всі отримані експериментальні значення заносяться до протоколу для кожного вимірювального каналу та характеризують його конкретні метрологічні характеристики, які безпосередньо впливають на вимірювальні можливості щодо певної вимірюваної величини.

Таким чином, для кожного вимірювального каналу інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи для її введення в експлуатацію повинні бути визначені метрологічні характеристики:

- діапазон вимірювань величини,
- похибка вимірювань,
- роздільна здатність показу вимірювального каналу.

Відповідно до розвитку науково-технічного прогресу під час вимірювання геометрії кузова необхідно вибирати такі складові вимірювальних каналів, щоб забезпечити найменшу похибку із можливих. Це буде залежати від розробника системи, який забезпечує приймання найбільш раціонального рішення під час реалізації технічного завдання.

3 ВСТАНОВЛЕННЯ СКЛАДУ ВИМІРЮВАЛЬНИХ КАНАЛІВ СИСТЕМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

3.1 Вибір вимірювальних перетворювачів

Визначення складу вимірювального каналу залежить від пронормованих значень його максимально допустимої похибки та встановленого значення цільової невизначеності вимірювань відповідного параметру.

Так як на підставі значення максимально допустимої похибки вимірювального каналу визначаються вимоги до його компонентів, на першому етапі на підставі наведеного значення похибки вимірювального каналу розраховуємо орієнтовне значення похибки компонентів. Для цього поділяємо максимальне допустиме значення похибки вимірювального каналу на заплановану кількість компонентів. До цих компонентів відносяться технічні засоби, які реалізують функції вимірювань, а саме датчики, вимірювальні перетворювачі, аналогово-цифрові перетворювачі, програмно-технічний комплекс.

На другому етапі проводимо аналіз відповідності орієнтовного значення похибки компонентів та дійсного значення компоненту, який може бути застосований у цьому вимірювальному каналі системи.

Структура такого вимірювального каналу наведена на рисунку 2.1.

Якщо дійсна похибка компоненту перевищує орієнтовне значення, використовуємо це можливе значення, перераховуємо орієнтовні значення для інших компонентів та продовжуємо підбір компонентів вимірювального каналу.

Після проведеного підбору всіх компонентів вимірювального каналу необхідно провести перевірку – попередній розрахунок сумарної похибки вимірювального каналу розрахунковим методом.

Вимоги до метрологічних характеристик вимірювального каналу можуть бути встановлені у технічному завданні на розробку системи, експлуатаційних та нормативних документів, що поширюються на систему. Такі значення метрологічних характеристик є нормованими для цього вимірювального каналу.

Таким чином, вимірювальний канал системи можна поділити на дві частини:

- перетворювачі (первинний вимірювальний, вимірювальний, аналого-цифровий);
- програмно-технічний комплекс.

Так як інтелектуальна вимірювальна інформаційна система вимірювання геометрії кузова автомобіля призначена для вимірювання довжини з достатньо високою точністю, то важливо на першому етапі вибрати датчик відстані відповідно до призначення цієї системи.

Датчик відстані - це пристрій, який використовується для вимірювання довжини, висоти та ширини об'єкта. Для зручності датчик вбудовують у корпус, програмують його та надають компактного вигляду.

На цей час застосовуються кілька основних видів датчиків відстані, найпопулярнішими з яких вважаються:

- інфрачервоний датчик, який працює на основі інфрачервоного променя, є високоточним обладнанням та має широку сферу застосування. Лазерний датчик відстані працює таким чином: прилад посилає сигнал у вигляді лазерного променя, який відображається від перешкоди, що стоїть перед ним, і повертається назад у фотоелемент. На основі того, з якою швидкістю повернувся сигнал, контролер обчислює відстань до перешкоди. Залежно від якості датчика він може вимірювати дальність до декількох сотень метрів. Зовнішній вигляд датчика наведений на рисунку 3.1;

- ультразвуковий датчик, який використовується в основному для конструювання автоматичних систем не дуже високої точності, тому що має значну похибку для точних вимірювань. Ультразвуковий датчик відстані

переважно використовується для виявлення об'єктів і вимірювання відстані до них. Принцип роботи пристрою такий: пристрій випромінює звукові коливання певної частоти, при зустрічі з твердою поверхнею випущені звукові хвилі повертаються назад у датчик. Після цього контролер вираховує відстань до об'єкта за певною формулою. Відстань, на якій виявляються об'єкти, доходить до 8 метрів, але з кожним метром знижується точність вимірювань. Також важливо, щоб вимірюваний об'єкт мав гладку поверхню. Зовнішній вигляд датчика наведений на рисунку 3.2. Ультразвуковий датчик недоцільно використовувати в інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах вимірювання геометрії кузова автомобіля через їхню недостатню точність;

- лазерний датчик, який працює на основі застосування променя лазера. Для інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем застосовується такі лазерні датчики, які забезпечують вимірювання з похибкою менш 1 мм при роздільній здатності від 0,01 мм до 0,1 мм.

