Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра (автоматизації, метрології та енергоефективних технологій)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

«Інформаційна система калібрування та повірки засобів вимірювань з віддаленим доступом»
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент _2_ курсу, групи ДЕА-Ів23мг
спеціальності: 175 Інформаційно-вимірювальні технології_____
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

_____/__Денис ФЕДОРОВ____
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/_Віктор ХОМЕНКО____
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/_____
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/Геннадій КАНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль_____/Олена ПРОКОПЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/_____
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра автоматизації, метрології та енергоефективних технологій
Спеціальність 175 Інформаційно-вимірювальні технології
Освітньо-професійна програма «Якість, стандартизація та сертифікація»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____
(підпис)

д.т.н., проф. Геннадій КАНЮК
«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу (дипломну роботу/дипломний проєкт)
другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу (ці) вищої освіти _____Денису ФЕДОРОВУ _____
(ім'я, прізвище)

1. Тема «Інформаційна система калібрування та повірки засобів вимірювань з віддаленим доступом»
затверджена наказом по університету № 4801-5/3345 від «12» жовтня 2024 р.
2. Термін здачі закінченої роботи «05» грудня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи/проєкту: Об'єктом цього дослідження є програмно-апаратний комплекс для калібрування з віддаленим доступом вольтметрів. Виконується дана робота шляхом створення програми для PXI серед розробки LabVIEW.
4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, що їх належить розробити): Аналітичний огляд літератури.. Огляд законодавства. Побудова алгоритму роботи програми. Програмування у середовищі розробки LabVIEW. Програмування контролера. Соціальна відповідальність.
5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал): Презентація, виконана в програмі Microsoft PowerPoint
6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
1	Віктор ХОМЕНКО			

7. Дата видачі завдання «02» вересня 2024 р.

Керівник роботи _____Віктор ХОМЕНКО___
(підпис) (ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання _____Денис ФЕДОРОВ_____
(підпис) (ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи
(дипломної роботи/дипломного проєкту)

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Аналітичний огляд літератури	12.10.2024-19.10.2024	
2	Огляд законодавства	19.10.2024 – 30.10.2024	
3	Побудова алгоритму роботи програми	30.10.2024 – 07.11.2024	
	Програмування у середовищі розробки LabVIEW	08.11.2024-15.11.2024	
	Програмування контролера	15.11.2024-22.11.2024	
	Соціальна відповідальність	22.11.2024-30.11.2024	
7	Оформлення пояснювальної записки та презентації	До 04.12.2024	

Здобувач (ка) вищої освіти _____ Денис ФЕДОРОВ
(підпис) (ім'я, прізвище)

Нормоконтроль _____ Олена ПРОКОПЕНКО
(підпис) (ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

до магістерської роботи на тему

«Забезпечення та підтримання необхідного рівня якості виробів Харківського підшипникового заводу»

Денис ФЕДОРОВ

Магістерська робота складається з 62 сторінка, 10 рисунків, 8 таблиць, список літератури містить 19 джерел**.**

Робота присвячена дослідженню програмно-апаратний комплексу для калібрування з віддаленим доступом вольтметрів.

У процесі дослідження було вивчено законодавчу базу калібрування вольтметрів. Також було розроблено програму в середовищі LabVIEW. Цю програму було використано для програмування PXI.

У результаті було розроблено програмно-апаратний комплекс калібрування з віддаленим доступом вольтметрів.

Результати цієї роботи можуть застосовуватися для надання послуг з калібрування.

Розроблення сприяють розвитку нових технологій забезпечення єдності вимірювань, які дадуть змогу значно скоротити витрати на передачу одиниці фізичної величини.

КАЛІБРУВАННЯ З ВІДДАЛЕНИМ ДОСТУПОМ, ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ КОМПЛЕКС, КАЛІБРУВАННЯ, МЕТРОЛОГІЯ, ЗАСІБ ВИМІРЮВАНЬ, ЕЛЕКТРИЧНІ ВЕЛИЧИНИ, LABVIEW, ВИМІРЮВАННЯ.

ABSTRACT

for the Master's thesis on the topic

"Ensuring and maintaining the necessary level of quality of products of the Kharkiv Bearing Plant"

Denis FEDOROV

The Master's thesis consists of 62 pages, 10 figures, 8 tables, and the reference list contains 19 sources.

The work is devoted to the study of the hardware and software complex for calibrating voltmeters with remote access.

In the course of the research, the legal framework for calibrating voltmeters was studied. A program was also developed in the LabVIEW environment. This program was used to program the PXI.

As a result, a software-hardware calibration complex with remote access of voltmeters was developed.

The results of this work can be used to provide calibration services.

Developments contribute to the development of new technologies for ensuring the unity of measurements, which will make it possible to significantly reduce the costs of transmitting a unit of physical quantity.

CALIBRATION WITH REMOTE ACCESS, SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX, CALIBRATION, METROLOGY, MEASURING INSTRUMENT, ELECTRICAL QUANTITIES, LABVIEW, MEASUREMENT

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1. МЕРЕЖА «ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ» 10

1.1 Загальні відомості 10

1.2 Використання інформаційних систем 11

Висновки по розділу 13

2 НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ 15

2.1 Загальні відомості 15

2.2 Порівняння з похибкою 16

2.3 Розрахунок невизначеності 18

2.4 Рекомендації 22

Висновки по розділу 25

3 КАЛІБРУВАННЯ З ВІДДАЛЕНИМ ДОСТУПОМ 27

3.1 Загальні відомості 27

3.2 Приклад реалізації 29

3.3 Програмно-апаратний комплекс 31

3.4 Програмна частина 34

Висновок по розділу 40

4 СОЦІАЛЬНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ 42

4.1 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки 42

4.1.1 Спеціальні правові норми трудового законодавства 42

4.1.2 Організаційні заходи під час компонування робочої зони 43

4.2 Виробнича безпека 45

4.2.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів 45

4.2.2 Відхилення показників мікроклімату 46

4.2.3 Перевищення рівня шуму 48

4.2.4 Недостатня освітленість робочої зони та відсутність або брак природного світла 50

4.2.5 Рівень електромагнітних полів 51

4.2.6 Підвищене значення напруги в електричному колі 52
4.3 Екологічна безпека 53
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях 54
Висновок по розділу 56
ВИСНОВОК 59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛОшибка! Закладка не определена.

