





Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Факультет механічний
Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

ДИПЛОМНА РОБОТА
бакалавра

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ

Завідувач кафедри: канд. техн. наук, доцент		О. І. Богатов
Нормоконтролер: канд. техн. наук		М. В. Москаленко
Керівник: канд. техн. наук, доцент		І. В. Грайворонська
Студент гр. ММ-41-19		Б. Д. Ребрик

Харків-2023

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Механічний

Кафедра: Метрології та безпеки життєдіяльності

Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр

Галузь знань: 15 «Автоматизація та приладобудування»

Спеціальність: 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Метрології та БЖД



О. І. Богатов

«31» березня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ребрику Богдану Дмитровичу

1. Тема роботи: «Вдосконалення методики оброблення результатів технологічних вимірювань»

Керівник роботи: Грайворонська Інна Валеріївна, к.т.н., доцент.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «31» березня 2023 року № 31.


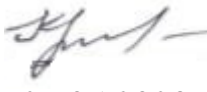
2. Строк подання студентом роботи «11» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: звіт з переддипломної практики.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: 1) Огляд видів вимірювань та їх застосування в науці та виробництві. 2) Визначення емпіричних характеристик прямих вимірювань. 3) Визначення теоретичної функції щільності розподілу. 4) Визначення похибки за результатами непрямих вимірювань. 5) Охорона праці при роботі з контрольно-вимірювальними приладами. 6) Висновки.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4 Охорона праці	Кравцов М. М., доцент кафедри МБЖД	 22.05.2023	 29.05.2023

7. Дата видачі завдання «03» квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Огляд видів вимірювань та їх застосування в науці та виробництві	03.04.2023	
2	Визначення емпіричних характеристик прямих вимірювань	17.04.2023	
3	Визначення теоретичної функції щільності розподілу	24.04.2023	
4	Визначення похибки за результатами непрямих вимірювань	08.05.2023	
5	Охорона праці при роботі з контрольно-вимірювальними приладами	22.05.2023	
6	Висновки	29.05.2023	
7	Оформлення та подання роботи	11.06.2023	


Студент


(підпис)

Ребрик Б. Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Грайворонська І. В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 53 сторінки, 6 рисунків, 4 таблиці, 6 джерел, 1 додаток.

ВИМІРЮВАННЯ, ДИСПЕРСІЯ, ЄДНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ, МЕТОДИКА, ПОХИБКА, РОЗПОДІЛ ФУНКЦІЇ ЩІЛЬНОСТІ ЙМОВІРНОСТІ

Мета роботи – вдосконалення методики оброблення результатів технологічних вимірювань.

Завдання дослідження: визначення емпіричних характеристик прямих вимірювань, визначення теоретичної функції щільності розподілу, визначення похибки за результатами непрямих вимірювань.

Методи дослідження: математична статистика.

Об'єкт дослідження: результати технологічних вимірювань.

Через обмеженість числа результатів вимірювань при обробці замість математичного очікування і дисперсії одержують наближені до них відповідно емпіричне середнє і емпіричну дисперсію, що й було зроблено в ході роботи.

Для побудови графічного зображення теоретичного розподілу було зроблено попереднє судження про вид функції щільності теоретичного розподілу, визначалася конкретна функція щільності ймовірності, використовуючи отримані раніше емпіричні характеристики, визначалися теоретичні значення ймовірностей попадання результатів вимірювань в той чи інший інтервал.

ЗМІСТ

Вступ	6
1. Види вимірювань та їх застосування в науці та виробництві	7
1.1. Основні властивості, що визначають якість вимірювань	7
1.2. Види вимірювань	7
1.3. Фізичні величини та вимірювання	12
1.4 Похибка вимірювання	14
1.5 Види засобів вимірювань	17
2. Обробка результатів вимірювань	20
2.1 Основні відомості про обробку результатів	20
2.2 Визначення емпіричних характеристик прямих вимірювань	20
2.3 Визначення теоретичної функції щільності розподілу. Графічне зображення емпіричного і теоретичного розподілів	22
3. Визначення похибки за результатами непрямих вимірювань	26
4. Охорона праці при роботі з контрольно-вимірювальними приладами	30
4.1 Основні положення техніки безпеки для працівників у лабораторії	33
4.2 Надання першої допомоги при нещасних випадках	34
4.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях	36
Висновки	40
Перелік посилань	42
Додаток А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи	43

ВСТУП

Жодна галузь виробничого процесу не обходиться без кількісних показників об'єктів. Ці показники можна отримати тільки шляхом вимірювань. Крім того, вимірювання відіграють першорядну роль у науці під час тестування різних гіпотез. Що стосується практичної діяльності, то тут вимірювання необхідні для визначення якості продукції, управління технологічними процесами, охорони праці та здоров'я працюючих тощо.

Можна зробити висновок, що науково-технічний прогрес перебуває в тісному взаємозв'язку зі збільшенням вимог до вимірювань. Адже від якості вимірювального процесу безпосередньо залежить і якість продукції, що випускається.

Не стане відкриттям і те, що в умовах ринкових відносин будь-яка фірма або ж організація націлена на отримання прибутку, на обсяги якого великий вплив чинять використовувані засоби вимірювань, що є частиною основних фондів.

1 ВИДИ ВИМІРЮВАНЬ ТА ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ В НАУЦІ ТА ВИРОБНИЦТВІ

1.1 Основні властивості, що визначають якість вимірювань

Точність вимірювань – міра якості, яка вказує на те, наскільки результати вимірювань наближені до істинного значення вимірюваної величини (тобто, наскільки низька є похибка результату вимірювання). Висока точність вимірювань означає, що похибки будь-якого типу, як систематичні, так і випадкові, є дуже малі. Кількісно точність можна виразити як обернену величину модуля похибки.

Єдність вимірювань – це такий стан вимірювань, який означає, що результати вимірювань виражені в узаконених одиницях, а похибки вимірювань відомі з визначеною ймовірністю. Однією з необхідних умов для забезпечення єдності вимірювань є однаковість вимірювальних засобів.

Під однаковістю засобів вимірювань розуміють стан засобів вимірювань, який характеризується тим, що вони проградуєвані в узаконених одиницях і їхні метрологічні властивості відповідають нормам. Однаковість засобів вимірювань є необхідною, але недостатньою умовою дотримання єдності вимірювань.

Достовірність – це довіра до результатів вимірювань. Якщо дотримується єдність вимірювань і точність відповідає заданій, то результати можна назвати достовірними.

1.2 Види вимірювань

Залежно від того, яким способом засіб вимірювання отримує вхідний сигнал вимірювальної інформації, можна логічно розглядати вимірювання як статичні або динамічні.

Під час вимірювання в статичному (квазістатичному, псевдостатичному) режимі швидкість зміни вхідного сигналу незрівнянно нижча за швидкість його

перетворення в вимірювальному ланцюзі і результати фіксуються без динамічних спотворень.

Під час вимірювання в динамічному режимі можуть виникати додаткові динамічні похибки, які пов'язані зі швидкою зміною вимірюваної фізичної величини або вхідного сигналу вимірювальної інформації, що надходить від сталої вимірюваної величини. В підшипниковій промисловості для вимірювання діаметрів тіл кочення, які є постійними фізичними величинами, використовуються контрольні-сортувальні автомати. Під час цього процесу, швидкість зміни вхідної вимірювальної інформації може бути порівнянною зі швидкістю вимірювальних перетворень у внутрішньому ланцюзі пристрою.

Отже:

Статичні вимірювання – це вимірювання, в яких вимірювана величина залишається постійною впродовж часу. Такі вимірювання включають в себе вимірювання розмірів виробу, постійного тиску, температури та інших величин, які не змінюються з часом.

Динамічні вимірювання – це вимірювання, при яких вимірювана величина змінюється з часом. Наприклад, це можуть бути вимірювання тиску та температури під час стиснення газу в циліндрі двигуна. У таких вимірюваннях враховується динаміка зміни величини і вимірювальні параметри фіксуються в реальному часі, щоб відображати зміни у величині протягом певного періоду часу.

Під час статичних вимірювань можна скористатися градуванням шкали вимірювального пристрою за відомими вхідними впливами. Функція перетворення вимірювальних засобів встановлює зв'язок між вхідним впливом і отриманим відгуком. При динамічних вимірюваннях інерційні властивості вимірювальних засобів відіграють значну роль. Вони враховуються його динамічними характеристиками, які можуть бути повними і приватними.

Інерційні властивості вимірювальних засобів повністю відображаються за допомогою повних динамічних характеристик. Ці характеристики включають рівняння динаміки, передавальну функцію, комплексний коефіцієнт

перетворення (що складається з амплітудно-частотних та фазо-частотних характеристик), перехідну характеристику і імпульсну характеристику.

Точкова діаграма в певних випадках дає змогу висловити деякі судження і про правильність вимірювань, оскільки стійка тенденція зміни результатів вимірювань свідчить про наявність у них змінної систематичної похибки. Виконання кількох серій багаторазових вимірювань однієї й тієї самої фізичної величини де використовуються різні методики виконання вимірювань дає змогу оцінити відтворюваність вимірювань і одержати попередню оцінку систематичних постійних похибок, притаманних завідомо менш точним методикам вимірювання (МВ). Це добре видно на точковій діаграмі з декількома серіями вимірювань, які оформлені в одному масштабі.

Порівняльний аналіз результатів кількох серій вимірювань однієї фізичної величини включає оцінку і зіставлення розмахів та оцінку наявності тенденцій зміни результатів вимірювань за кожною із серій.

Про порівняльну правильність вимірювань можна судити за значеннями і за числовими характеристиками тенденцій зміни результатів. При виявленні зміни результатів вимірювання можна зробити висновок про наявність систематичної змінної похибки певного типу. Якщо це можливо, такий висновок може бути доповнений числовими оцінками. Відхилення результатів від апроксимувальної лінії оцінюють розмахом, граничними значеннями або середніми квадратичними відхиленнями.

Основна відмінність між багаторазовими та одноразовими вимірюваннями полягає в тому, що при багаторазових вимірюваннях ми отримуємо і використовуємо значно більший обсяг апостеріорної вимірювальної інформації. Проте це не означає, що аналіз апріорної інформації стає зайвим. Такий аналіз все ж необхідний перед багаторазовими вимірюваннями, і він має ту саму мету, що і при одноразових вимірюваннях. Однак, у випадку багаторазових вимірювань розподіл ймовірностей їх результатів встановлюється експериментальним шляхом.