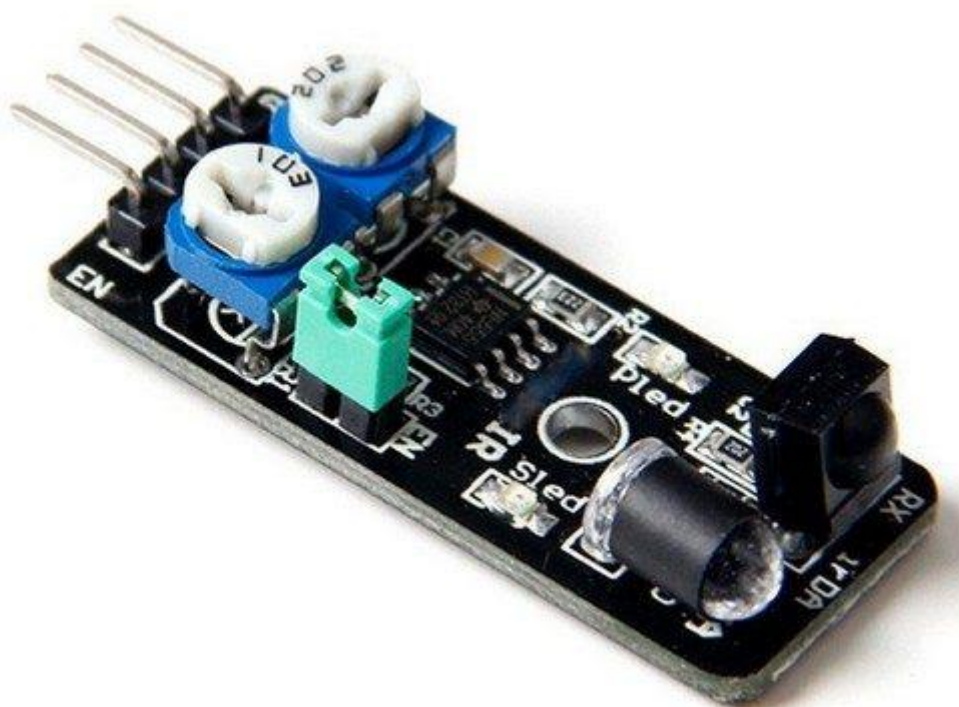


Рисунок 3.1 – Інфрачервоний датчик вимірювання відстані

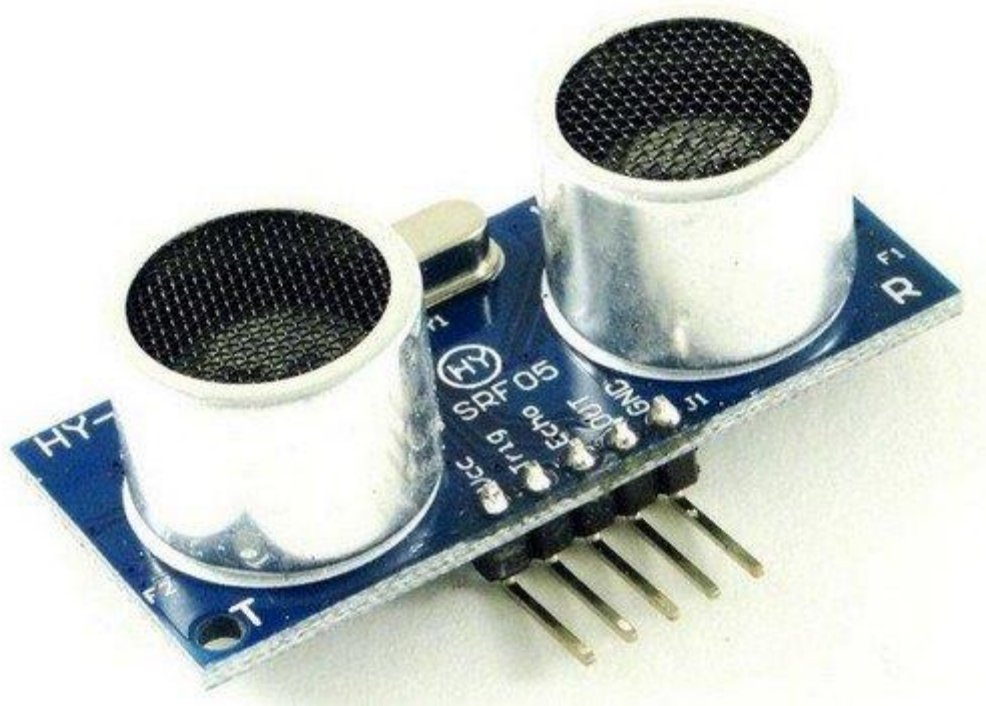


Рисунок 3.2 – Ультразвуковий датчик вимірювання відстані

В залежності від типу та інтенсивності випромінювання променя лазерні датчики можуть мати діапазон від 50 см до 300 м. Існують також потужніші лазерні датчики, які можуть вимірювати відстані до тисяч метрів.

Інфрачервоні датчики відстані також є різновидом оптичних датчиків відстані. Різниця між лазерними датчиками відстані та інфрачервоними датчиками полягає в тому, що в лазерному датчику використовується метод прольоту часу або метод триангуляції, в той час як інфрачервоний датчик використовує інтенсивність відбитого світла.

Подібно до інших оптичних датчиків, інфрачервоні датчики також мають елемент випромінювання світла (інфрачервоний світлодіод) і приймальний елемент (інфрачервоний фотодіод) на датчику.

Випромінювач безперервно випромінює інфрачервоний промінь на об'єкт. Залежно від поверхні об'єкта він повністю або частково відбиває інфрачервоний промінь.

Потім інфрачервоний приймач вимірює інтенсивність відбитого променя та пропорційно змінює його опір. Цей вихідний сигнал датчика являє собою опір, перетворений на сигнал напруги / струму.

На інфрачервоні датчики відстані впливають будь-які джерела інфрачервоного випромінювання, такі як лампочки або навіть сонячне світло.

Випромінювач безперервно випромінює інфрачервоний промінь на об'єкт. Залежно від поверхні об'єкта він повністю або частково відбиває інфрачервоний промінь.

Однак через низьку вартість реалізації інфрачервоні датчики відстані широко використовуються як датчики наближення і для невеликих приблизних вимірювань відстані, де точність не є великою проблемою.

Лазерні датчики відстані являють собою оптичні пристрої вимірювання відстані. Вони можуть виміряти відстань до заданого об'єкта за допомогою лазерного променя. Лазерні датчики можуть працювати як датчики наближення для виявлення об'єктів у певному діапазоні, що надає можливість під час ремонту кузова контролювати результат дій під час ремонту (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд лазерного датчика

На цей час є високоточні лазерні датчики, які мають відносну похибку 0,06 % [10, 11]. Така їх точність та час відгуку 0,8 мс роблять їх ідеальними для високоточних вимірювальних завдань, таких як перевірка розмірів та допусків.