ВСТУП

Забезпечення єдності вимірювань є ключовим фактором розвитку науки і техніки. Пов'язано це з повсюдним використанням різних засобів вимірювань практично в усіх сферах діяльності. Однак ця система тривалий час не зазнавала серйозних змін, що призвело до морального і технічного старіння. Як правило, всі нововведення були пов'язані з удосконаленням еталонів первинних еталонів. Одним із таких прикладів є рішення засідання 26-ї Генеральної конференції з мір і ваг щодо відмови від матеріального еталона кілограма на користь його визначення через постійну Планка [1]. Однак варто розуміти, що на пересічного власника засобу вимірювань, як споживача послуги повірки або калібрування, ці рішення ніяк не впливають. Як і будь-якого споживача, власника засобу вимірювань цікавлять насамперед якість і швидкість надання послуг. І якщо з якістю метрологічних послуг усе гаразд, то швидкість надання послуг залишає бажати кращого. Це серйозна проблема для споживача, оскільки він позбавляється засобу вимірювань, коли здає його на повірку або калібрування. Найчастіше, це призводить до значних втрат через відсутність засобів вимірювань, які регулярно використовуються на робочому місці.

Ґрунтуючись на цьому, можна зробити висновок про те, що система, яка функціонує на поточний момент, є недостатньо ефективною. Вирішенням цієї проблеми може стати перехід до нових технічних рішень і використання інформаційних систем. Одним із таких рішень є використання програмованих засобів вимірювань, які відкривають нові можливості для передачі одиниці фізичної величини. Однією з таких можливостей є калібрування з віддаленим доступом як частина концепції Інтернет речей. Ця концепція передбачає

калібрування і повірку засобів вимірювань з віддаленим доступом по мережі високошвидкісного інтернету. Раніше використання цієї технології було неможливим через недостатню технологічну базу. Однак на сьогоднішній день програмовані засоби вимірювань набирають все більшої популярності. Також важливу роль у використанні цієї системи відіграє загальнодоступність інтернету.

Оскільки описане вище має на увазі повсюдне використання програм, результати вимірювань будуть представлені в електронному вигляді. Ця особливість дає змогу відмовитися від паперових носіїв інформації на користь електронних. Також цьому сприяє величезна кількість розроблених на сьогоднішній день баз даних і систем захисту, які дають змогу створювати інформаційні системи для внесення, зберігання і перегляду інформації про засоби вимірювань, які використовуються.

Мета даної роботи - розробка програмно-апаратного комплексу для калібрування з віддаленим доступом вольтметрів/

Об'єкт дослідження - програмно-апаратний комплекс для калібрування вольтметрів з віддаленим доступом.

Для досягнення вищевказаної мети вирішувалися такі **завдання**:

1. Провести аналітичний огляд літератури.
2. Провести загальний огляд законодавств.
3. Провести побудову алгоритму роботи програми.
4. Програмування у середовищі розробки LabVIEW.
5. Програмування контролера.
6. Соціальна відповідальність.

1. МЕРЕЖА «ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ»

1.1 Загальні відомості

Прагнення підвищити ефективність процесів призвело до підключення багатьох пристроїв до мережі Інтернет. Ця інновація так швидко набрала популярності, що сьогодні підключенням до мережі обладнують не стільки виробничу апаратуру, скільки побутові речі. Таким чином, можливість відстежувати і вести управління пристроями дистанційно перейшла з можливості в необхідність. І справді, на поточний момент дедалі більше організацій використовують інтернет речі. Виходячи зі статті [2] можна зробити висновок про те, що щорічне зростання кількості Інтернет Речей має експоненціальну залежність. У даній роботі сказано, що ґрунтуючись на цьому можна припустити, що кількість Інтернет Речей у 2030 році сягне 7 трлн., за умови, що цей процес відповідатиме розвитку технологій широкосмугового доступу.

Термін "Інтернет речей" придумав і ввів в обіг Центр автоматичної ідентифікації при Массачусетському технологічному інституті США [3]. Ця концепція передбачає мережу речей, які взаємодіють одна з одною і можуть приймати рішення без безпосередньої участі людини. Мережа "Інтернету речей" не є відкритим середовищем, оскільки складається з безлічі закритих рішень. "Розумні" об'єкти здатні взаємодіяти один з одним тільки в рамках цих рішень.

Однак існує безліч перешкод для розвитку цієї технології. Однією з таких проблем є витрати на впровадження цієї системи, які бере на себе користувач. Мало хто наважиться на відмову від старої та налагодженої системи на користь нової, що кардинально змінює всю

систему взаємодій. Також багато організацій не готові зберігати і передавати конфіденційну інформацію мережею Інтернет, оскільки це значно збільшує ризик витоку цієї інформації або маніпуляцій з інформаційним продуктом. Звісно, над вирішенням усіх цих проблем уже ведеться робота, однак, на поточний момент не можна з упевненістю стверджувати, що всі проблеми, пов'язані з використанням "Інтернету речей", вирішено.

Підключення розумних пристроїв до Інтернету може бути реалізовано двома способами: шляхом використання сервера в самому пристрої, або через "проміжний повнофункціональний вузол прямої і зворотної дії". Цей шлюз потрібен для того, щоб обмінюватися даними з датчиком, використовуючи інтерфейс датчика, а потім, використовуючи свій сервер, підключатися до Інтернету. Також цей шлюз дає змогу інтегрувати безліч компонентів і пристроїв.