Оцінка результату та похибки вимірювань здійснюється шляхом застосування статистичних методів до багаторазових спостережень. Зворотно, статистичні оцінки отримуються на основі повторних точних вимірювань. Багаторазове вимірювання однієї і тієї ж постійної величини здійснюється з високою вимогливістю до точності вимірювань. Такий підхід характерний для професійної метрологічної діяльності і зазвичай здійснюється співробітниками державних і спеціалізованих метрологічних служб, а також в ході складних наукових експериментів. Ці вимірювання є складними, вимагають багато часу та ресурсів, тому необхідність в їх проведенні має бути належно обґрунтована. Це стосується і вимірювальної інформації.

Прямі вимірювання відбуваються шляхом експериментального порівняння вимірюваної величини з мірою цієї величини або з показаннями вимірювального приладу, що безпосередньо відображають значення вимірюваної величини. Наприклад, вимірювання розмірів виробу за допомогою рулетки з поділками, вимірювання температури середовища у парильній камері, або вимірювання об'єму сипучих матеріалів (таких як цемент або пісок) за допомогою мірника - це приклади прямих вимірювань. Прямі вимірювання є основою для більш складних методів вимірювання, таких як посередні, сумісні та сукупні.

Давайте розглянемо методи прямих вимірювань, які використовуються в технічних вимірюваннях.

Метод безпосередньої оцінки дозволяє отримати значення вимірюваної величини безпосередньо, без потреби у додаткових обчисленнях або діях. Єдиним винятком може бути множення значень на постійну величину, яка пов'язана з приладом, шкалою або поділкою. Цей метод найчастіше використовується на приладах з показівкою, таких як амперметри, вольтметри, ватметри, тягоміри, динамометри, манометри, термометри та інші. Вимірювання методом безпосередньої оцінки також включає зважування на циферблатних терезах, вимірювання довжини рулеткою, вимірювання кутів за допомогою теодолітів та інші подібні вимірювання.

Метод порівняння з мірою використовується для вимірювання величин шляхом прямого порівняння їх з відомою мірою даної величини. Наприклад, вимірювання маси на важільних терезах засноване на порівнянні ваги об'єкту з масою гирь на протилежному плечі важілля. Цей метод дозволяє отримати значення вимірюваної величини шляхом знаходження рівноваги між зразком і мірою.

Метод протиставлення використовується для вимірювання величин шляхом одночасного впливу вимірюваної величини і величини, яка відтворюється мірою, на прилад порівняння. Це дозволяє встановити співвідношення між цими величинами. Наприклад, вимірювання маси на рівноплечих терезах передбачає розміщення вимірюваної маси і зрівноважуючої гирі на двох чашинах терезів. При встановленні рівноваги можна визначити масу об'єкту шляхом порівняння його з гирею, встановленою на іншій чаші терезів.

Диференціальний (різницевий) метод вимірювання полягає у вимірюванні різниці між вимірюваною величиною і відомою величиною. Використання цього методу дозволяє отримувати результати з високою точністю, навіть при використанні засобів вимірювальної техніки з низькою точністю. Диференціальний метод широко застосовується в практиці вимірювань. Також цей метод використовується для порівняння землемірних стрічок, що дозволяє встановити відмінності між ними.

Компаруванням називають порівняння довжини робочого засобу вимірювання із показами еталонного засобу вимірювання. Якщо довжина еталонної землемірної стрічки L дорівнює 20 м, а незбігання кінцевого штриха робочої землемірної стрічки з кінцем еталонної міри a дорівнює 10 мм. Цю різницю між довжиною робочої стрічки і еталонної (фактично номінальною її довжиною) називають абсолютною похибкою компарування стрічки. Тоді відносна похибка δ для вимірюваного значення 20 м буде дорівнювати 0,05 %.

Приклад свідчить, що для вимірювання значних величин необхідно мати досить точну міру довжини L , виготовлення якої пов'язане з деякими

труднощами, однак ще важче зробити прилад високої точності для вимірювання таких величин.

Нульовий метод вимірювання полягає у порівнянні вимірюваної величини з величиною, яка заздалегідь відома, при цьому обидві величини підбираються рівними за розмірами, щоб різниця між ними дорівнювала нулю. Цей метод застосовується для визначення маси на важільних терезах, коли маса гир підбирається такою, що рівна вимірюваній масі, або зважувана маса підбирається такою, що рівна масі гир.

Метод заміщення вимірювання полягає у заміні вимірюваної величини відомою величиною, яка відтворюється мірою. Наприклад, при зважуванні на важільних терезах використовується цей метод шляхом розміщення по черзі вимірюваної маси і гир на одну і ту саму чашу терезів.

Метод збіжності вимірювання полягає у використанні відміток або сигналів, які збігаються, для визначення значення вимірюваної величини. В цьому методі значення величини встановлюється шляхом спостереження за збігом поділок на шкалах або періодичністю сигналів. Наприклад, при вимірюванні довжини за допомогою штангенциркуля з ноніусом, використовується метод збіжності шляхом спостереження за збігом штрихів на шкалах штанги штангенциркуля та рамки ноніуса.

Однократне вимірювання – це є процес вимірювання однієї величини лише один раз, де кількість вимірювань відповідає кількості вимірюваних величин. Застосування такого виду вимірювань в практиці завжди пов'язане зі значними похибками, тому рекомендується проводити не менше трьох одноразових вимірювань і обчислювати кінцевий результат як середнє арифметичне значення цих вимірювань.

1.3 Фізичні величини та вимірювання

Основна фізична величина є фізичною величиною, яка вважається незалежною від інших величин у певній системі фізичних величин.

У Міжнародному словнику з метрології JCGM 200 наведено таке визначення: "властивість явища, тіла або речовини, яку можна виміряти кількісно, використовуючи числові значення та відповідну одиницю для порівняння". У примітці також зазначено, що поняття "величина" може бути розподілено на різні категорії, такі як "фізична величина", "хімічна величина" і "біологічна величина", або на "основні величини" та "похідні величини".

У інших словниках це визначення було сформульоване з іншими словами: "фізична величина є характеристикою однієї з властивостей фізичного об'єкта (фізичної системи, явища або процесу), яка є загальною для багатьох об'єктів у якісному відношенні, але є індивідуальною для кожного об'єкта у кількісному відношенні". В цьому визначенні фізична величина характеризує одну з властивостей, а не є властивістю самою по собі. Втім, суттєвої різниці між поняттями "властивість" і "характеристика" немає. Законодавчо визначається основна фізична величина як величина, яка входить до системи величин і визначається шляхом використання основних величин, що утворюють цю систему.

Усі фізичні величини мають свої визначені одиниці вимірювання і певні взаємозв'язки між ними. Якщо деякі з цих величин обрати як основні і призначити для них одиниці, то розмірність усіх інших величин буде виражатись через одиниці основних величин. Загальний набір встановлених одиниць, де деякі є основними, а інші є похідними, називається системою одиниць фізичних величин.

У Міжнародній системі одиниць (SI) визначено сім основних фізичних величин, для яких розмірності вважаються незалежними одна від одної. Основні фізичні величини в SI:

- довжина: символ l або L , розмірність $[L]$, назва «метр», позначення m або m ;
- маса: символ m , розмірність $[M]$, назва «кілограм», позначення kg або kg ;
- час: символ t або T , розмірність $[T]$, назва «секунда», позначення s або s ;

- сила електричного струму: символ I , розмірність $[I]$, назва «ампер», позначення A ;

- термодинамічна температура: символ T або θ , розмірність $[K]$, назва «кельвін», позначення K ;

- сила світла: символ I_v , розмірність $[J]$, назва «кандела», позначення cd або kd ;

- кількість речовини: символ N , розмірність $[N]$, назва «моль», позначення моль або mol .

1.4 Похибка вимірювання

Похибка вимірювання виникає, коли результат вимірювання відрізняється від фактичного значення вимірювальної величини.

Під істинним значенням розуміється таке значення фізичної величини, яке на найкращий спосіб відповідає якісним і кількісним характеристикам властивостей об'єкта.

Класифікація похибок та їх види:

1) за способом оцінки:

а) абсолютна похибка;

б) відносна похибка;

2) залежно від причини виникнення:

а) методична похибка;

б) інструментальна похибка;

в) від зовнішніх умов;

г) суб'єктивні похибки;

3) від характеру прояву:

а) систематичні;

б) випадкові;

4) за характером залежності від вимірювальної величини:

а) адитивні;

б) мультиплікативні.

Під час будь-якого вимірювання, з різних причин, неминуче відбуваються відхилення результатів від істинного значення вимірювальної величини. Існують фактори, які впливають на виникнення похибок. Причини похибок вимірювання можуть бути такі:

- похибки вимірювань можуть виникати через недосконалість методів вимірювань, технічних засобів, що використовуються при вимірах, а також обмежені можливості сприйняття спостерігача;

- є окрема група причин, пов'язаних з умовами проведення вимірювань. Вплив умов має подвійну природу. З одного боку, фізичні величини, що беруть участь у вимірюваннях, в різній мірі залежать одна від одної. Тому зміна зовнішніх умов веде до зміни істинних значень вимірюваних величин. З іншого боку, умови проведення вимірювань впливають на характеристики вимірювальних засобів та фізіологічні властивості спостерігача, і через це стають джерелом похибок вимірювань.

Визначені причини похибок вимірювань можна розділити на дві основні групи:

1. Фактори, які проявляються нерегулярно та неочікувано зникають або змінюються з непередбачуваною інтенсивністю. До цієї групи належать, наприклад, перекося елементів приладів у їх напрямках, непередбачувані зміни моментів тертя в опорах, флуктуації величин, зміни уваги операторів та інші фактори. Випадкова похибка вимірювання є складовою цієї групи, і її особливістю є випадкова зміна при повторних вимірах однієї й тієї ж величини. При розробці вимірювальних приладів та організації процесу вимірювання загальний рівень прояву більшості факторів цієї групи зводять до мінімуму, щоб вони впливали на випадкову похибку майже однаково. Однак, деякі з них, наприклад, раптове падіння напруги в електромережі, можуть несподівано сильно впливати на похибку, що виходить за рамки ходу експерименту. Такі похибки, що входять до складу випадкової похибки, називаються грубими. До них також належать промахи – похибки, пов'язані з діями спостерігача,

неправильним використанням засобів вимірювання, неправильними вимірюваннями або помилками при записі результатів.