Датчики поставляються зі стандартними опціями, такими як аналоговий та регульований гістерезисний цифровий двотактний перемикаючий вихід, ширший діапазон робочої напруги (від 15 В до 28 В постійного струму) та захист від зворотної полярності, а також ступінь захисту від проникнення.

Крім цифрових та аналогових виходів деякі моделі також підтримують стандартні протоколи цифрового зв'язку, такі як Profinet (клас В), Modbus TCP, OPC UA, потокова передача UDP через інтерфейс TCP / IP.

Таким чином, в інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах вимірювання геометрії кузова автомобіля найбільш доцільно застосовувати лазерні датчики відстані, як безконтактні оптичні датчики для вимірювання відстаней із точністю менш міліметра. Завдяки постійній швидкості лазерного променя лазерні датчики забезпечують надзвичайно точні та достовірні результати вимірювань.

Вихідний сигнал датчика подається у цифровій формі на вхід програмно-технічного комплексу. У разі, якщо вихідний сигнал датчика подається в аналоговій формі, то між датчиком та контролером розташовується аналогово-цифровий перетворювач.

3.2 Застосування програмно-технічних комплексів

Програмно-технічні комплекси призначені для:

- збору, перетворення та обробки аналогових та дискретних сигналів від контрольованих об'єктів;
- формування та видачі на керовані об'єкти аналогових та дискретних сигналів;
- обміну сигналами з іншими системами та комп'ютером.

Програмно-технічні комплекси є проблемно-орієнтованим виробом зі змінним складом функціональних модулів, що складається за технічним завданням замовника і поставляється за технічними умовами або технічною специфікацією, погодженою із замовником.

Для програмно-технічних комплексів встановлюються кліматичні, механічні та електромагнітні умови виконання.

Під час розроблення програмно-технічних комплексів інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи вимірювання геометрії кузова автомобіля відповідно до технічного завдання розроблюється технічні умови та комплекти конструкторської та технологічної документації, які надають повний комплекс вимог для виготовлення, маркування, пакування, транспортування та зберігання, а також настанову з експлуатації.

Програмно-технічні комплекси розроблюються відповідно до вимог міжнародних та національних нормативних документів, у тому числі, стандартів та кодексів ustalеної практики.

Матеріали та комплектуючі вироби, що застосовуються у програмно-технічних комплексах, для підтвердження їхньої якості повинні мати документи щодо оцінки їх відповідності. За погодженням із замовником для цих програмно-технічних комплексів зазвичай вибирається діапазон температур від 5 °C до 50 °C. Для програмно-технічних комплексів, у яких застосовуються закордонні комплектуючі вироби, зазвичай, дозволяється їх оцінка відповідності для промислового застосування.

Під час розроблення інтелектуальних вимірювальних інформаційних систем вимірювання геометрії кузова автомобіля застосовуються сучасні модулі, які надають можливість забезпечення вимог технічного завдання та технічних умов.

До складу програмно-технічного комплексу входять модулі живлення, модуль центрального процесора, модулі введення та виведення уніфікованих дискретних та аналогових сигналів постійного та змінного струму, модуль управління.

Програмно-технічний комплекс повинний виконувати передбачені функції у заданому обсязі та з характеристиками відповідно до заданих у залежності від типу автомобіля.

Конструкція програмно-технічного комплексу повинна забезпечувати зручність в експлуатації та доступ до всіх змінних модулів.

Підключення зовнішніх ланцюгів до модулів зазвичай здійснюється з'єднувачами "гніздо-клемник".

Управління роботою програмно-технічного комплексу має здійснюватися за допомогою програмного забезпечення, що входить до комплексу постачання. Застосоване програмне забезпечення розроблюється відповідно до функцій інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи вимірювання геометрії кузова автомобіля з урахуванням технічного завдання на цю систему.

Таке програмне забезпечення забезпечує виконання наступних функцій:

- автоматичний старт при включенні живлення;
- самотестування програмно-технічного комплексу;
- введення та виведення сигналів відповідно до встановленого завдання;
- порівняння поточних та заданих значень параметрів;
- видачу інформації на запит оператора.

Робота програм автоматичного контролю, технічного діагностування та самоконтролю не повинна впливати на виконання інформаційних та керуючих функцій програмно-технічного комплексу та призводити до погіршення їх характеристик вище за встановлені допустимі межі.

Програмне забезпечення програмно-технічного комплексу має забезпечувати виконання заданих функцій як у нормальних умовах функціонування, так і за наявності дестабілізуючих факторів (відмов, перешкод, збоїв).

У разі виникнення несправностей або виходу з ладу модулів повинна бути виключена можливість розповсюдження пошкодження на працездатні модулі.

Однотипні модулі, що входять до складу програмно-технічного комплексу, повинні бути взаємозамінними та не вимагати при заміні власного підстроювання або підстроювання інших модулів. Написи повинні бути зручними для читання та забезпечувати правильність встановлення.

Для контролю параметрів та технічних характеристик програмно-технічного комплексу у процесі експлуатації повинні використовуватися засоби вимірювальної техніки, що забезпечують необхідну точність вимірювань та перевірку.

Всі встановлені вимоги до вимірювальних каналів у частині перетворювачів та програмно-технічного комплексу перевіряються на відповідність встановленим вимогам щодо функціонування та метрологічних характеристик вимірювальних каналів.

У складі інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи вимірювання геометрії кузова автомобіля наявні такі вимірювальні канали:

- контролю рівня встановлення автомобіля;
- контролю тиску у колесах;
- перевірки параметрів геометрії кузова на паралельність до встановленої площини;
- вимірювання відстані від контрольних фіксованих точок із заданою похибкою.

Інтелектуальна вимірювальна інформаційна система повинна на підставі отриманих значень забезпечувати їх відображення, періодичне повторне сканування перевірених розмірів та аналізування відповідності одержаних значень заданим розмірам.