1.2 Використання інформаційних систем

Забезпечення єдності вимірювань є одним із найважливіших напрямів розвитку для підтримання стабільного розвитку науки і виробництва в країні. Сьогодні відносини у сфері забезпечення єдності вимірювань регулює закон № 30, ст.1008 Про метрологію та метрологічну діяльність. Цей Закон [4]. За цим законом кожен засіб вимірювань, що використовується у сфері державного регулювання забезпечення єдності вимірювань, має проходити періодичну повірку. Постійне збільшення кількості використовуваних засобів вимірювань і збільшення кількості операцій оформлення результатів значно збільшили терміни проведення повірки. Оскільки споживач

позбавляється засобу вимірювань на робочому місці на час проведення повірки, йому доводиться зазнавати збитків.

Оформлення результатів повірки займає значну частину часу. У загальному випадку до нього входять оформлення свідоцтва про повірку або запис у паспорті, нанесення знака повірки на засіб вимірювань, занесення інформації в ДП «Харківстандартметрологія» [5] та занесення інформації до журналу робіт про повірки. Нескладно помітити, що багато інформації просто дублюється на різні види носіїв. Однак, через використання застарілих засобів захисту, всі ці носії не здатні гарантувати необхідного захисту від недобросовісних власників засобів вимірювань. Сучасна печатка дає змогу без зусиль підробити свідоцтво про повірку, а інформація про повірку, що надсилається до Укрстандарт, не має юридичної сили, через що рідко використовується. Також можна звірити свідоцтво про повірку з даними з журналів, що зберігаються в архівах акредитованих центрів, але це вимагає багато трудовитрат. Також є можливість провести контрольну повірку засобів вимірювань під час аудиту, але кількість засобів вимірювань у деяких організаціях, яких може бути сотні або навіть тисячі, робить це фізично неможливим.

На підставі вищесказаного можна зробити висновок про неефективність наявної системи забезпечення єдності вимірювань через високі фінансові та часові витрати. Щоб розв'язати цю проблему потрібно звернутися до програми "Цифрова економіка України" [6], яка включає відмову від фізичних носіїв інформації на користь цифрових. Таким чином, буде досягнуто оптимізації витрат на оформлення результатів і зберігання інформації.

Оптимальним рішенням цього завдання є створення інформаційної системи, яка дасть змогу позбутися паперових носіїв інформації, таких як свідоцтва про повірку, паспорти та журнали.

Основною умовою цієї системи має бути висока захищеність інформації, а саме відсутність можливості зміни інформації, після внесення її в базу даних. При цьому дана інформація має бути загальнодоступною, щоб кожен охочий міг самостійно перевірити, коли було проведено повірку засобу вимірювань. Також це значно спростить перевірку власників засобів вимірювань уповноваженими особами.

Варто мати на увазі, що для використання документа він повинен мати юридичну силу. Саме тому в цій інформаційній системі має бути використано електронний підпис. Існує кілька видів електронного підпису, і для цього завдання чудово підійде кваліфікований електронний підпис або КЕП через ДІЯ [7], через те, що його можна отримати тільки в акредитованому засвідчувальному центрі. Цифровий формат інформації дасть змогу отримувати доступ до них з будь-якого місця, де є Інтернет. Ба більше, це скасує можливість підробки документа, оскільки він зберігатиметься в базі даних контролюючих структур. Для впровадження цієї системи потрібно внести зміни до федерального закону № 30, ст.1008 Про метрологію та метрологічну діяльність [4], де не прописано можливість оформлення результатів повірки або калібрування у вигляді електронних документів, підписаних електронним підписом. Варто мати на увазі, що необхідні зміни не пов'язані з фізичними обмеженнями, що робить їх цілком реалізованими.

Висновок по розділу

Можна зробити висновок про те, що "Інтернет речей" є на сьогоднішній день пріоритетною концепцією в розвитку науки і техніки. Саме тому, для збереження конкурентоспроможності, організації, які

займаються забезпеченням єдності вимірювань, повинні проводити цифровізацію.

2 НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ВИМІРЮВАНЬ

2.1 Загальні відомості

Невизначеність вимірювання пов'язана насамперед із неможливістю дати повний опис вимірюваної величини через відсутність необмеженої кількості інформації. У зв'язку з цим з'являється простір для тлумачення, через що з'являється невизначеність результату вимірювань, яка зменшує точність вимірювань. Варто розуміти, що неможливо отримати істинне значення вимірюваної величини, але можна отримати її в деякому наближенні. Через що використовується оцінка істинного значення вимірюваної величини. На цю оцінку впливає безліч чинників, як-от навколишнє середовище і використовувані технічні засоби, у зв'язку з чим потрібно мінімізувати цей вплив для досягнення необхідної точності. Одним зі способів мінімізувати вплив є внесення поправки в результат вимірювань, після чого отримуємо виправлений результат, який вважається найкращою оцінкою істинного значення.

Як уже сказано раніше, навіть виправлений результат є лише оцінкою через різні випадкові чинники, неточне визначення поправок або ж неповне знання про фізичні явища, які вносять систематичну помилку. Пов'язано це з тим, що нам відомі тільки оцінки цих параметрів. У зв'язку з цим запроваджено параметр невизначеність, оцінка якого пов'язана з випадковими та систематичними ефектами. Варто мати на увазі, що незначне значення невизначеності не означає, що величина похибки також незначна. Така ситуація може виникнути в разі пропуску значущого систематичного ефекту під час оцінювання

невизначеності. Також невизначеність не визначає близькість отриманого результату вимірювань до значення вимірюваної величини, а тільки оцінює близькість до найкращого значення, яке отримано на основі наявних на поточний момент знань.

Необхідність у правильній оцінці невизначеності вимірювань зумовлена вимогами до змісту методик калібрування [9]. Введення цього поняття пов'язане насамперед із недоліками поняття похибка вимірювання. Одним із таких недоліків є неможливість віднести похибку вимірювання до величини, оскільки вона відноситься тільки до конкретного вимірювання [10]. Перевагою невизначеності є можливість віднести отримане значення до вимірюваної величини.