2. Фактори, які постійно або систематично змінюються протягом вимірювального експерименту, наприклад, плавні зміни величин або похибки застосовуваних зразкових мір. Систематична похибка вимірювання є складовою цієї групи, і її особливістю є постійність або систематичні зміни при повторних вимірах однієї й тієї ж величини. Поки систематичні похибки переважають над випадковими, їх можна обчислити або виключити з результатів вимірювань, якщо дослідник правильно налаштує експеримент.

Профілактика похибок вимірювання включає наступні заходи:

- використання надійних, стабільних і стійких до перешкод засобів вимірювання;
- виявлення теоретичних похибок методу або засобів вимірювання та їх усунення або врахування перед початком вимірювань;
- стабілізація умов вимірювань і захист від небажаних впливів зовнішніх факторів (включаючи фізичні поля) на засоби вимірювання та об'єкти вимірювання;
- суворе дотримання правил використання засобів вимірювання і методик проведення вимірювань, а також навчання операторів і контроль їх кваліфікації.

Методи компенсації похибок досить різноманітні і включають такі окремі випадки, як компенсація похибки за знаком, вимірювання парне число разів через напівперіоди, введення коригувальних пристроїв для компенсації теоретичних похибок, автоматичних коригувальних пристроїв для компенсації систематичних інструментальних складових, автоматичне піднастроювання або корекція "нуля" після виконання серії вимірювань, застосування автоматичних компенсаторів для врахування впливу на засіб виміру впливових величин та ін., а також низку інших.

Введення поправок у процесі вимірювань або після їхнього закінчення є вельми ефективним методом виключення систематичних похибок, слід тільки зазначити, що для його реалізації необхідно попередньо виявити й оцінити

похибку, яка при зміні знака на протилежний і буде використовуватися як поправка.

Один із специфічних методів для виявлення та оцінки систематичних похибок - це використання рандомізації результатів вимірювань. Для здійснення рандомізації необхідно належним чином організувати отримання набору результатів вимірювань, наприклад, шляхом повторного вимірювання однієї й тієї ж величини за допомогою одного і того ж вимірювального пристрою.

У разі багатокоординатних вимірювань деяких параметрів однієї й тієї самої деталі рандомізація систематичних похибок, що виникають під час орієнтування деталі в системі координат засобу вимірювань, може бути досягнута завдяки новому орієнтуванню деталі перед кожним із багаторазово повторюваних вимірювань тих самих параметрів.

Для ефективного застосування рандомізації для усунення систематичних похибок, потрібен ґрунтовний аналіз і чітка організація процесу вимірювань. Якщо систематичні похибки СІ накриваються випадковими похибками, які є характерними для даної методики вимірювань, то ефективність рандомізації буде незначною або нульовою.

1.5 Види засобів вимірювань

За технічним призначенням:

- міра фізичної величини є засобом, що використовується для відтворення та збереження фізичної величини з заданими розмірами, а значення цих розмірів виражаються у встановлених одиницях з відомою точністю;
- вимірювальний прилад є засобом, призначеним для отримання значень вимірюваної фізичної величини в заданому діапазоні;
- вимірювальний перетворювач – технічний засіб з нормативними метрологічними характеристиками, служить для перетворення вимірюваної

величини в іншу величину або вимірювальний сигнал, зручний для обробки, зберігання, подальших перетворень, індикації або передачі;

– вимірювальна установка (вимірювальна машина) – це комплексність взаємопов'язаних дій, вимірювальних приладів, перетворювачів та інших пристроїв, які спільно виконуються в одному місці з метою вимірювання однієї або кількох фізичних величин;

– вимірювальна система – це комплексна сукупність функціонально пов'язаних заходів, вимірювальних приладів, перетворювачів, комп'ютерних систем та інших технічних засобів, розташованих у різних точках контрольованого об'єкта, з метою вимірювання однієї або кількох фізичних величин, що характеризують цей об'єкт, та генерації вимірювальних сигналів для різних цілей;

– вимірювально-обчислювальний комплекс – це інтегрована система, що складається з функціонально пов'язаних засобів вимірювання, комп'ютерних систем та допоміжних пристроїв, яка призначена для виконання конкретної вимірювальної задачі у складі вимірювальної системи.

За ступенем автоматизації:

- автоматичні;
- автоматизовані;
- ручні.

За стандартизації засобів вимірювань:

- стандартизовані;
- нестандартизовані.

За положенням в повірочній схемі:

- еталони;
- робочі засоби вимірювань.

За значущістю вимірюваної фізичної величини:

– основні засоби вимірювань тієї фізичної величини, значення якої необхідно отримати відповідно до вимірювальної завданням;

– допоміжні засоби вимірювань тієї фізичної величини, вплив якої на основний засіб вимірювань або об'єкт вимірювань необхідно враховувати для отримання результатів вимірювань необхідної точності.

За вимірювальними фізико-хімічними параметрами:

- для вимірювання температури;
- тиску;
- витрати та кількості;
- концентрації розчину;
- для вимірювання рівня та ін.

2 ОБРОБКА РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАНЬ

2.1 Основні відомості про обробку результатів

Обробка результатів вимірювань широко використовується як у дослідженнях, так і в виробничій практиці. Вона застосовується для аналізу технологічних процесів, встановлення технологічних допусків, визначення статистичних характеристик партій деталей і здійснення статистичного контролю та регулювання якості продукції.

При виготовленні партій деталей неодмінно виникає розсіювання їхніх розмірів, яке виявляється під час їх вимірювань. Це може бути спричинене недосконалістю устаткування, пристосувань, вимірювальних інструментів, коливаннями режимів обробки або помилками оператора. Тому результат вимірювання конкретної деталі є випадковою величиною. Випадковою величиною є також похибка розміру деталі, яка визначається як різниця між заданим розміром і результатом виміру.

У зв'язку з цим, для обробки результатів вимірювань використовуються методи теорії ймовірності і математичної статистики.

2.2 Визначення емпіричних характеристик прямих вимірювань

У зв'язку з обмеженою кількістю доступних результатів вимірювань, при обробці замість математичного очікування і дисперсії одержують наближені до них відповідно емпіричне середнє значення \bar{x} і емпіричну дисперсію σ^2 , які характеризують середній результат вимірювань і степінь розкиду результатів.

Наприклад, при вимірюванні величин радіальних биттів зовнішньої поверхні втулок отримано 360 результатів: від 0,01 мм до 0,25 мм.

Визначити емпіричні характеристики вимірювань \bar{x} , σ , σ^2 .

Величину зони розсіювання $x_{max} - x_{min} = 0,25 - 0,01 = 0,24$ мм краще всього розбити на 12 інтервалів по $h = 0,02$ мм.

Далі визначаємо границі інтервалів, середину кожного інтервалу та заносимо у таблицю 2.1. Також визначаємо $m_i * x_i$ для кожного інтервалу, а потім $\sum m_i * x_i$.

Аналогічні розрахунки робимо для останнього стовпчика таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Послідовність обробки результатів

Номер інтервалу	Границі інтервалів, мм		Середина інтервалу x_i	Частота m_i	$m_i * x_i$	$m_i * x_i^2$
	Понад	До (включно)				
1	0,00	0,02	0,01	3	0,03	0,0003
2	0,02	0,04	0,03	7	0,21	0,0063
3	0,04	0,06	0,05	10	0,5	0,0250
4	0,06	0,08	0,07	34	2,38	0,1666
5	0,08	0,10	0,09	46	4,14	0,3726
6	0,10	0,12	0,11	53	5,83	0,6413
7	0,12	0,14	0,13	49	6,37	0,8281
8	0,14	0,16	0,15	35	5,25	0,7875
9	0,16	0,18	0,17	24	4,08	0,6936
10	0,18	0,20	0,19	14	2,66	0,5054
11	0,20	0,22	0,21	4	0,84	0,1764
12	0,22	0,24	0,23	1	0,23	0,0529
Сума				280	32,52	4,256

Для того, щоб розрахувати емпіричні характеристики вимірювань \bar{x} , σ , σ^2 потрібно скористатися наступними формулами:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n m_i * x_i / \sum_{i=1}^n m_i, \quad (2.1)$$

$$\sigma^2 = \left(\sum_{i=1}^n m_i * x_i^2 / \sum_{i=1}^n m_i \right) - \bar{x}^2, \quad (2.2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}, \quad (2.3)$$

Підставляючи данні у формулу (2.1) обчислюємо

$$\bar{x} = 32,52/280 = 0,116 \text{ мм}$$

Аналогічні розрахунки робимо за формулами (2.2) та (2.3):

$$\sigma^2 = \frac{4,256}{280} - 0,013 = 0,0022 \text{ мм}^2$$

$$\sigma = \sqrt{0,0022} = 0,0469 \text{ мм}$$

2.3 Визначення теоретичної функції щільності розподілу. Графічне зображення емпіричного і теоретичного розподілів

Вибір виду функції теоретичного розподілу залежить від уявлень про природу фізичного розкиду результатів вимірювань та аналізу цих результатів. При цьому враховуються загальні знання про закон розподілу та графічне зображення емпіричного розподілу, яке зазвичай представлене у формі гістограми. Шляхом порівняння форми кривої щільності теоретичного розподілу з гістограмою можна зробити попередні висновки про відповідність конкретного виду функції теоретичного розподілу.

Для графічного зображення емпіричного і теоретичного розподілів необхідно зробити розрахунки і записати їх у таблицю 2.2.