Деякі з цих каналів застосовуються для контролю умов розташування автомобіля у просторі з метою забезпечення достовірності результатів перевірки геометрії кузова.

Таким чином, за допомогою інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи користувач отримує інформацію, необхідну для проведення аналізування

стану геометрії кузова автомобіля. Ця інформація отримується у реальному часі та відображає всі зміни, що відображаються під час проведення робіт.

Одержані результати вимірювань для забезпечення їх достовірності повинні мати значення невизначеності вимірювань, яке не перевищує значення цільової невизначеності, встановлене виробником або замовником для цієї системи.

4 РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОЦІНЮВАННЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ КУЗОВА АВТОМОБІЛЯ

4.1 Вимоги до розроблення методики оцінювання невизначеності

Згідно з технічним завданням на цю дипломну роботу необхідно розробити методику оцінювання невизначеності для результатів вимірювань, одержаних за допомогою інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи геометрії кузова автомобіля. Ця методика є нормативним документом.

На підставі проведених в роботі досліджень визначено зміст цієї методики та наданий сам нормативний документ. Розроблення цього нормативного документу проведено на підставі ДСТУ 1.5 [12]. Згідно з розділом 5 цього стандарту визначені структурні елементи нормативного документу, попередні структурні елементи та структурні елементи основної частини.

До попередніх структурних елементів відносяться:

- титульний лист;
- передмова;
- зміст;
- вступ.

До структурних елементів основної частини відносяться:

- назва;
- сфера застосування;
- нормативні посилання;
- терміни та визначення понять;
- положення щодо об'єкту стандартизації;
- бібліографічні дані.

Розділи: «Титульний лист», «Передмова», «Назва», «Сфера застосування», «Положення щодо об'єкту стандартизації», «Бібліографічні дані» повинні

відповідати вимогам 5.1.2 ДСТУ 1.5 [12].

Розділи: «Зміст», «Вступ» та «Бібліографічні дані» є додатковими структурними елементами стандарту, які представляють зміст стандарту, пояснюють причини його розроблення та зв'язок з іншими нормативними документами.

Титульний лист розроблюється на підставі додатку Б.1 ДСТУ 1.5.

Назва нормативного документу визначається відповідно до технічного завдання до дипломної роботи з урахуванням вимог 5.6 та додатку Г ДСТУ 1.5.

Передмова складається за 5.3 та додатком В.1 ДСТУ 1.5.

Зміст складається за рекомендаціями, наведеними у 5.4 та таблиці А.2 ДСТУ 1.5.

Вступ складається відповідно до вимог 5.5 ДСТУ 1.5.

Сфера застосування складається відповідно до вимог 5.7 ДСТУ 1.5.

Нормативні посилання складаються відповідно до вимог 5.8 ДСТУ 1.5.

Терміни та визначення понять наводяться відповідно до вимог 5.9 ДСТУ 1.5.

Положення щодо об'єкту стандартизації є визначальним структурним елементом, який викладається відповідно до вимог 5.11 ДСТУ 1.5.

Бібліографічні дані викладаються відповідно до вимог 5.14 ДСТУ 1.5.

Положення цього нормативного документу розроблені на підставі врахування вимог міжнародних стандартів та науково-технічної літератури [13] щодо оцінки невизначеності з урахуванням особливостей застосування інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи геометрії кузова автомобіля.

4.2 Методика оцінювання невизначеності вимірювання геометрії кузова автомобіля

4.2.1 Сфера застосування

Ця методика встановлює процедуру оцінювання невизначеності вимірювання геометрії кузова автомобіля при застосуванні інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи геометрії кузова автомобіля.

Методика може застосовуватися під час застосування різних типів такої системи.

4.2.2 Нормативні посилання

В цій методиці наведені посилання на такі нормативні документи:

- ISO/IEC GUIDE 99:2007 Міжнародний словник з метрології Основні та загальні поняття та відповідні терміни (VIM) [6]

- ДСТУ ISO/IEC Guide 98-1:2018 Невизначеність вимірювань. Частина 1. Вступ до подання невизначеності у вимірюванні [7]

- ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювань. Частина 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995) (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT) [8]

- ЕА- 4/02:2013 Вираження невизначеності вимірювань при калібруванні [14].

4.2.3 Терміни та визначення понять в цьому документі застосовуються згідно з ISO/IEC GUIDE 99, ДСТУ ISO/IEC Guide 98-1, ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3 та ЕА - 4/02.

4.2.4 Загальні положення

4.2.4.1 Під час застосування інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи для контролю геометрії кузова автомобіля її метрологічні характеристики встановлюються та перевіряються під час випуску з виробництва.

4.2.4.2 Під час експлуатації інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи контролю геометрії кузова автомобіля її метрологічні характеристики перевіряються під час проведення повірки або калібрування.

4.2.4.3 Для підтвердження достовірності результатів вимірювань під час контролю геометрії кузова автомобіля відповідно до міжнародної практики оцінюється невизначеність вимірювань, яка характеризує можливість відхилення значення контрольованої величини від її дійсного значення.

4.2.4.4 Під час оцінювання невизначеності вимірювань:

- значення невизначеності розраховується з ймовірністю, яка дорівнює 95 %;
- коефіцієнт охоплення дорівнює 2;
- закон розподілу сумарної невизначеності та невизначеності за типом А приймається нормальним;
- закон розподілу невизначеності за типом В приймається рівномірний (прямокутний).

4.2.5 Оцінювання невизначеності вимірювань

4.2.5.1 Встановлення цільової невизначеності вимірювань

4.2.5.1.1 Цільова невизначеність вимірювань є значенням максимально допустимого значення невизначеності вимірювань, при якому результат вимірювання під час контролю геометрії кузова автомобіля вважається достовірним.

4.2.5.1.2 Цільова невизначеність вимірювань встановлюється на підставі аналізування складу інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи контролю геометрії кузова автомобіля та її вимірювальних можливостей.