2.2 Порівняння з похибкою

Термін похибка вимірювання використовується двояко, залежно від використовуваного значення величини. У першому випадку, коли використовується опорне значення величини в процесі калібрування за допомогою еталона, похибка відома. Під опорним значенням розуміють значення величини, що використовується як основа для порівняння зі значенням величини того ж роду. Варто мати на увазі, що використовується еталон із регламентованим значенням величини з незначною невизначеністю, або коли використовується приписане значення величини. У другому випадку, коли вимірювана величина передбачається однозначно визначеним істинним значенням, похибка невідома.

Під час розв'язання практичних задач використовується опорне значення. Під час теоретичних досліджень застосовують істинне значення, яке не може бути визначено. Таким чином, можна зробити

висновок про те, що оскільки опорне значення величини відноситься тільки до конкретного еталона, то й отримана похибка вимірювання відноситься тільки до конкретного результату вимірювань. На це також вказує той факт, що похибка є конкретним позитивним або негативним числом. На підставі цього робимо висновок про те, що похибка вимірювання не є статистичним параметром, у чому й полягає її основна відмінність від невизначеності.

Існує дві складові похибки вимірювання: систематична та випадкова. Систематична складова не змінюється під час повторних вимірювань, або її зміни можна передбачити. Варто зазначити, що причини появи систематичної похибки можуть бути невідомі. При цьому використовується поправка для її компенсації. Значення систематичної похибки знаходять шляхом віднімання випадкової складової з похибки вимірювання. Під випадковою складовою похибки розуміють похибку, яка в процесі повторних вимірювань змінюється непередбачувано. При цьому варто мати на увазі, що складові похибки, як і сама похибка, мають свій позитивний або негативний знак.

Насамперед невизначеність - це невід'ємний параметр, що характеризує розкид значень величини. На основі використовуваної інформації цей розкид можна обґрунтовано приписати виміряній величині. Будь-які результати вимірювань у метрологічних ситуаціях можуть бути охарактеризовані невизначеністю. При цьому використання похибки, через неможливість її конкретного визначення, припустиме тільки для теоретичних досліджень.

2.3 Розрахунок невизначеності

Як правило, розраховується оцінка розширеної невизначеності, що складається з невизначеності типу А і невизначеності типу В [11]. Невизначеність, розрахована за типом А, пов'язана зі статистичним аналізом спостережень, а невизначеність за типом В пов'язана з апріорною інформацією про проведені вимірювання. У переважній більшості випадків найкращою оцінкою результату багаторазових вимірювань є середнє арифметичне значення, знайдене за формулою (2.1).

$$\bar{a} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{k=1}^{n} a_k, \tag{2.1}$$

де a_k - результат k-го вимірювання,

n - число вимірювань.

Для оцінки величини розкиду значень, який зумовлений випадковими ефектами, розраховують вибіркову дисперсію за формулою (2.2). Ця величина є оцінкою дисперсії розподілу ймовірностей вимірюваної величини.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{k=1}^{n} (a_k - \bar{a})^2, \tag{2.2}$$

де a_k - результат k-го вимірювання,

n - число вимірювань,

a - середнє арифметичне.

Варто зазначити, що корінь із дисперсії - це вибіркове стандартне відхилення (СКО). Оскільки як результат вимірювань використовується середнє арифметичне, то потрібно оцінити оцінку дисперсії середнього значення, за формулою (2.3).

$$s^2(\bar{a}) = \frac{s^2}{n}, \tag{2.3}$$

де s^2 - вибіркова дисперсія,

n - число вимірювань.

Невизначеність типу А прирівнюють величині s^2 , через що її іноді називають дисперсією типу А. При цьому слід мати на увазі, що кількість вимірювань має бути достатньою, для забезпечення надійності отриманих оцінок. Для оцінки надійності оцінки дисперсії середнього значення можна використовувати дисперсію оцінки стандартного відхилення, знайденого за формулою (2.4).

$$\sigma^2[s(\bar{a})] = \frac{\sigma^2(\bar{a})}{2\nu}, \tag{2.4}$$

де $\bar{\sigma}^2(a)$ - дисперсія середнього,

$\nu = n - 1$ - число ступенів свободи для $s(\bar{a})$,

n - число вимірювань.

Формула (2.4) є наближеною, проте в переважній більшості випадків її застосування виправдане. По суті, ця величина є "невизначеністю невизначеності", яка за малої кількості дослідів може бути досить високою. Наприклад, за кількості спостережень n = 4

співвідношення дорівнюватиме 42 %. Значення цього для іншого числа спостережень, наведено в табл. 2.1. Звідси можна зробити висновок про те, що на практиці найчастіше оцінку стандартного відхилення оцінки стандартного відхилення не можна вважати зневажливо малій. Більш того, оцінка стандартної невизначеності за типом А може бути менш надійною, ніж оцінка стандартної невизначеності на кшталт В.

Табл. 2.1 – Відношення $\frac{\sigma[s(\bar{a})]}{\sigma(\bar{a})}$ за числом спостережень

Число спостережень	$\frac{\sigma[s(\bar{a})]}{\sigma(\bar{a})}$ у відсотках
2	76
3	52
4	42
5	36
10	24
20	16
30	13

Невизначеність типу В також є оцінкою дисперсії, але визначається без використання результатів повторних спостережень. Цей тип невизначеності є узагальненням усієї доступної інформації про варіативність величини. Такою інформацією може слугувати:

– характеристики, заявлені виробником;

– дані про попередні повірки або калібрування;

– дані про попередні вимірювання;

– невизначеності величин із довідників.

Під час розв'язання практичних завдань, як правило, можна оцінити тільки верхні та нижні межі для вимірюваної величини (тобто той інтервал, у якому з високою часткою ймовірності перебуватиме фізична величина). Також часто відсутня інформація про розподіл

ймовірностей усередині цього інтервалу. У такому разі раціонально припустити, що ймовірність потрапляння вимірюваної величини в кожну точку всередині інтервалу однакова. Це припущення відповідає рівномірному (прямокутному) розподілу ймовірностей. У такому разі невизначеність за типом В можна знайти за формулою (2.5), а в разі однакових меж за формулою (2.6).

$$u^2 = \frac{(a_+ - a_-)^2}{12}, \tag{2.5}$$

$$u^2 = \frac{a^2}{3}, \tag{2.6}$$

де a_+ - верхня межа інтервалу,

a_- - нижня межа інтервалу,

$a = a_+ - a_-$.