Для початку потрібно визначити емпіричну частоту P_i . Скористуємось формулою

$$P_i' = m_i / \sum_{i=1}^n m_i, \#(2.4)$$

Для визначення конкретних ймовірностей попадання результату вимірювання у певний інтервал використовуються табличні значення відповідної функції

$$\varphi(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2 * \pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}}, \quad (2.5)$$

При цьому

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}, \quad (2.6)$$

а ймовірність попадання результату вимірювання в i -ий інтервал величиною h дорівнює

$$P_i = h * \varphi_i(z), \quad (2.7)$$

Таблиця 2.2 – Результати обчислень

Номер інтервалу	Середина інтервалу x_i , мм	Частота m_i	Емпіричні частоти P'_i	$x_i - \bar{x}$	z_i	$\varphi(z)$	P_i
1	0,01	3	0,011	-0,106	-2,3	0,662	0,013
2	0,03	7	0,025	-0,086	-1,8	1,586	0,032
3	0,05	10	0,036	-0,066	-1,4	3,162	0,063
4	0,07	34	0,121	-0,046	-1,3	5,260	0,105
5	0,09	46	0,164	-0,026	-1,0	7,294	0,146
6	0,11	53	0,189	-0,006	-0,1	8,440	0,169
7	0,13	49	0,175	0,014	0,3	8,134	0,163
8	0,15	35	0,125	0,034	0,7	6,541	0,131
9	0,17	24	0,086	0,054	1,2	4,385	0,088
10	0,19	14	0,05	0,074	1,6	2,450	0,049
11	0,21	4	0,014	0,094	2,0	1,142	0,023
12	0,23	1	0,004	0,114	2,4	0,444	0,009

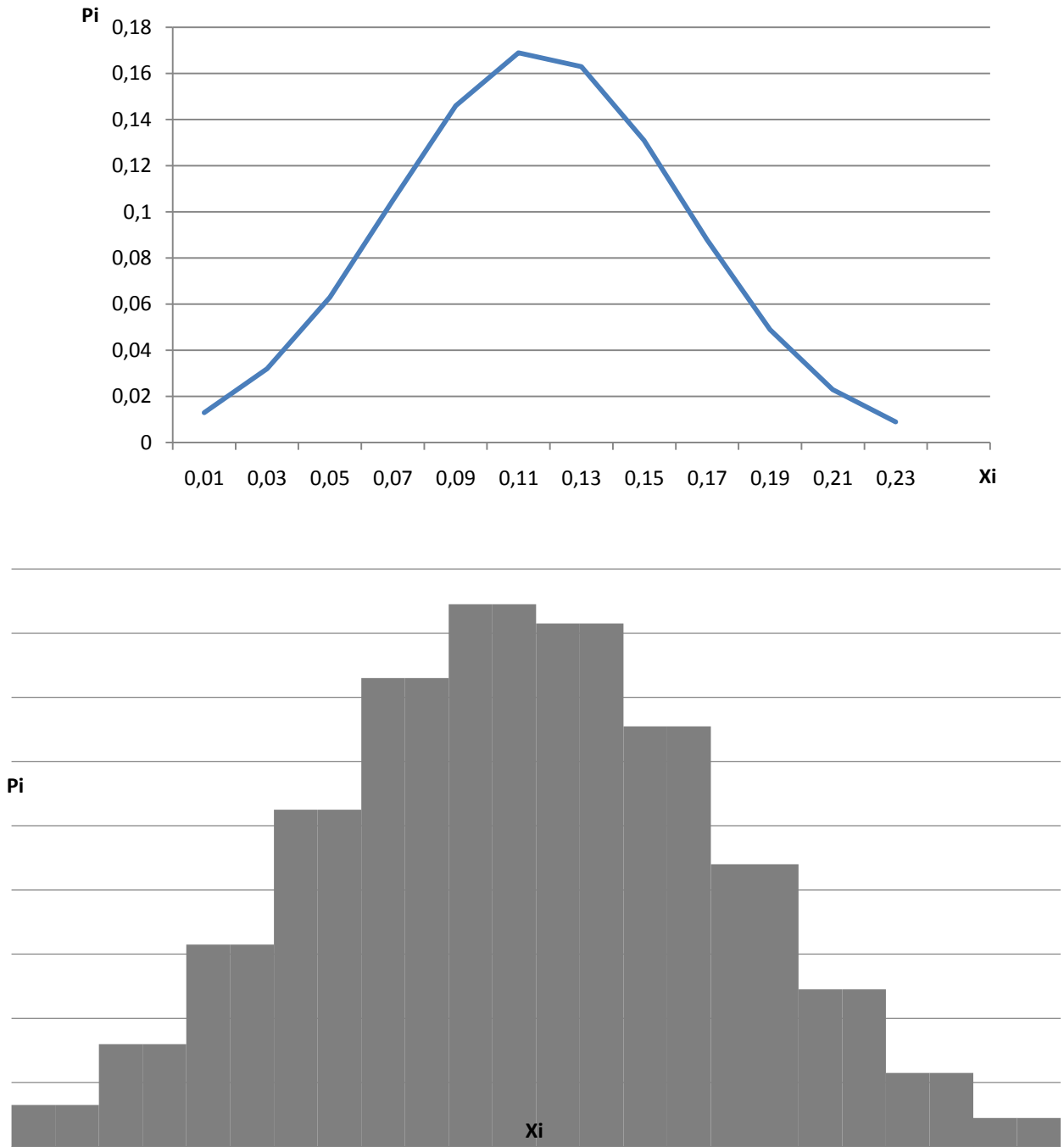


Рисунок 2.1 – Графічне зображення гістограми та полігонів розподілу

З ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

Обробляючи результати прямих вимірювань, ми знаходимо їх вибіркові середні значення, що є випадковими величинами. У випадку непрямих вимірювань шукана величина V є вибірковим середнім шуканої функції, і буде, також випадковою величиною. Задача, як і у випадку прямих вимірювань, полягає в тому, щоб визначити, з якою імовірністю шукана величина V може знаходитися в деякому заданому інтервалі. У загальному випадку ця задача досить складна, і ми обмежимося лише її наближеним рішенням. Середнє значення величини V знаходять шляхом підстановки середніх значень величин, що знаходять на основі прямих вимірювань.

Наприклад, визначити, як буде змінюватися загальна похибка вимірювання об'єму паралелограма, при таких змінах його параметрів: $h_i = 10; 9; 8; 7; 6; 5; 4; 3; 2; 1$.

При цьому об'єм паралелепіпеду $V = \text{const}$, а сторона визначається з виразу:

$$b_i = \frac{V}{a * h_i}$$

Абсолютні похибки визначення сторін прямокутника $\Delta h = \Delta a = \Delta b = 0,1$ мм.

Для визначення похибки використовують формули:

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial a} \Delta a + \frac{\partial V}{\partial b} \Delta b + \frac{\partial V}{\partial h} \Delta h$$

$$\Delta V_i = b_i h_i \Delta a + a h_i \Delta b + a b_i \Delta h$$

Визначити середньоквадратичну помилку можна за допомогою формули:

$$\Delta V_i' = \sqrt{b_i h_i \Delta a + a h_i \Delta b + a b_i \Delta h}$$

Підставляючи значення по варіанту, отримуємо результати, які представленні у таблиці 3.1.

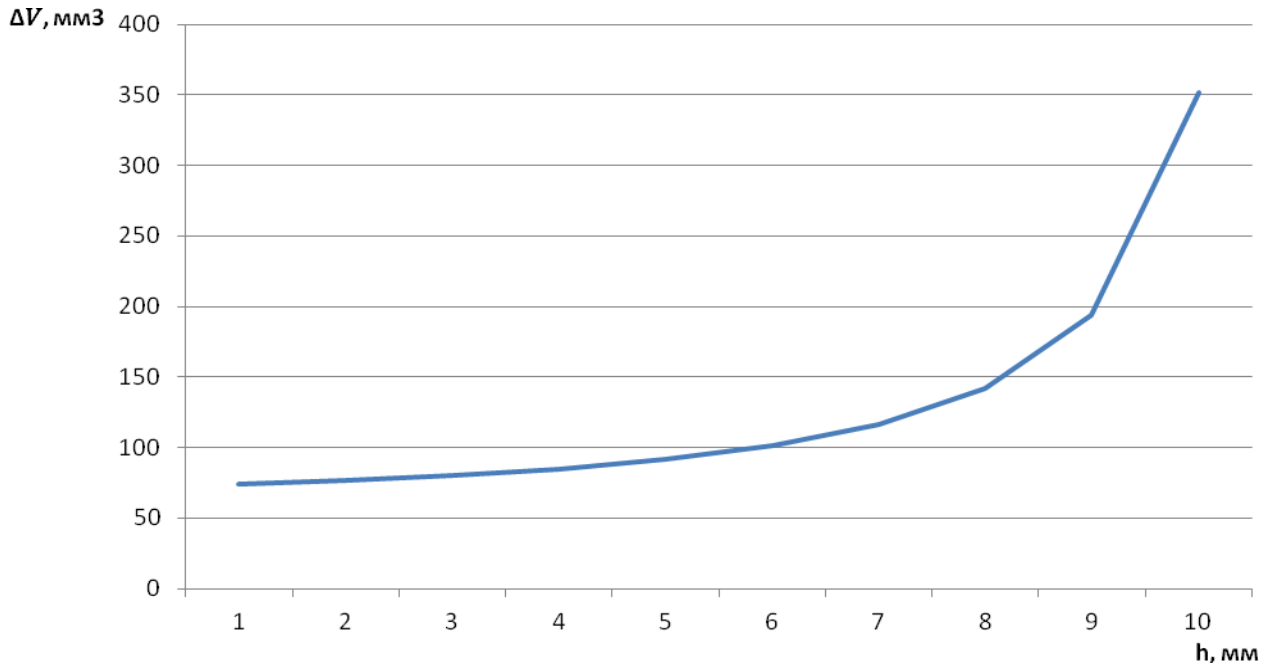
Визначити вклад кожної складової похибки в загальну похибку вимірювання об'єму можна, скориставшись формулою:

$$\frac{b_i h_i \Delta a}{\Delta V_i} + \frac{a h_i \Delta b}{\Delta V_i} + \frac{a b_i \Delta h}{\Delta V_i} = 1$$