Також значення цільової невизначеності вимірювань може бути задано замовником системи у технічному завданні.

4.2.5.1.3 При експлуатації інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи контролю геометрії кузова автомобіля невизначеність вимірювань

розраховується для кожного одержаного результату та порівнюється із значенням цільової невизначеності.

4.2.5.1.4 Метод розрахування цільової невизначеності на підставі врахування метрологічних характеристик компонентів вимірювальних каналів

При застосуванні цього методу максимально допустимі похибки компонентів вимірювальних каналів перераховуються у зведену похибку за формулами 4.1 та 4.2.

За відомим значенням абсолютної похибки компоненту вимірювального каналу

$$\gamma = \frac{\Delta}{X_{\text{макс}}} \cdot 100 \%, \quad (4.1)$$

де γ – зведена похибка компоненту вимірювального каналу,

Δ – абсолютна похибка компоненту вимірювального каналу,

$X_{\text{макс}}$ – максимальне значення діапазону вимірювань каналу.

За відомим значенням відносної похибки компоненту вимірювального каналу

$$\gamma = \frac{\delta \cdot X_{\text{вим}}}{X_{\text{макс}}} (\%), \quad (4.2)$$

де γ – зведена похибка компоненту вимірювального каналу,

δ – відносна похибка компоненту вимірювального каналу;

$X_{\text{вим}}$ – нормоване значення вимірюваної величини за технічним завданням.

За одержаними значеннями зведених похибок компонентів розраховується максимально допустима похибка вимірювального каналу, зведена до максимального значення діапазону вимірювань параметру у системі.

Для вибраних компонентів вимірюваного каналу визначити зведену похибку вимірюваного каналу за формулою:

$$\gamma = \sqrt{\sum \gamma_i}, \quad (4.3)$$

де γ_i – зведені похибки компонентів вимірюваного каналу;

γ – зведена похибка конкретного вимірюваного каналу системи.

За цим методом цільова невизначеність розраховується за формулою 4.4:

$$U_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot \gamma \cdot X_{\text{макс}}}{3 \cdot 100 \%}, \quad (4.4)$$

де γ – значення зведеної похибки вимірювального каналу системи, розраховане за формулою 4.3;

$X_{\text{макс}}$ – максимальне значення діапазону вимірювань каналу у системі;

$U_{\text{ц}}$ – цільова розширена невизначеність вимірювань параметру.

Цей метод застосовується під час проектування інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи для встановлення досягнення значення цільової розширеної невизначеності вимірювань параметру у разі його встановлення в технічному завданні.

4.2.5.1.5 Метод розрахування цільової невизначеності на підставі врахування метрологічних характеристик вимірювальних каналів

При застосуванні цього методу максимально допустимі зведені похибки вимірювальних каналів γ перераховуються у абсолютну похибку за формулою:

$$\Delta = \frac{\gamma \cdot X_{\text{макс}}}{100 \%}, \quad (4.5)$$

де Δ – абсолютна похибка конкретного вимірювального каналу,

γ – зведена похибка конкретного вимірюваного каналу системи,

$X_{\text{макс}}$ – максимальне значення діапазону вимірювань конкретного вимірювального каналу системи.

Цільова розширена невизначеність за цим методом розраховується за формулою 4.6:

$$U_c = \frac{2 \cdot \Delta}{3}, \quad (4.6)$$

де Δ – абсолютна похибка конкретного вимірювального каналу, розрахована за формулою 4.5;

U_c – цільова розширена невизначеність вимірювань параметру.

Цей метод застосовується під час експлуатації та/або після встановлення метрологічних характеристик вимірювальних каналів інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи.

4.2.5.2 Встановлення невизначеності вимірювань під час експлуатації інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи

Під час проведення оцінювання невизначеності вимірювань враховується тільки невизначеність за типом В. Невизначеність за типом А не оцінюється у зв'язку з тим, що вимірювальний канал проводить однократні вимірювання конкретного значення величини.

В цьому випадку рівняння вимірювань буде мати такий вигляд:

$$X_i = X_{\text{вим}} + \delta X, \quad (4.7)$$

де X_i – значення вимірюваної величини;

$X_{\text{вим}}$ – показ значення вимірюваної величини, отриманого вимірювальним каналом,

δX – зміна показу вимірювального каналу, пов'язана з роздільною здатністю його показів.

Невизначеність вимірювання величини складається з двох складових:

- невизначеності вимірювань, яка пов'язана із значенням $X_{\text{вим}}$,

- невизначеності вимірювань, яка пов'язана із роздільною здатністю показів вимірювального каналу.

Невизначеність вимірювань, яка пов'язана із значенням $X_{\text{вим}}$, розраховується за формулою:

$$U = \frac{2 \cdot \gamma \cdot X_i}{3 \cdot 100 \%}, \quad (4.8)$$

де γ – значення нормованої зведеної максимально допустимої похибки вимірювального каналу системи;

X_i – результат за показами вимірювального каналу системи;

U – оцінена поточна розширена невизначеність вимірювань параметру.

Стандартна невизначеність вимірювань, яка пов'язана із роздільною здатністю показів вимірювального каналу, визначається за формулою 4.9:

$$u(\delta X) = \frac{q}{2 \times k}, \quad (4.9)$$

де q – значення найменшого розряду, який індикується в показі вимірюваної величини (в одиницях вимірювання параметру);

k – інтервальний коефіцієнт розподілу (для даного випадку приймається 1,73 для прямокутного закону розподілу та довірчій ймовірності 0,95).