Сумарну стандартну невизначеність можна обчислити за формулою (2.7).

$$u_c^2 = \sum_{k=1}^{m} \left(\frac{df}{dx_i}\right)^2 u^2(x_k), \tag{2.7}$$

де $u^2(x_k)$ - оцінка стандартної невизначеності за типом А або за типом В.

f - функціональна залежність вимірюваних величин.

Нескладно здогадатися, що коли величину вимірюють безпосередньо, часткова похідна за функціональною залежністю дорівнюватиме 1.

Розширену невизначеність, яку зазвичай наводять разом із результатом вимірювання, знаходять шляхом множення сумарної стандартної невизначеності на коефіцієнт охоплення *k*:

$$U = k \cdot u_c. \tag{2.8}$$

На основі центральної граничної теореми можна припустити, що розподіл ймовірностей, який характеризують результат вимірювання та сумарна стандартна невизначеність, є нормальним. Оскільки недоцільно вираховувати точне значення інтервалів, чиї рівні довіри незначно відрізняються. Таким чином, приймаємо $k = 2$ за рівня довіри 95 % і $k = 3$ за рівня довіри 99 %.

2.4 Рекомендації

Варто мати на увазі, що впливові величини у вигляді параметрів забезпечення роботи лабораторії можуть додавати значну невипадкову складову, нехтувати якою не можна. До таких факторів можна віднести тиск, температуру води, напругу та частоту електричного кола тощо. Також слід зазначити, що при безперервній зміні цифри молодшого розряду на показуючому пристрої цифрового приладу, у невизначеність вносять суб'єктивні переваги оператора. Через це рекомендується знайти спосіб зупинити зміни значення молодшого розряду на деякий проміжок часу. У разі, коли процедура вимірювань включає встановлення нуля,

потрібно проводити цю процедуру перед кожним вимірюванням. Таким чином, буде усунуто одне з джерел невизначеності вимірювань.

Розрахунок невизначеності часто ґрунтується на припущенні про те, що недоцільно проводити детальний аналіз, а достатньо застосувати формули математичної статистики, для оцінки невизначеності типу А. У такому разі потрібно перевірити гіпотезу про те, що всі чинники, які впливають, є випадковими величинами. Для цього проводять перевірку незмінності математичного очікування і дисперсії, а також наявність можливості неконтрольованого дрейфу під час багаторазових вимірювань. Одним зі способів цієї перевірки є розбиття періоду повторних спостережень на дві частини та обчислення їхніх СКВ і середнього арифметичного, для їх порівняння.

Оскільки формули статистичного аналізу для оцінки невизначеності вимірювань наведені для випадку, коли спостереження є незалежними, потрібно перевірити дотримання цієї умови. Коли всі дані були отримані за єдиною вибіркою, не можна вважати дані спостереження незалежними. Така ситуація можлива, коли проводиться вимірювання характеристик матеріалу, а не зразка цього матеріалу. У цьому разі потрібно доповнити оцінку дисперсії оцінкою дисперсії, що характеризує розкид значень між вибірками.

Найчастіше в прагненні спростити розрахунки відбувається відмова від більшості складових, що призводить до втрати основної відмінності похибки від невизначеності - можливості віднести отримане значення до величини, а не вимірювання. Одним із прикладів такого спрощення є стаття [12]. У цій статті для розрахунку розширеної невизначеності запропоновано використовувати формулу (2.9).

$$U = k \cdot u_s, \tag{2.9}$$

$$u_s \le \frac{\Delta}{\sqrt{3}}, \tag{2.10}$$

де Δ - межа допустимої похибки еталона,

k - коефіцієнт охоплення,

u_s - стандартна невизначеність еталона.

Ця формула передбачає відмову від невизначеності, розрахованої за типом А. Оскільки коефіцієнт охоплення, як правило, приймають рівним 2, що зумовлено пунктом G.6.6 стандарту [11]. Таким чином, розширена невизначеність залежить тільки від похибки еталонного приладу. Через це втрачається весь сенс розрахунку невизначеності, тому що при застосуванні однакового еталона для різних засобів вимірювань значення розширеної невизначеності буде незмінним. Незважаючи на це, цю формулу часто використовують на практиці.

Розширена невизначеність як величина не матиме сенсу, якщо виключати з неї більшу частину компонентів. Пов'язано це з тим, що саме ці компоненти формують її відмінність від похибки, і, що найважливіше, переваги, які зумовлюють необхідність її використання.

Висновок по розділу

У другому розділі кваліфікаційної роботи було проаналізовано загальні відомості про невизначеність вимірів, які є важливою характеристикою будь-якого експерименту чи дослідження, оскільки жодне вимірювання не є абсолютно точним. Вона відображає можливі коливання результатів вимірювань через різні фактори, такі як обмеження вимірювальних приладів, методи вимірювання, зовнішні умови, людський фактор тощо. Невизначеність вимірів необхідна для адекватної інтерпретації результатів і визначення їх надійності.

Також було проведено порівняння з похибкою, в результаті якого, очевидно, що невизначеність вимірювань тісно пов'язана з випадковими похибками, що можуть виникати через різні умови вимірювань. В той час як похибка визначає відхилення результату від істинного значення, невизначеність характеризує ступінь варіації результатів вимірювань, тобто, якою мірою результати можуть відрізнятися від одного до іншого при повторних вимірюваннях.

Проведено розрахунок невизначеності. Для оцінки невизначеності вимірів застосовують статистичні методи, зокрема середнє відхилення та стандартну похибку. Для більш точних розрахунків використовуються різні методи, такі як методи кількості вимірювань, обчислення стандартного відхилення та комбінування похибок різних компонентів системи. Важливо враховувати всі можливі джерела невизначеності, зокрема приладів, методів вимірювання та умов експерименту.