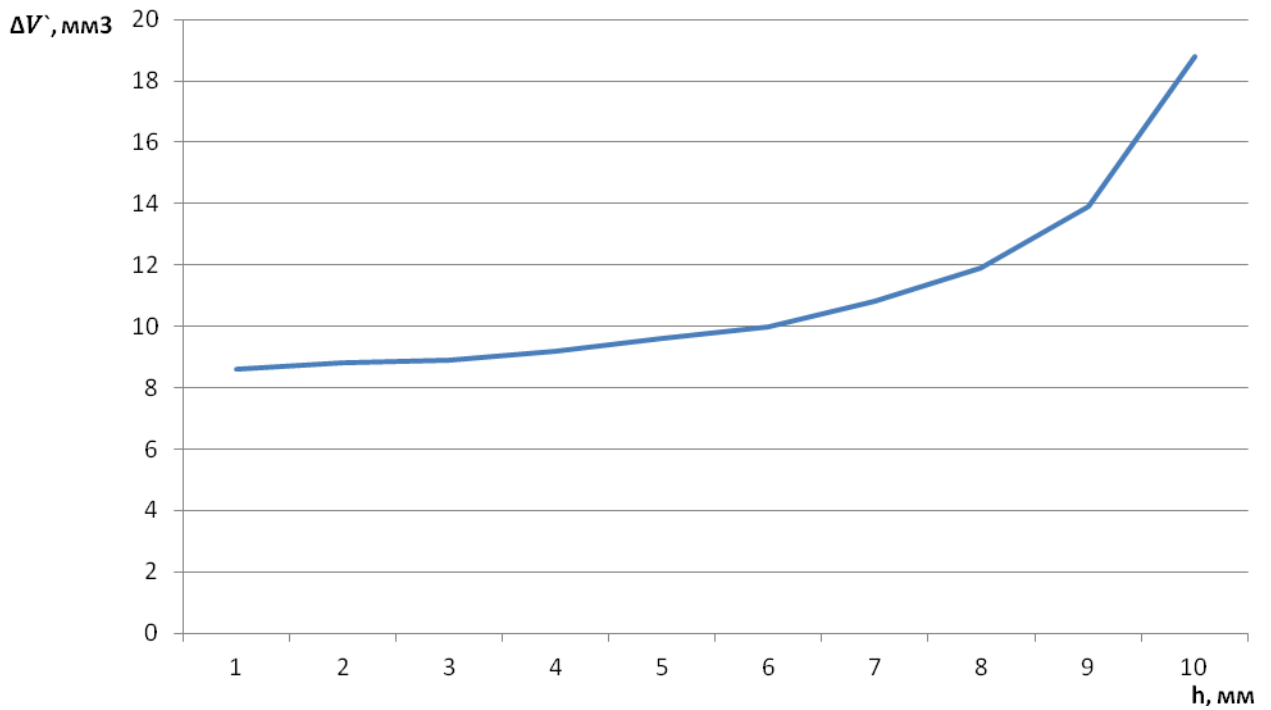
Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

№	Сторони паралелепіпеду, b_i	Значення похибки, ΔV_i	Результуюча похибка, $\Delta V_i'$
1	32	74	8,6
2	35,6	76,6	8,8
3	40	80	8,9
4	45,7	84,7	9,2
5	53,3	91,3	9,6
6	64	101	10
7	80	116	10,8
8	106,7	141,7	11,9
9	160	194	13,9
10	320	353	18,8

За результатами розрахунків побудовані графіки, які зображено на рисунку 3.1.



а)



б)

Рисунок 3.1 – Зміна загальної похибки непрямих вимірювань в залежності від h :
а) максимально можлива похибка; б) результуюча похибка

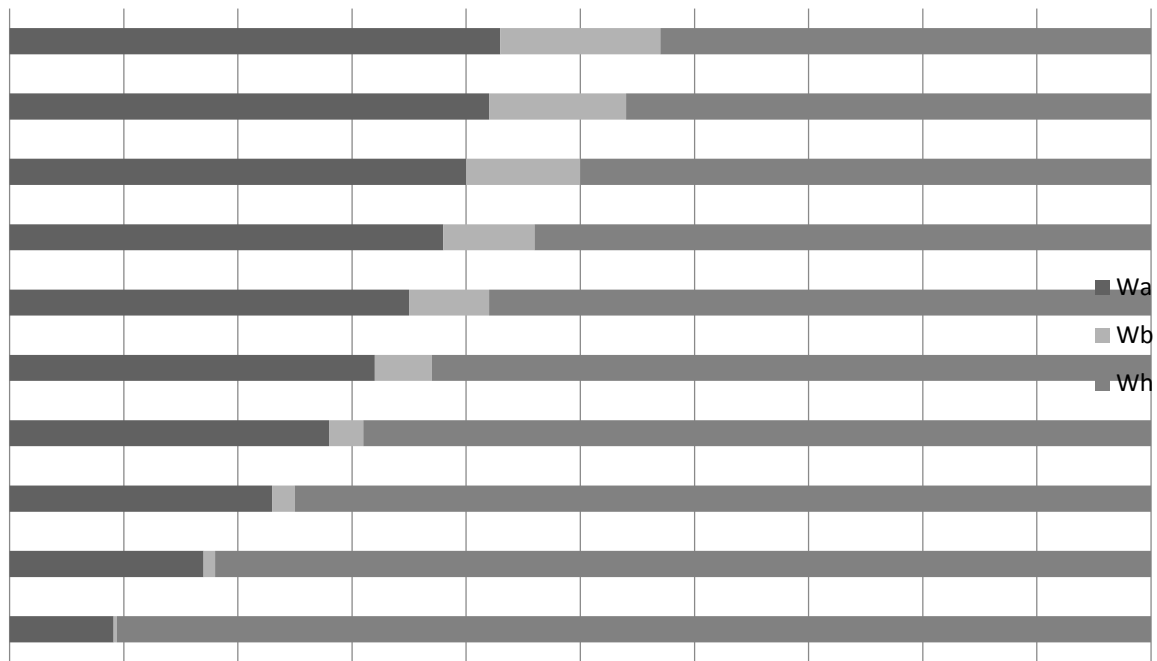


Рисунок 3.2 – Зміна вкладів складових загальної похибки непрямих вимірювань в залежності від h

Під час обробки результатів вимірювань через обмеженість числа зразків можуть використовуватись емпіричні оцінки статистичних характеристик, такі як емпіричне середнє і емпірична дисперсія. Це означає, що замість точного математичного очікування і дисперсії ми оперуємо наближеними значеннями, отриманими з експерименту.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ РОБОТІ З КОНТРОЛЬНО-ВИМІРЮВАЛЬНИМИ ПРИЛАДАМИ

Для забезпечення безпечної експлуатації і запобігання аварій та вибухів у посудинах, апаратах та трубопроводах, які працюють під тиском, необхідно встановити спеціальне обладнання, таке як запірні або запірно-регулюючі апаратура, запобіжні пристрої, прилади для вимірювання тиску, температури, рівня рідини та інші. Кількість, тип і розташування контрольно-вимірювальних приладів, запобіжних пристроїв і арматури визначається розробником проекту відповідно до конкретних умов експлуатації.

Посудини, які мають швидкознімні затвори, повинні бути обладнані запобіжними пристроями, які унеможливають вмикання посудини під тиском, якщо кришка не закрита повністю, а також запобігають відкриттю кришки, коли в посудині є тиск. Щоб уникнути перевищення допустимого тиску у посудинах, апаратах та трубопроводах, встановлюють пружинні або важільно-вантажні запобіжні клапани (рис. 4.1, а, б). Ці клапани автоматично відкриваються, якщо тиск перевищує встановлене значення, яке може бути налаштоване за допомогою гвинта стиснення пружини або завантаженого ваги на важіль клапана. Щоб уникнути впливу газу або пари на персонал під час спрацювання запобіжного клапана, до нього підключають пристрої, які відводять пар або газ до безпечного місця. Встановлення запірної арматури (кранів, засувки) між посудиною та запобіжним клапаном не допускається.

Посудини, які містять вибухонебезпечні та пожежонебезпечні речовини, а також випарники з вогневим або газовим нагріванням, повинні бути обладнані зворотним клапаном на підвідній лінії від насоса або компресора. Цей клапан автоматично закривається при тиску з посудини, що запобігає виходу речовин з посудини у разі падіння тиску в підвідній лінії. За принципом роботи клапани поділяються на підйомні (пружинні) та поворотні (рис. 4.1, в).

Якщо тиск у джерелі живлення, до якого під'єднана посудина, перевищує робочий тиск посудини, на підвідній лінії встановлюють редукційний клапан

(рис. 4.1, г). Цей клапан автоматично підтримує задане значення робочого тиску. За допомогою регулюючого маховичка 4, який діє на пружину 3, можна отримати пару або газ певного тиску на лінії за золотником 2.

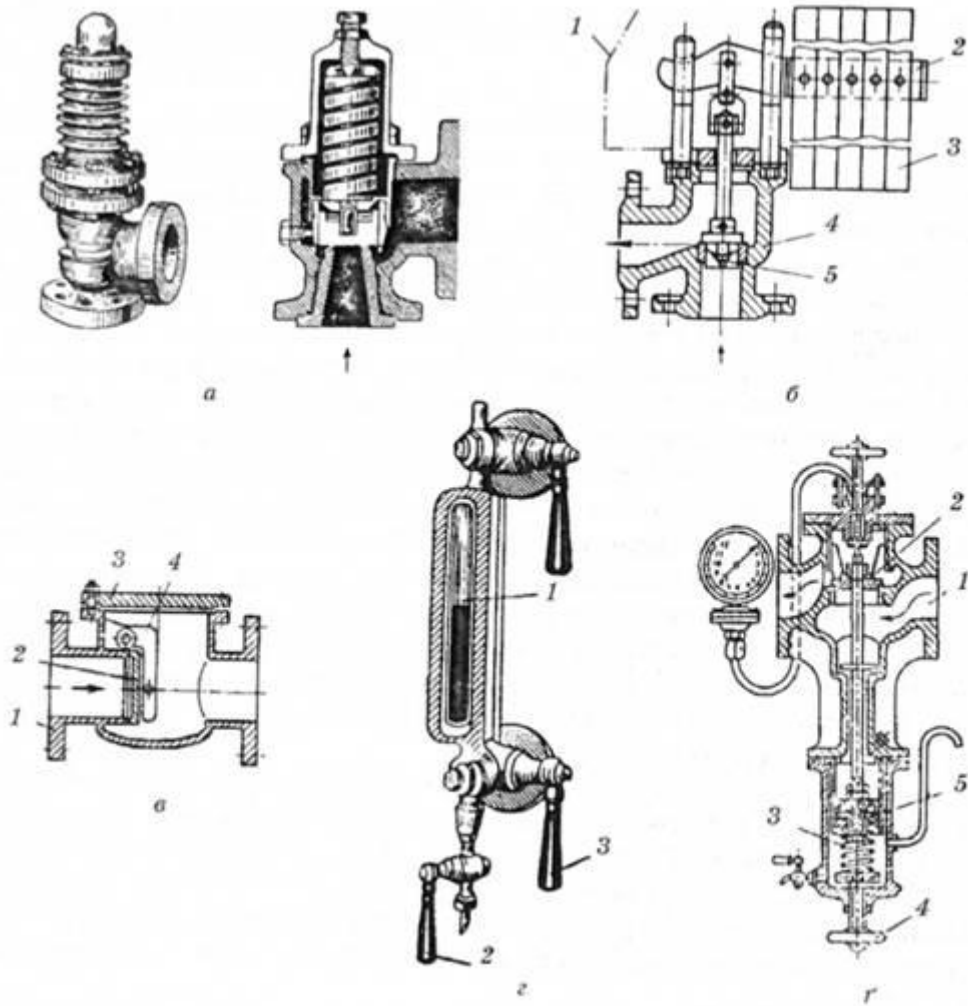
У випадку необхідності контролю рівня рідини в посудинах, де є межа поділу середовищ, використовують показчики рівня рідини (рис. 4.1, г). На посудинах, які піддаються нагріву вогнем або гарячими газами і можливо зниження рівня рідини нижче допустимого, повинно бути встановлено щонайменше два показчики рівня прямої дії. Кожен показчик рівня повинен мати вказані допустимі верхні та нижні рівні. Крім показчиків рівня, на посудинах можуть бути встановлені звукові, світлові та інші сигналізатори, а також блокування на основі рівня рідини.