Приймаючи, що вхідні величини x_i ($i = 1 \dots n$) складеного рівняння вимірювань у даному випадку не корельовані, сумарна стандартна невизначеність розраховується за формулою 4.10:

$$u(y) = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i). \quad (4.10)$$

Бюджет невизначеності складається за формою, поданою у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Бюджет невизначеності

Величина	Значення	Оцінка стандартної невизначеності	Закон розподілу	Коефіцієнт чутливості	Вклад в сумарну невизначеність

Розширена невизначеність розраховується через сумарну невизначеність за формулою 4.11 при нормальному законі розподілу та довірчій імовірності 0,95 з коефіцієнтом охоплення $k = 2$:

$$U(X_i) = k \times u(X_i). \quad (4.11)$$

Результат вимірювань надається у такому вигляді:

$$X_i \pm U(X_i),$$

де X_i – значення вимірюваної величини за другою графою бюджету невизначеності;

$U(X_i)$ – значення невизначеності, розраховане за формулою 4.11.

4.2.6 Приклад розрахунку

Розрахунок невизначеності вимірювань за результатом контролю геометрії кузова автомобіля у разі вимірювання контрольованого параметру вимірювальним каналом інтелектуальної вимірювальної інформаційної системи контролю геометрії кузова автомобіля.

При застосуванні лазерного датчика максимально допустима зведена похибка вимірюваного каналу дорівнює 0,06 % при діапазоні вимірювань 3 м.

При вимірюванні будь-якої відстані цим каналом абсолютна похибка дорівнює згідно з формулою 4.5:

$$\Delta = \frac{\gamma \cdot X_{\text{макс}}}{100 \%} = 1,8 \text{ мм.}$$

Невизначеність розраховуємо за типом В. Невизначеність за типом А не розраховуємо, тому що вважаємо вимірювання вимірювальним каналом одноразовими. Довірча ймовірність дорівнює 95 %, коефіцієнт охоплення $k = 2$.

Роздільна здатність цього вимірювального каналу за технічною документацією є 0,01 мм.

Рівняння вимірювань записуємо $X_i = X_{\text{вим}} + \delta X$,

Розширена невизначеність показу $U(X_{\text{вим}})$ дорівнює 1,2 мм (розраховано за формулою 4.8) на всьому діапазоні вимірювання вимірювальним каналом. При нормальному законі розподілу оцінка стандартної невизначеності дорівнює 0,6 мм.

Стандартна невизначеність $u(\delta X)$ дорівнює 0,0029 мм (розраховано за формулою 4.9 для прямокутного закону розподілу).

Розширена невизначеність вимірювань вимірювальним каналом значень довжини оцінюється наступним чином:

- розраховується сумарна стандартна невизначеність за формулою:

$$u_c = \sqrt{(u^2(X_{\text{вим}}) + u^2(\delta X))};$$

- розраховується розширена невизначеність за формулою:

$$U = k \cdot u_c.$$

На підставі отриманих під час розрахунку невизначеності значень оформлюють бюджет невизначеності, наведений у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Бюджет невизначеності

Величина	Значення	Оцінка стандартної невизначеності	Закон розподілу	Коефіцієнт чутливості	Вклад в сумарну невизначеність
$X_{\text{вим}}$	Отриманий показ на всьому діапазоні вимірювань до 3 м	0,6 мм	Нормальний	1	0,6 мм
δX	0,01 мм	0,0029 мм	Прямокутний	1	0,0029 мм

Сумарна стандартна невизначеність за формулою 4.10 дорівнює:

$$u_c = \sqrt{(u^2(X_{\text{вим}}) + u^2(\delta X))} = \sqrt{(0,6^2 + 0,0029^2)} = 0,600008 \text{ мм.}$$

Отримане значення сумарної невизначеності округлюється до двох значущих цифр після коми, тому u_c дорівнює 0,6 мм.

Розширена невизначеність визначається за формулою 4.11:

$$U = k \cdot u_c = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм.}$$

Значення результату вимірювань записується наступним чином:

$$(X_{\text{вим}} \pm U) \text{ мм} = (X_{\text{вим}} \pm 1,2) \text{ мм.}$$

У розглянутому прикладі розраховане значення розширеної невизначеності застосовне для всього діапазоні вимірювань вимірювального каналу.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Основні завдання охорони праці

Перед початком виробничого процесу на робочому місці (дільниці) необхідно перевірити нормативну відповідність і безпечність умовам праці: площу, висоту і об'єм; ступінь небезпеки ураження електричним струмом, вибуховою, вибухово-пожежною та пожежною небезпекою; умови праці та їх відповідність санітарно-гігієнічним стандартам; температуру, швидкість руху повітря, відносну вологість, заповненість і загазованість, рівень шумів, вентиляцію, освітлення та захламленість приміщення та робочих місць; огорожі небезпечних зон; запобіжні, блокувальні та сигнальні пристрої; знаки безпеки, спецодяг та індивідуальні засоби захисту; вказівки про можливі причини травматизму, професійних захворювань та їх запобігання.

Аналіз результатів перевірки умов праці є підставою для введення в експлуатацію робочого місця (дільниці), розробки заходів по удосконаленню (створенню) безпечних, нешкідливих і максимально полегшених умов праці. Ці заходи можуть бути поділені на підгрупи: організаційні по поліпшенню умов праці і удосконаленню техніки безпеки; контроль за дотриманням норм і правил охорони праці.

До організаційних належать заходи зі своєчасного обслуговування обладнання дільниці для підтримання його у технічно справному стані, навчання робітників безпечним прийомам праці, забезпечення робітників спецодягом та індивідуальними засобами захисту, встановлення і дотримання протипожежного режиму, забезпечення дільниці первинними засобами пожежогасіння, розміщення знаків і попереджувальних написів, забезпечення робітників пам'ятками та інструкціями з техніки безпеки.

До заходів, які сприяють поліпшенню умов праці, належать: удосконалення опалення приміщень; нормалізація вологості в них та ліквідація протягів;

зниження заповишеності та загазованості повітря; поліпшення освітленості робочих місць; зниження шумів та вібрацій.

Удосконалення техніки безпеки передбачає: поліпшення огорож, огляд та випробування парових котлів, повітрязабірників та вантажних засобів, встановлення запобіжних засобів, автоматичної сигналізації та блокування, контроль за станом електрообладнання і заземлення, контроль технічного стану машин, механізмів і обладнання, утримання інструменту та пристроїв у технічно справному стані, забезпечення надійності індивідуальних засобів захисту.