Слід зазначити, що для зменшення невизначеності вимірювань слід притримуватися наступних кроків:

- використовувати більш точні прилади та вдосконалювати методи вимірювання. Збільшення кількості повторних вимірювань може допомогти знизити вплив випадкових похибок.
- оцінка та документування всіх джерел невизначеності є важливою для забезпечення точності та надійності результатів.
- врахування систематичних похибок та проведення калібрування приладів також є необхідним етапом для зменшення загальної невизначеності вимірювань.

3 КАЛІБРУВАННЯ З ВІДДАЛЕНИМ ДОСТУПОМ

3.1 Загальні відомості

Величезну кількість електричних засобів вимірювань використовують як у науці, так і на виробництві. Кожен засіб вимірювань потребує регулярного калібрування або повірки. Передача одиниці фізичної величини робочому еталону відбувається поетапно, і кожен етап вимагає безпосереднього підключення до еталонів різного рівня. Це означає, що кожен власник засобу вимірювань, який використовує його у сфері державного регулювання, зобов'язаний приносити його до спеціальної установи, або оплатити доставку цього еталона до місця знаходження засобу вимірювання, що повіряється, а також оплатити відрядження повірника. У сучасних умовах ця схема вкрай затратна для суспільства загалом. Ця проблема проявляється особливо гостро у випадках, коли засоби вимірювання розташовані у віддалених районах, і доставка еталонів і засобів вимірювань є непростою справою. Пропонована концепція Internet of Measurements (IoM) передбачає, що засоби вимірювань будуть калібруватися дистанційно за допомогою програмно-апаратного комплексу.

Головною перевагою калібрування з віддаленим доступом є економія коштів і часу за рахунок того, що не потрібна безпосередня присутність уповноваженої особи. Цю ідею було вперше запропоновано в статті [13], де представлено основні етапи та необхідне обладнання для використання цієї методики. Проте, зважаючи на відсутність у минулому ідеології Інтернету речей, повною мірою IoM не було реалізовано.

Для калібрування з віддаленим доступом використовують термогігрометр і мобільний робочий еталон. Термогігрометр забезпечує контроль відповідності нормальним умовам під час калібрування приладу. Мобільний робочий еталон потрібен для передачі одиниці фізичної величини засобу вимірювання. Недоліком цієї схеми є участь людини та напівавтоматичний режим роботи. Передача вимірюваної величини здійснюється так, що кожен елемент функціональної схеми підвищує загальну похибку переданого значення, що у випадку з калібруванням засобу вимірювання є найважливішим показником. Наразі існує реальна модель багатофункціонального мобільного еталона [14]. Ця модель апробована і здатна проводити калібрування самостійно. Однак ця модель має явний недолік, який пов'язаний з великою кількістю елементів функціональної схеми.

Концепція ринку на базі IoM має забезпечувати такий сервіс споживачеві, щоб куплений ним вимірювальний прилад калібрувався і повірявся з лабораторії замовника. У цій роботі наведено приклад приватної реалізації IoM на основі технології компанії National Instruments (NI). Ці технології дають змогу поєднати в одній програмованій платі цілий програмно-апаратний комплекс, який буде повністю синхронізовано та керуватиметься програмою в реальному часі. Інтерфейси вимірювальних систем від National Instruments повною мірою забезпечують працездатність наявних повірочних схем з урахуванням сервісів і протоколів IoM.

Однією з переваг цієї технології є відсутність безпосередньої взаємодії з власниками засобу вимірювання та формування протоколу в режимі реального часу. Таким чином, співробітник акредитованої лабораторії буде захищений від негативного впливу або наклепу з боку замовника.

3.2 Приклад реалізації

Схему калібрування з віддаленим доступом наведено на рис. 3.1. Співробітник лабораторії зчитує показання з каліброваного засобу вимірювань і вписує їх у спеціальну таблицю. Ці дані надсилаються співробітнику акредитованого центру для подальших розрахунків.

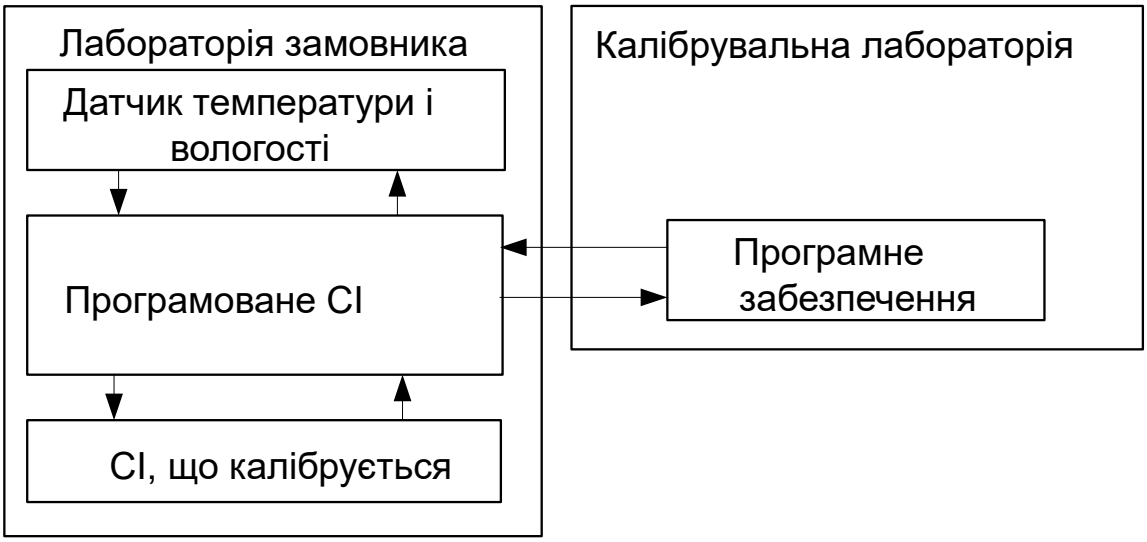


Рис.2.1 - Схема калібрування з віддаленим доступом

Розроблена на поточний момент система здійснює обмін інформацією через Ethernet, що є найпопулярнішою на сьогоднішній день технологією. Варто також зазначити, що підключення компонентів до однієї системи значно полегшує синхронізацію. Висока швидкодія цієї системи зумовлена тим, що результати вимірювань і показання датчика передаються безпосередньо в керуючу програму.