Кожну посудину та окрему порожнину з різним тиском необхідно оснащувати манометрами, які є приладами для вимірювання тиску.

Манометри повинні відповідати класу точності, який залежить від робочого тиску посудини. Для посудин з робочим тиском до 2,5 МПа, манометри повинні мати клас точності не нижче 2,5. Для посудин з робочим тиском понад 2,5 МПа, клас точності манометрів повинен бути не нижче 1,5.

Необхідно вибирати манометри з шкалою таким чином, щоб межа вимірювання робочого тиску знаходилась приблизно в середині шкали. На шкалу манометра наноситься червона риска, яка індикатором робочого тиску у посудині.

Манометр розміщується у такому положенні, щоб його показники були ясно видимі для обслуговуючого персоналу.



а – пружинні запобіжні клапани;

б – важільно-вантажний запобіжний клапан: 1 – кожух; 2 – важіль; 3 – вантаж;
4 – сідло; 5 – золотник;

в – поворотний зворотний клапан: 1 – корпус; 2 – засув; 3 – кришка; 4 – серга;

г – показчик рівня води: 1 – скло; 2 – ручка спускного крана; 3 – ручка запірною крана;

д – редукційний клапан: 1 – канал; 2 – золотник; 3 – пружина; 4 – маховичок;
5 – поршень

Рисунок 4.1 – Контрольно-вимірювальні прилади та запобіжні пристрої

4.1 Основні положення техніки безпеки для працівників у лабораторії

Розміщення лабораторії в спеціально призначеному приміщенні забезпечує належний санітарний стан усіх робочих приміщень. У цьому випадку дотримуються основних вимог, запропонованих до освітленості приміщення, пристрою витяжних шаф та устаткуванням їх і всієї лабораторії приточно-витяжною вентиляцією. Крім того, передбачене вірне розміщення лабораторного устаткування та приладів, а отже, раціональне їх використання. Персонал лабораторії повинен мати досить високу кваліфікацію та навички практичної роботи. Оскільки багато робіт у лабораторії вимагають дотримання особливих запобіжних заходів, необхідно, щоб усі співробітники мали підготовку та знання щодо техніки безпеки.

На робочих місцях повинні бути вивішені короткі інструкції, що містять перелік безпечних прийомів основних видів робіт і заходу для запобігання пожежі. Реактиви та матеріали повинні зберігатися в лабораторії відповідно до їх особливостей. Концентровані кислоти, луги та інші реактиви, що виділяють шкідливі пари та гази, зберігають у невеликих кількостях тільки у витяжних шафах, у склянках із притертими пробками та захисними ковпачками. На робочих місцях повинні знаходитися реактиви, що не являють собою небезпеку, у кількостях, необхідних для аналізів. Вогнебезпечні реактиви (ефір, бензин, бензол, спирт) необхідно зберігати в окремому прохолодному приміщенні або в металевій шафі. Працювати з вогнебезпечними речовинами необхідно вкрай обережно, тому що їх випаровування мають здатність поширюватися на значні відстані та пламеніти. У приміщенні, де роблять аналіз, не слід запалювати пальників та обмежено використовувати інші джерела тепла. Для робіт з отрутами необхідно одержати дозвіл відповідних організацій та інструкцію з їх використання та збереження.

Забезпечення нормальних умов роботи з отруйними, вогнебезпечними та вибухонебезпечними речовинами в лабораторних і виробничих приміщеннях станцій обробки води досягається за допомогою відповідного обміну повітря.

Повітрообмін у приміщеннях передбачається також для підтримки визначеної температури та вологості повітря.

У випадку викиду токсичних газів обсяг свіжого повітря, що подається в приміщення, залежить від кількості отрутних газів, що виділяються в одиницю часу, і їх гранично допустимих концентрацій. При підтримці визначеної температури та вологості в приміщенні повітрообмін залежить від кількості, що виділяються в одиницю часу тепла та вологи.

При роботі з агресивними середовищами виробничий обслуговуючий персонал забезпечується спецодягом – костюмами, рукавицями, чоботами. Люди, що працюють на установках, у яких використовуються кислоти та кислі реагенти, повинні забезпечуватися костюмами (куртками, штанами), рукавицями з грубошерстого сукна та гумовим взуттям. Експлуатаційний персонал, зайнятий на установках, де застосовуються лужні реагенти, забезпечується бавовняними костюмами (комбінезонами, халатами) і рукавицями, а також гумовим взуттям.

Варто враховувати, що шкіряне взуття зовсім не застосовне для роботи з їдкими лугами, що вовняні тканини здатні сорбувати гази, наприклад, хлор.

Приймати їжу на робочих місцях та використовувати для цих цілей лабораторний посуд забороняється.

4.2 Надання першої допомоги при нещасних випадках

Перша допомога при опіках. В усіх випадках, коли обпалена значна частина тіла, треба негайно звернутися до лікаря.

1) Опіки від вогню та нагрітих предметів:

а) перший ступінь (почервоніння шкіри); на обпалену ділянку прикладають (змінюють) вату, що просочена етиловим спиртом (від 90 до 96 °С); можна користуватися чи денатуратом від 3 до 5 %-им розчином марганцевокислого калію;

б) другий ступінь (міхури); негайно, але обережно обробляють обпалене місце етиловим спиртом чи від 3 до 5 %-им розчином марганцевокислого калію;

в) третій ступінь (руйнування тканин); покривають рану стерильною пов'язкою та звертаються до лікаря.

2) Опіки кислотами. Негайно промити обпалене місце великою кількістю води, потім 2 %-им розчином двовуглекислого натрію. При сильному опіку звернутися до лікаря.

3) Опіки лугами. Негайно промити обпалене місце великою кількістю води, а потім 2 %-им розчином борної, оцтової чи лимонної кислотами.

4) Опіки очей. Негайно промити очі великою кількістю води; при опіку кислотою – 2 %-им розчином двовуглекислого натрію (питної соди); при опіку лугом – 2 %-им розчином борної кислоти. Негайно звернутися до лікаря.

5) Опіки рота та вуст кислотою чи лугом. У випадку влучення в рот кислоти необхідно полоскати рот водяною суспензією крейди чи окису магнію. При влученні луги полоскати рот 1 %-им розчином оцтової або лимонної кислоти. Випити молоко або білок.

Перша допомога при отруєнні. Якщо отруєння відбулося через стравохід, необхідно примусити потерпілого випити від 4 до 6 склянок теплої води та викликати блювоту. При отруєнні отрутними газами та парами летучих речовин (аміаку, бензолу, хлороформу, окислів азоту, промислово-побутового газу) потрібно перенести потерпілого на повітря, не допускаючи охолодження тіла, надати абсолютний спокій і давати вдихати кисень. Якщо подих припинився, робити штучне дихання. При отруєнні кислотами необхідно часто полоскати рот 5 %-вим розчином двовуглекислого натрію. В усіх випадках при отруєнні звертатися до лікаря.

У лабораторії повинна бути аптечка, що містить все необхідне для надання першої допомоги: бинти, вату, мазь від опіків, від 3 до 5 %-вим розчином марганцевокислого калію, 2 %-вий розчин борної кислоти, 2 %-вим розчином двовуглекислого натрію, 10 %-вий розчин нашатирного спирту, валеріанові краплі, 5 %-ву спиртову настойку йоду. На всіх склянках повинна бути етикетка з назвою вмісту та вказівкою застосування.

Перша допомога при пораненнях. Не промивати рану водою. Якщо можливо очистити рану (вийняти скло та інше), користаючись стерильною марлею чи пінцетом. Змазати шкіру навколо рани 3 %-вим спиртовим розчином йоду. При порізі присипати рану порошком білого стрептоциду та забинтувати, при сильній кровотечі накладити джгут, покрити рану стерильною пов'язкою та звернутися до лікаря. Основні міри першої допомоги при пораненнях приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Заходи першої допомоги при пораненнях

Поранення	Заходи першої допомоги
Невеликі порізи	Очистити рану механічно, використовуючи стерильну марлю. Змазати поверхню рани 3,5 %-ю йодною настоячкою. Промити водою з милом, присипати білим стрептоцидом або порошком іншого сульфаніламідного препарату, покрити стерильною марлею або бинтом.
Великі порізи із сильною кровотечею	Накласти джгут вище рани, покрити рану стерильною марлею. Викликати лікаря.

4.3 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Ризик аварійної ситуації може виникнути при таких обставинах: електричний удар, падіння з висоти, отримання термічних опіків та інші подібні небезпеки.

У разі виникнення такої ситуації необхідно негайно припинити виконання робіт, встановити захисне обмеження небезпечної зони, не допускати проникнення сторонніх осіб на територію цієї зони та негайно повідомити керівника робіт про виникнення події.

У разі наявності постраждалих осіб необхідно надати їм першу допомогу та, при необхідності, зателефонувати на номер екстреної медичної допомоги для виклику швидкої допомоги.

Надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

У випадку ураження електричним струмом, необхідно негайно забезпечити звільнення потерпілого від впливу електричного струму шляхом відключення електроустановки від джерела живлення. У разі, якщо відключення неможливе, важливо відтягнути потерпілого від струмоведучих частин, тримаючись за його одяг, або застосувати підручний ізоляційний матеріал.

У випадку відсутності дихання та пульсу у потерпілого, важливо негайно розпочати штучне дихання та зовнішній масаж серця. При проведенні цих процедур слід звернути увагу на стан зіниць. Розширені зіниці свідчать про раптове погіршення кровообігу в мозку. У такій ситуації важливо негайно розпочати реанімаційні заходи та одночасно викликати швидку медичну допомогу.

Перша допомога при пораненні.

Для надання першої допомоги при пораненні, необхідно розпакувати індивідуальний пакет з першою допомогою, вийняти стерильний перев'язочний матеріал, що міститься в ньому, та накласти його на поранену ділянку. Потім слід надіти бинт навколо рани, щоб забезпечити її захист і фіксацію.

Якщо індивідуальний пакет відсутній, то для перев'язки можна використовувати доступні матеріали, такі як чисту носову хустинку, чисту полотняну ганчірку і т.д. Для покриття рани безпосередньо можна накапати декілька крапель настойки йоду на ганчірку, щоб утворилася пляма більшого розміру, ніж сама рана, а потім накласти ганчірку на поранену ділянку. Особливо важливо використовувати настойку йоду таким чином при забруднених ранах.

Перша допомога при переломах, вивихах, ударах.

При переломах і вивихах кінцівок необхідно зафіксувати травмовану кінцівку за допомогою шини, фанерної пластинки, палиці, картону або подібного

предмета. Також можна підвісити травмовану руку за допомогою перев'язки або хустки до шиї і прибинтувати її до тулуба.

При підозрі на перелом черепа (несвідомий стан після удару в голову, кровотеча з вух або роту), рекомендується нанести холодний предмет на голову, такий як холодну компресію з льоду, снігу або холодну воду.

Якщо виникає підозра на перелом хребта, важливо розташувати потерпілого на жорсткій поверхні, такий як дошка, без підняття його або обертання на живіт, з обличчям вниз. Водночас слід стежити, щоб тулуб не згинався, щоб уникнути можливих ушкоджень спинного мозку.

При наявності перелому ребер, що характеризується болем під час дихання, кашлю, чханні або рухах, рекомендується щільно пов'язати груди або стиснути їх рушником під час видиху.

Надання першої допомоги при теплових опіках.

При опіках від вогню, пари або гарячих предметів необхідно уникати відкривання утворених пухирів та перев'язування опіків бинтом.

При легких опіках (першого ступеня), які проявляються почервонінням шкіри, можна обробити уражену ділянку ватою, змоченою етиловим спиртом.

При помірних опіках (другого ступеня) з утворенням пухирів, рекомендується обробити пошкоджену область спиртом, марганцевим розчином або 5 %-им розчином таніну.

При важких опіках (третього ступеня) зі зруйнуванням шкіряної тканини, необхідно накрити рану стерильною пов'язкою і негайно звернутися до лікаря.

Перша допомога при кровотечі.

Щоб зупинити кровотечу, слід виконати такі дії:

- підняти поранену кінцівку вгору;
- закрити кровоточиву рану перев'язочним матеріалом з індивідуального пакету, склавши його у клубочок. Придавити рану зверху, уникаючи контакту з самою раною, і утримувати так протягом від 4 до 5 хвилин. Якщо кровотеча зупинилася, залишити накладений матеріал на місці та додати

ще одну подушечку з іншого пакету або кусок вати поверх нього. Затиснути рану та забинтувати її з певним натиском;

– при сильній кровотечі, яку неможливо зупинити за допомогою пов'язки, застосовується здавлювання кровеносних судин, що живлять поранену область, шляхом згинання кінцівок в суглобах або за допомогою пальців, джгута або закрутки. У разі великої кровотечі необхідно негайно викликати лікаря.

У разі виникнення пожежі важливо негайно зателефонувати до пожежної служби і розпочати гасіння за допомогою наявних засобів пожежогасіння. Важливо дотримуватись всіх інструкцій та вказівок, що надаються керівником робіт з ліквідації небезпеки.

ВИСНОВКИ

У процесі обробки результатів вимірювань, через обмеженість доступних даних, були використані емпіричне середнє і емпірична дисперсія як наближені значення до математичного очікування і дисперсії відповідно. Такі оцінки були отримані в ході проведених досліджень.

Для побудови графічного зображення теоретичного розподілу було зроблено попереднє судження про вид функції щільності теоретичного розподілу, визначалася конкретна функція щільності ймовірності, використовуючи отримані раніше емпіричні характеристики, визначалися теоретичні значення ймовірностей попадання результатів вимірювань в той чи інший інтервал.

Під час обробки результатів вимірювань через обмеженість числа зразків можуть використовуватись емпіричні оцінки статистичних характеристик, такі як емпіричне середнє і емпірична дисперсія. Це означає, що замість точного математичного очікування і дисперсії ми оперуємо наближеними значеннями, отриманими з експерименту.

Після отримання емпіричних характеристик можна побудувати графічне зображення теоретичного розподілу. Спочатку робиться попереднє судження про форму функції щільності теоретичного розподілу, що відповідає збірним даним. Наступною кроком є вибір конкретної функції щільності ймовірності, використовуючи отримані емпіричні характеристики. За допомогою цієї функції щільності ймовірності можна розрахувати теоретичні значення ймовірностей попадання результатів вимірювань в різні інтервали.

Важливо відзначити, що цей підхід базується на припущенні про форму розподілу даних та може бути обмежений обраною моделлю. Також слід враховувати, що точність побудованого теоретичного розподілу залежить від кількості доступних даних та правильності припущень, зроблених про форму розподілу.

Отже, побудова графічного зображення теоретичного розподілу вимагає апроксимації даних та вибору підходящої функції щільності ймовірності на основі емпіричних оцінок характеристик вимірювань.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Левицький І. М. Метрологія, вимірювання і нормалізація / Левицький І. М. – К.: Либідь, 2010.
2. Чорний М. В. Основи метрології / Чорний М. В. – К.: Техніка, 2012.
3. Мельник О. І. Метрологія та вимірювальна техніка / Мельник О. І. – К.: Видавництво Університету "Львівська політехніка", 2014.
4. Коваленко Л. І. Вимірювальні пристрої та метрологічний контроль / Коваленко Л. І. – К. : Видавництво "Київський університет", 2008.
5. Зеркалов Д. В. Безпека праці. Монографія. – К.: «Основа». 2012. – 637 с.
6. Міжнародний словник з метрології JCGM 200:2012

ДОДАТОК А Ілюстративний матеріал до дипломної роботи



Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Механічний факультет

Кафедра метрології та безпеки життєдіяльності

Ілюстративний матеріал до дипломної роботи

**ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ВИМІРЮВАНЬ**

Завідувач кафедри: канд. техн. наук, доцент



О. І. Богатов

Нормоконтролер: канд. техн. наук



М. В. Москаленко

Керівник: канд. техн. наук, доцент



І. В. Грайворонська

Студент гр. ММ-41-19



Б. Д. Ребрик

Харків – 2023

Мета роботи – вдосконалення методики оброблення результатів технологічних вимірювань.

Завдання дослідження: визначення емпіричних характеристик прямих вимірювань, визначення теоретичної функції щільності розподілу, визначення похибки за результатами непрямих вимірювань.

Через обмеженість числа результатів вимірювань при обробці замість математичного очікування і дисперсії одержують наближені до них відповідно емпіричне середнє і емпіричну дисперсію, що й було зроблено в ході роботи.

Для побудови графічного зображення теоретичного розподілу було зроблено попереднє судження про вид функції щільності теоретичного розподілу, визначалася конкретна функція щільності ймовірності, використовуючи отримані раніше емпіричні характеристики, визначалися теоретичні значення ймовірностей попадання результатів вимірювань в той чи інший інтервал.

Послідовність обробки результатів

Номер інтервалу	Границі інтервалів, мм		Середина інтервалу x_i	Частота m_i	$m_i * x_i$	$m_i * x_i^2$
	Понад	До (включно)				
1	0,00	0,02	0,01	3	0,03	0,0003
2	0,02	0,04	0,03	7	0,21	0,0063
3	0,04	0,06	0,05	10	0,5	0,0250
4	0,06	0,08	0,07	34	2,38	0,1666
5	0,08	0,10	0,09	46	4,14	0,3726
6	0,10	0,12	0,11	53	5,83	0,6413
7	0,12	0,14	0,13	49	6,37	0,8281
8	0,14	0,16	0,15	35	5,25	0,7875
9	0,16	0,18	0,17	24	4,08	0,6936
10	0,18	0,20	0,19	14	2,66	0,5054
11	0,20	0,22	0,21	4	0,84	0,1764
12	0,22	0,24	0,23	1	0,23	0,0529
Сума				280	32,52	4,256