Якщо виробнича площа дільниці знаходиться в окремому приміщенні, тоді потрібно виконати перевірний розрахунок вентиляції і освітлення дільниці. Одержані розрахунки потрібно порівняти з нормативними і при необхідності внести свої корективи.

Якщо дільниці розташовані у загальному приміщенні, тоді потрібно навести нормативні параметри, які стосуються безпеки і умов праці на дільниці (температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря (заповишеність, загазованість, рівень звуків).

Якщо дільниця розташована у загальному приміщенні і не відокремлена стінами, потрібно тільки навести нормативні параметри, які стосуються безпеки і умов праці на дільниці (кратність обміну повітря, опір заземлюючого контуру, температура повітря, відносна вологість, допустимі заповишеність і загазованість, рівень звуків, швидкість руху повітря, колір інтер'єра приміщення і обладнання та ін.).

Нормальна і безпечна робота на дільниці залежить від організації основи виробничого процесу - робочого місця. Площа робочого місця мусить відповідати встановленим нормам, організації охорони праці і техніки безпеки.

Рациональна організація робочого місця – це система заходів зі створення повного комплексу нормальних і безпечних умов, що сприяють найбільш рациональному використанню часу, засобів виробництва, забезпечують безпечні умови роботи, найвищу працездатність і хороше самопочуття. Інтер'єр

проектованої ділянки повинен відповідати санітарно-гігієнічним вимогам, оскільки раціональне пофарбування приміщень і обладнання робочих місць надають приємного вигляду приміщенню, позитивно впливають на працездатність, знижують втомлюваність, поліпшують настрій робітникам.

Наприклад, стелю, вікна, фрамуги доцільно фарбувати в білий колір; стіни і панелі – у світло-зелений чи світло-блакитний, обладнання – зелено- блакитним, рухомі частини обладнання – в кремовий.

Необхідно передбачити випробування транспортних, вантажно-підйомних засобів, автоматичної сигналізації, запобіжних засобів та надійності індивідуального захисту.

На робочих місцях усі предмети повинні займати певне місце. Зайві предмети не допускаються. Розлиті нафтопродукти, мийні засоби тощо слід прибирати – підлога повинна бути сухою. На робочих місцях із бетонованою підлогою обладнують переносні дерев'яні настили. Розміри проходів між робочими місцями (станками, стендами та ін.) і робочих зон мають відповідати встановленим нормам, захищати їх забороняється. Приміщення, в яких спостерігають загазованість та виділення вибухонебезпечних й шкідливих парів і газів, ізолюють одне від одного та від інших приміщень, а також забезпечують припливно-витяжною вентиляцією. Вхідні двері і ворота приміщень мають відкриватися назовні. Для запобігання протягам усі зовнішні входи та в'їзди повинні мати тамбури.

Струмоприймачі необхідно заземлювати, електричні провідники – надійно ізолювати й закривати трубами і кожухами. Забороняється використовувати запобіжники, що не відповідають електросхемам, або замінити їх під напругою. Освітлення, температура, вологість повітря, вібрація, шум у приміщеннях не повинні перевищувати встановлених меж.

Підйомно-транспортні пристрої, захвати, троси тощо мають бути справними і випробуваними. Перед підніманням вантажу слід переконатися, що захват надійно його охоплює. Підіймати й опускати вантаж необхідно тільки

вертикально. Не можна стояти під піднятим вантажем. При транспортуванні останнього робітник повинен знаходитись позаду нього.

Відкриті рухомі частини верстатів, стендів, випробовуваних складальних одиниць і машин повинні бути надійно захищені. Забороняється працювати на несправному обладнанні, а також при показаннях приладів, що перевищують допустимі значення; використовувати несправний інструмент, пристосування. Обслуговувати машину можна тільки при гарантованій стійкості. Перед запуском обладнання і машин необхідно переконатися в тому, що пристосування і об'єкти, які випробовуються, перебувають у відповідному (безпечному) положенні.

До роботи з використанням обладнання, механізмів, механізованого інструменту, приладів тощо робітник допускається після вивчення їхньої будови і правил безпечної експлуатації. Вмикання обладнання, підйомно-транспортних засобів, механізованого інструменту, двигунів, машин здійснюють після того, як усі працюючі на цьому робочому місці про це попереджені.

При роботі з електрифікованим інструментом потрібно користуватися діелектричними рукавицями, випробуваними у встановлені строки на електропровідність. Під час роботи електроінструмент необхідно заземлювати. При використанні пневмоінструменту повітря подавати після встановлення його в робоче положення. Заміна робочого інструменту в пневмоелектроінструменті дозволяється тільки при відключенні його від електричної (повітряної) мережі. Не можна переходити на інше робоче місце з увімкнутим в мережу інструментом.

Працювати дозволяється тільки у відповідному спецодязі, що не утруднює рухів. Не допускається наявність звисаючих кінців; рукави повинні бути застебнуті, а волосся прибране під головний убір.

Роботи, пов'язані із можливістю ураження очей, шкіри рук, необхідно виконувати тільки в захисних засобах (окулярах, щитках, рукавицях, чоботах та ін.). На місці виконання робіт не повинні знаходитись сторонні особи. На робочих місцях мають бути вивішені правила (інструкції) з техніки безпеки і таблички з попереджувальними написами. Кожний робітник повинен уміти надавати собі чи

товаришу першу медичну допомогу при механічних (електричних) травмах та отруєннях. На всіх робочих місцях мають бути наочні посібники з техніки безпеки, плакати, попереджувальні написи, написи з відповідних інструкцій та правил. Робітники повинні бути забезпечені відповідним спецодягом, спецвзуттям і захисними пристроями відповідно до діючих норм. До діагностування, обслуговування, ремонту автомобілів допускаються робітники, які пройшли спеціальну підготовку і мають відповідні посвідчення, а також отримали інструктаж з техніки безпеки на одному робочому місці (дільниці) та продемонстрували безпечні прийоми роботи. Інструктаж повинен бути оформлений у відповідних документах.