Сучасні засоби вимірювань можна розділити на ті, роботу яких можна автоматизувати за допомогою програми, і ті, у яких ця функція відсутня. Як правило, автоматизація являє собою передачу команд по інтерфейсу (найчастіше використовується інтерфейс RS-232). Весь

список команд представлений у технічній документації. На поточний момент існує безліч технічних рішень, що забезпечують можливість автоматизувати процес вимірювань.

Керування програмованими засобами вимірювань здійснюють шляхом передавання кадрів, що складаються з кількох байтів. У кожному байті записано код, який активує ту чи іншу функцію. Таким чином, для кожного засобу вимірювань структура кадрів відрізнятиметься, через що виникає необхідність у залученні програмістів, що тягне за собою значні витрати. У зв'язку з цим, для переходу до технології калібрування з віддаленим доступом потрібно організувати розроблення програмного забезпечення для програмованих засобів вимірювань. Це значно скоротить часові та фінансові витрати на впровадження цієї технології.

Оскільки повірка і калібрування засобів вимірювань - це юридична дія, необхідний захист переданих даних. Дійсно, для калібрування цілком достатньо двосторонньої угоди між вимірювальним приладом і еталоном, причому еталонний інтерфейс виступає як засіб документування похибки вимірювання. Для забезпечення юридичної чистоти потрібна третя незацікавлена сторона - авторизований центр, який видає команди на калібрування і фіксує всі операції, включно з видачею електронного сертифіката. На сьогодні створення програмного забезпечення для розрахунку результатів калібрування за вхідними даними не складе великих труднощів. Вхідні дані більше не потрібно набирати вручну, оскільки вони самі накопичуються в програмі в процесі калібрування. Таким чином, буде досягнуто економії та підвищено швидкодію.

3.3 Програмно-апаратний комплекс

Програмно-апаратний комплекс розроблено на базі PXI. Саме ця система дає змогу поєднати в собі всі компоненти. У даній роботі було використано:

– контролер NI PXI-8102;

– генератор сигналів NI PXI-5421;

– датчик температури та вологості HS-2000D.

Вибір обладнання National Instruments був зумовлений зручністю використання і широким охопленням апаратури, з якими буде сумісна розроблена програма. Ця перевага дає змогу використовувати інше апаратне забезпечення, не вносячи значних змін у програму. Зовнішній вигляд програмно-апаратного комплексу представлено на рис. 3.2.

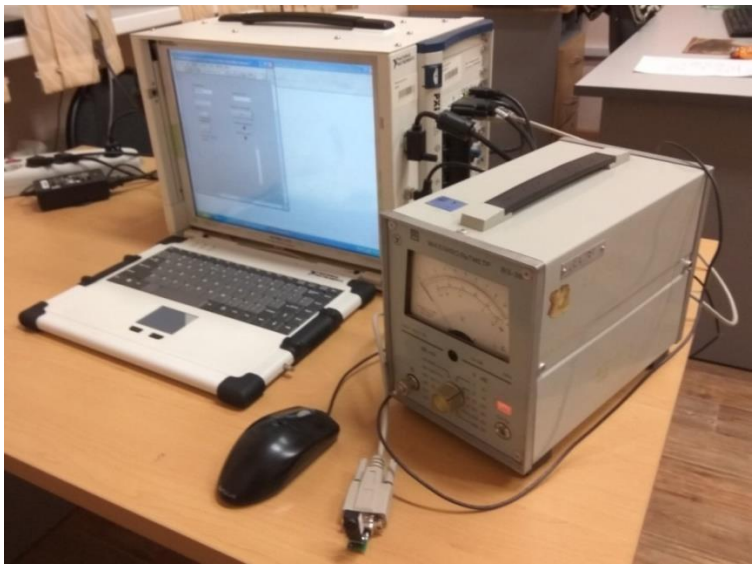


Рис. 3.2 - Програмно-апаратний комплекс

Оскільки генератор сигналів виступає в ролі еталона, розглянемо його технічні характеристики [15]. При цьому слід врахувати, що ці характеристики актуальні, коли виконуються такі умови:

– присутній фільтр аналогового сигналу;

– за замовчуванням встановлено максимальну частоту дискретизації;

– вихідний опір 50 Ом;

– генерація сигналу без посилення до 1 Вп-п, з низьким коефіцієнтом посилення до 2 Вп-п, з високим коефіцієнтом посилення до 12 Вп-п;

– швидкість дискретизації 100 - 106 точок на секунду (MS/s);

– використання приладу в діапазоні температур навколишнього середовища від 0 °C до 50 °C.

Ці характеристики характеризують очікувану продуктивність блоків за температури довкілля (23 ± 5) °C з рівнем достовірності 90 %, отриманих під час випробувань під час розроблення або виробництва. Кількість сигналів, що генеруються, - 1. Використовуваний інтерфейс - SMB (гніздо). Роздільна здатність ЦАП: 16 біт.

Існує два режими генерації сигналу:

1. Можливість генерувати сигнал за допомогою програми в діапазоні від 5,54 $В_{п-п}$ до 12 $В_{п-п}$. При цьому використовується підсилювач з низьким коефіцієнтом посилення, або підсилювач з високим коефіцієнтом посилення залежно від діапазону.

2. Пристрій оптимізовано для генерації сигналу за допомогою програми з проміжною частотою в діапазоні напруги від 0,707 $В_{п-п}$ до 1,000 $В_{п-п}$.

Амплітудний діапазон режимів генератора представлено в табл. 3.1.