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i * x_i}{\sum_{i=1}^n m_i}$$

$$\sigma^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n m_i * x_i^2}{\sum_{i=1}^n m_i} \right) - \bar{x}^2$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$$

$$\bar{x} = 32,52/280 = 0,116 \text{ MM}$$

$$\sigma^2 = \frac{4,256}{280} - 0,013 = 0,0022 \text{ MM}^2$$

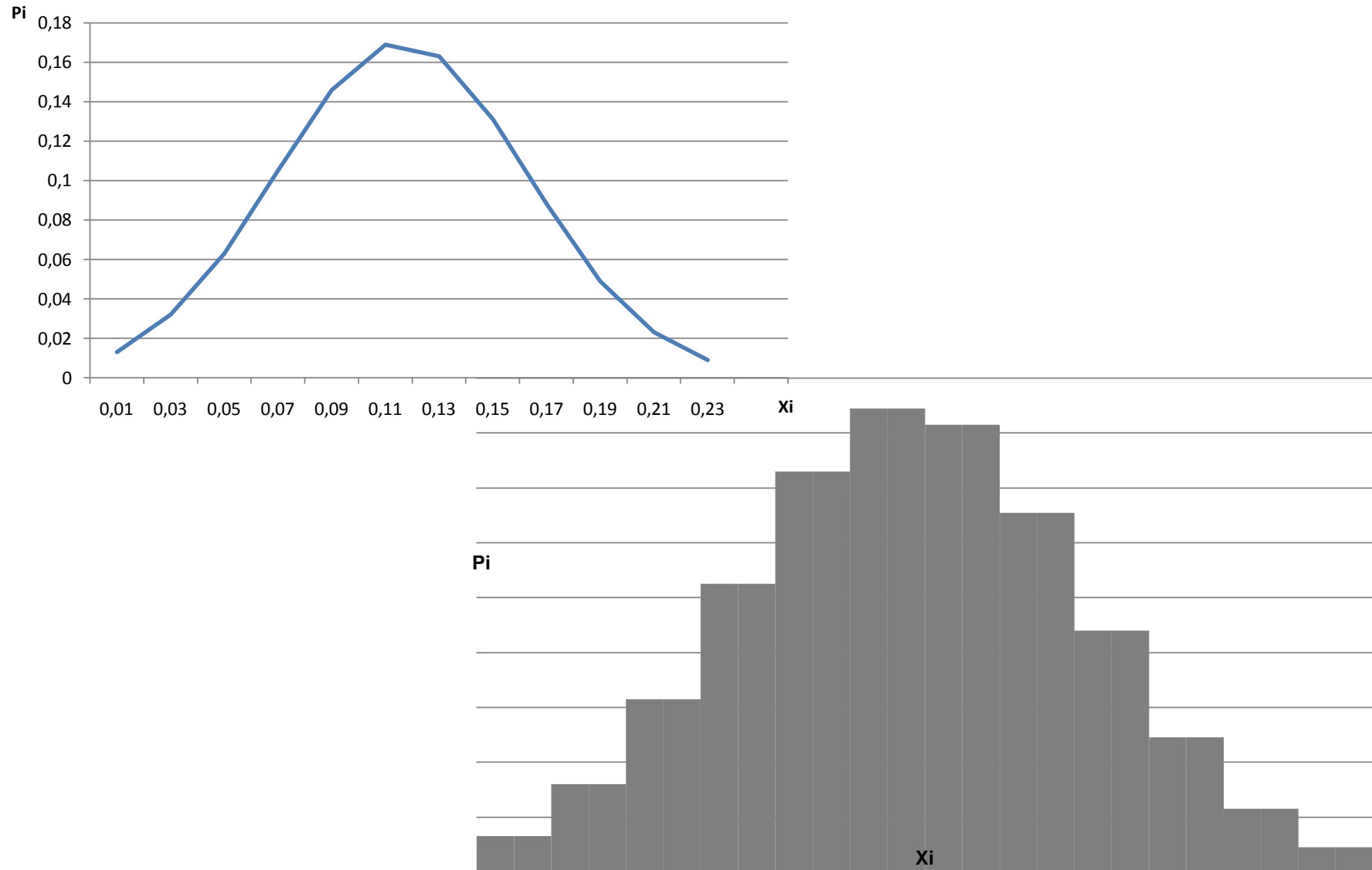
$$\sigma = \sqrt{0,0022} = 0,0469 \text{ MM}$$

$$P'_i = m_i / \sum_{i=1}^n m_i \quad \varphi(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2*\pi}} e^{-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma^2}} \quad z_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma} \quad P_i = h * \varphi_i(z)$$

Результати обчислень

Номер інтервалу	Середина інтервалу x_i , мм	Частота m_i	Емпіричні частоти P'_i	$x_i - \bar{x}$	z_i	$\varphi(z)$	P_i
1	0,01	3	0,011	-0,106	-2,3	0,662	0,013
2	0,03	7	0,025	-0,086	-1,8	1,586	0,032
3	0,05	10	0,036	-0,066	-1,4	3,162	0,063
4	0,07	34	0,121	-0,046	-1,3	5,260	0,105
5	0,09	46	0,164	-0,026	-1,0	7,294	0,146
6	0,11	53	0,189	-0,006	-0,1	8,440	0,169
7	0,13	49	0,175	0,014	0,3	8,134	0,163
8	0,15	35	0,125	0,034	0,7	6,541	0,131
9	0,17	24	0,086	0,054	1,2	4,385	0,088
10	0,19	14	0,05	0,074	1,6	2,450	0,049
11	0,21	4	0,014	0,094	2,0	1,142	0,023
12	0,23	1	0,004	0,114	2,4	0,444	0,009

Графічне зображення гістограми та полігонів розподілу



ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ НЕПРЯМИХ ВИМІРЮВАНЬ

Як буде змінюватися загальна похибка вимірювань об'єму паралелограма, при таких змінах його параметрів: $h_i = 10; 9; 8; 7; 6; 5; 4; 3; 2; 1$. При цьому об'єм паралелепіпеду $V = \text{const}$, а сторона визначається з виразу:

$$b_i = \frac{V}{a * h_i}$$

Абсолютні похибки визначення сторін прямокутника $\Delta h = \Delta a = \Delta b = 0,1$ мм.

Для визначення похибки використовують формули:

$$\Delta V = \frac{\partial V}{\partial a} \Delta a + \frac{\partial V}{\partial b} \Delta b + \frac{\partial V}{\partial h} \Delta h$$

$$\Delta V_i = b_i h_i \Delta a + a h_i \Delta b + a b_i \Delta h$$

Визначити середньоквадратичну помилку можна за допомогою формули:

$$\Delta V'_i = \sqrt{b_i h_i \Delta a + a h_i \Delta b + a b_i \Delta h}$$

Визначити вклад кожної складової похибки в загальну похибку вимірювань об'єму можна, скориставшись формулою:

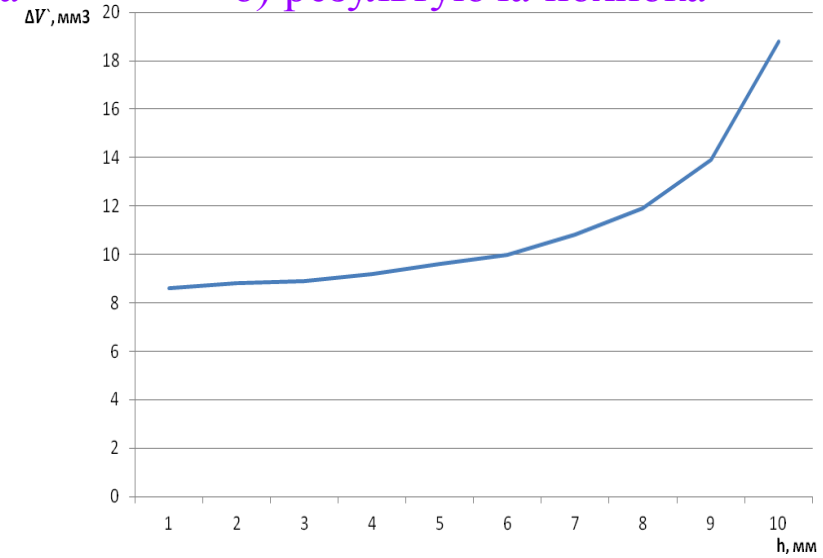
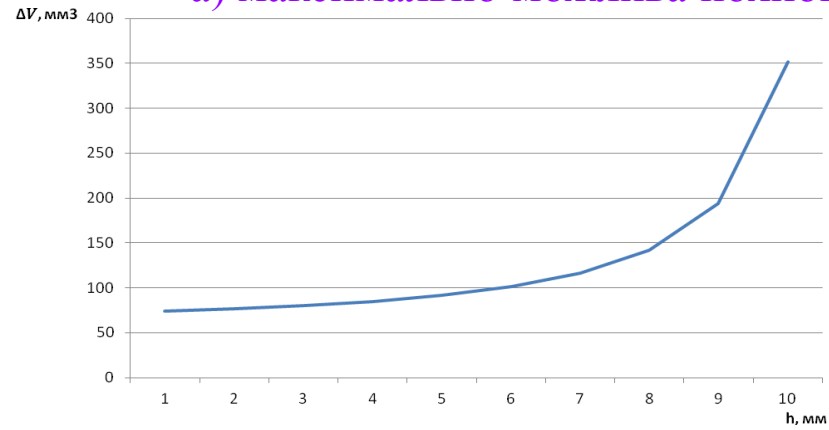
$$\frac{b_i h_i \Delta a}{\Delta V_i} + \frac{a h_i \Delta b}{\Delta V_i} + \frac{a b_i \Delta h}{\Delta V_i} = 1$$

Результати розрахунків

№	Сторони паралелепіпеду, b_i	Значення похибки, ΔV_i	Результуюча похибка, $\Delta V_i'$
1	32	74	8,6
2	35,6	76,6	8,8
3	40	80	8,9
4	45,7	84,7	9,2
5	53,3	91,3	9,6
6	64	101	10
7	80	116	10,8
8	106,7	141,7	11,9
9	160	194	13,9
10	320	353	18,8

Зміна загальної похибки непрямих вимірювань в залежності від h :

а) максимально можлива похибка б) результуюча похибка



Зміна вкладів складових загальної похибки непрямих вимірювань в залежності від h

ВИСНОВКИ

Під час обробки результатів вимірювань через обмеженість числа зразків можуть використовуватись емпіричні оцінки статистичних характеристик, такі як емпіричне середнє і емпірична дисперсія. Це означає, що замість точного математичного очікування і дисперсії ми оперуємо наближеними значеннями, отриманими з експерименту.

Після отримання емпіричних характеристик можна побудувати графічне зображення теоретичного розподілу. Спочатку робиться попереднє судження про форму функції щільності теоретичного розподілу, що відповідає збірним даним. Наступною кроком є вибір конкретної функції щільності ймовірності, використовуючи отримані емпіричні характеристики. За допомогою цієї функції щільності ймовірності можна розрахувати теоретичні значення ймовірностей попадання результатів вимірювань в різні інтервали.

Важливо відзначити, що цей підхід базується на припущенні про форму розподілу даних та може бути обмежений обраною моделлю. Також слід враховувати, що точність побудованого теоретичного розподілу залежить від кількості доступних даних та правильності припущень, зроблених про форму розподілу.

Отже, побудова графічного зображення теоретичного розподілу вимагає апроксимації даних та вибору підходящої функції щільності ймовірності на основі емпіричних оцінок характеристик вимірювань.