Ремонтно-обслуговуючі підприємства повинні бути забезпечені умовами праці та промсанітарії, питною водою, умивальником, душем, милом, рушниками, аптечкою першої допомоги. Забезпечена пожежна безпека.

Нормативи умов праці, промсанітарії на виробничих дільницях ремонту автомобілів: освітлення – люмінесцентне загальне 300 лк; температура повітря – від 16 °С до 18 °С; відносна вологість повітря – від 40 % до 60 %; кратність обміну повітря – 1:2; шум – від 65 дБ до 80 дБ; вібрація – від 30 Гц до 50 Гц; запиленість повітря загальна – до 2 мг/м³; загазованість окисом вуглецю – до 10 мг/м³.

Слюсарно-механічна дільниця: освітлення – люмінесцентне загальне 300 лк; освітлення місцеве – 12В; температура повітря – від 14 °С до 16 °С; відносна вологість повітря – від 40 % до 60 %; кратність обміну повітря – 1:2; шум – від 85 дБ до 95 дБ; вібрація – від 30 Гц до 50 Гц; запиленість повітря загальна – до 2 мг/м³; загазованість парами масел і охолоджувальної рідини – до 10 мг/м³. Ковальсько-зварювальна дільниця: освітлення – люмінесцентне загальне 300 лк; температура повітря – від 14 °С до 16 °С; відносна вологість повітря – від 40 % до 60 %; кратність обміну повітря – 1:3; шум – від 70 дБ до 90 дБ; вібрація – від 30 Гц до 50 Гц; запиленість загальна – до 2 мг/м; загазованість окисом вуглецю – до 10 мг/м; швидкість руху повітря – 0,2 м/с.

ВИСНОВОК

Під час виконання дипломної роботи було проаналізовано:

- методи оцінювання невизначеності вимірювань;
- переваги застосування інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах під час проведення вимірювання геометрії кузова автомобіля;
- теоретичні основи встановлення та визначення метрологічних характеристик вимірювальних каналів, з яких складається система;
- можливий склад системи вимірювання геометрії кузова автомобіля за компонентами, проаналізовано різні види датчиків та переваги або недоліки їх застосування.

Розроблена методика оцінювання невизначеності вимірювань для вимірювальних каналів інтелектуальних вимірювальних інформаційних системах під час проведення вимірювання геометрії кузова автомобіля дозволяє оцінювати невизначеність в залежності від конкретного складу цих каналів.

Знання невизначеності вимірювань для показу вимірювального каналу дозволяє забезпечити якість контролю геометрії кузова автомобіля при будь-якій меті цього контролю, якщо це є доцільним.

Проведені у дипломі дослідження доводять, що оцінене значення розширеної невизначеності вимірювань (1,2 мм) не перевищує значення максимально допустимою похибки вимірювального каналу (1,8 мм). Ця невизначеність встановлює інтервал значень розсіювання вимірюваної величини навколо одержаного результату вимірювань. У цьому інтервалі з довірчою імовірністю 0,95 знаходиться значення вимірюваної величини.

Апробація результатів. Результати роботи було представлено на [15] Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах» (Харків, листопад 2023).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Recommendation INC-1 (1980) Recommendations of Working Group and CIPM (Рекомендації Міжнародного комітета з мір і ваг INC-1)

2. Керівництво з вираження невизначеності у вимірюваннях (GUM) (1993, виправлено і перевидано в 1995)

3. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 05.06.2014 № 1314-VII. Дата оновлення: 01.01.2022.

URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text> (дата звернення: 17.09.2023).

4. ДСТУ EN ISO/IEC 17000:2021 Оцінювання відповідності. Словник термінів і загальні принципи (EN ISO/IEC 17000:2020, IDT; ISO/IEC 17000:2020, IDT)

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96931

5. ISO/IEC GUIDE 99:2007 Міжнародний словник з метрології Основні та загальні поняття та відповідні терміни (VIM)

URL: <https://www.iso.org/ru/standard/45324.html>

6. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-1:2018 Невизначеність вимірювань. Част. 1. Вступ до подання невизначеності у вимірюванні (ISO/IEC Guide 98-1:2009, IDT)

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=81668

7. ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3:2018 Невизначеність вимірювань. Част. 3. Настанова щодо подання невизначеності у вимірюванні (GUM:1995) (ISO/IEC Guide 98-3:2008, IDT)

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=81669

8. ДСТУ EN ISO/IEC 17025:2019 Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій (EN ISO/IEC 17025:2017, IDT; ISO/IEC 17025:2017, IDT).

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88724

9. ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=78591

10. Огляд лазерних датчиків фірми Eddylab

URL: http://www.vbr.com.ua/eddylab/laser_distance_sensors.php

11. Огляд лазерних датчиків фірми Sick

URL: <https://trade-control.com.ua/catalog/lazernye-datchiki-sick>

12. ДСТУ 1.5:2015 Національна стандартизація. Правила розроблення, викладання та оформлення національних нормативних документів

(ISO/IEC Directives Part 2:2011, NEQ)

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=63938

13. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручник / О. М. Васілевський, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 230 с.

14. ЕА–4/02:2013 Вираження невизначеності вимірювань при калібруванні

15. Альохін А. О., Діденко Н. В. Визначення складу вимірювальних каналів системи вимірювання геометрії кузова автомобіля. Всеукраїнська науково-практична Інтернет-конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених «Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах», 2 листопада 2023 року. Харків, ХНАДУ, 2023. С. 8-12.

URL:[https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=4888\](https://dl2022.khadi-kh.com/course/view.php?id=4888)

ДОДАТОК А
ІЛЮСТРАТИВНИЙ МАТЕРІАЛ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