Табл. 3.1 - Амплітудний діапазон генератора

Режим	Навантаження	Діапазон ($В_{п-п}$)
Без посилення	50 Ом	(0,707 - 1,000)
	1 кОм	(1,35 - 1,91)

	вище 1 кОм	(1,41 - 2,00)
Низький коефіцієнт посилення	50 Ом	(0,00564 - 2,00)
	1 кОм	(0,0107 - 3,81)
	вище 1 кОм	(0,0113 - 4,00)
Високий коефіцієнт посилення	50 Ом	(0,0338 - 12,0)
	1 кОм	(0,0644 - 22,9)
	вище 1 кОм	(0,0676 - 24,0)

Амплітудна роздільна здатність: < 0,06 % (0,004 дБ) амплітудного діапазону. Діапазон зміщення: ± 25 % від амплітудного діапазону з приростами < 0,0014 % від амплітудного діапазону (недоступно в режимі без посилення). Максимальну вихідну напругу генератора наведено в табл. 3.2.

Табл. 3.2- Максимальна вихідна напруга генератора

Режим	Навантаження	Діапазон ($В_п$)
Без посилення	50 Ом	± 0,5
	1 кОм	± 0,953
	вище 1 кОм	± 1,0
Низький коефіцієнт посилення	50 Ом	± 1,0
	1 кОм	± 1,905
	вище 1 кОм	± 2,0
Високий коефіцієнт посилення	50 Ом	± 6,0
	1 кОм	± 11,43
	вище 1 кОм	± 12,0

Похибка під час генерації постійної напруги для високого імпедансу. Під час генерації сигналу з використанням посилення:

± 0,2 % від діапазону амплітуди ± 0,05 % від зміщення ± 500 мкВ (у разі ±10 °С від температури самокалібрування);

± 0,4 % від діапазону амплітуди ± 0,05 % від зсуву ± 1 мВ (у межах температури навколишнього середовища від 0 °С до 50 °С).

Під час генерації сигналу без використання посилення:

± 0,2 % від діапазону амплітуди (за ± 10 °C від температури самокалібрування);

± 0,4 % від діапазону вимірювання (у межах температури навколишнього середовища від 0 °C до 50 °C);

Помилка зміщення постійного струму: ± 30 мВ (у межах температури навколишнього середовища від 0 °C до 50 °C). Похибка під час генерації синусоїдальної напруги з частотою 50 кГц: (2,0 % + 1мВ), (мінус 1,0 % - 1мВ). Нерівномірність АЧХ при частоті 50 кГц:

– без посилення: від мінус 0,4 дБ до 0,6 дБ (від 100 Гц до 40 МГц);

– низький коефіцієнт посилення: від мінус 1,0 дБ до 0,5 дБ (від 100 Гц до 20 МГц);

– високий коефіцієнт посилення: від мінус 1,2 дБ до 0,5 дБ (від

100 Гц до 20 МГц).

3.4 Програмна частина

Програмна частина розроблена в середовищі LabVIEW і складається з керуючої та керованої програми. Керуючу програму запускають з акредитованої лабораторії, вона відповідає за передавання необхідної інформації для генерації сигналу та оброблення результатів вимірювань. Керована програма необхідна для керування апаратною частиною та передавання результатів вимірювань. Лицьова панель керуючої програми показана на рис. 3.2 і 3.3. Нескладно помітити, що на ній присутні досить багато змінних, проте більша частина з них встановлюються за замовчуванням.

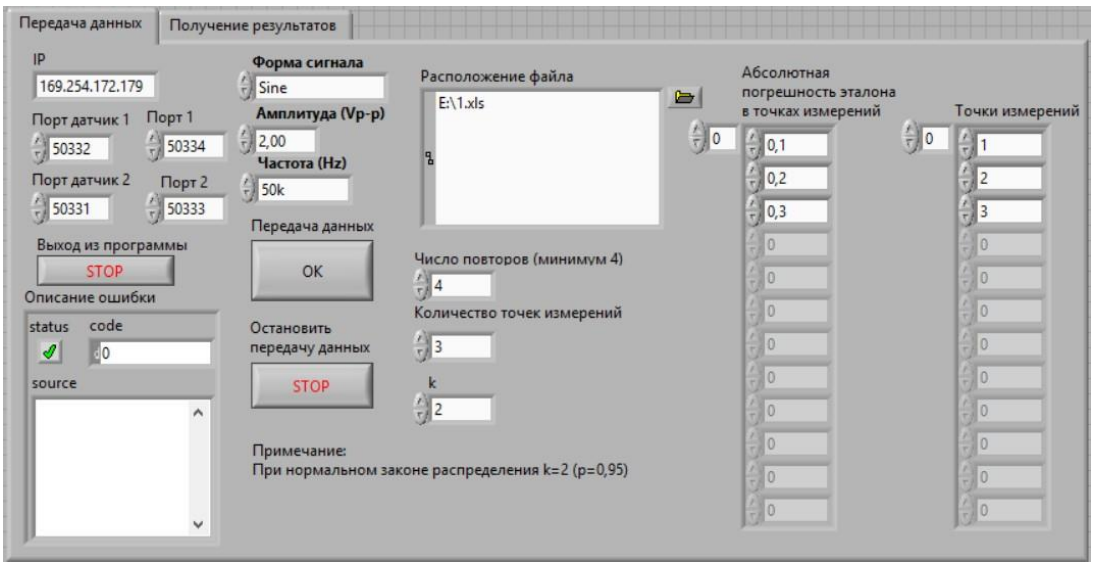


Рис. 3.2 - Інтерфейс керуючої програми

Робота з цією програмою починається з введення IP-адреси і використовуваних портів. За замовчуванням використовуються порти 50311-50334, які зазвичай не зайняті іншими програмами, але за необхідності є можливість їх замінити. Далі вводяться параметри сигналу, такі як форма сигналу, амплітуда і частота. Також потрібно задати кількість точок, у яких проводитимуться вимірювання, і кількість повторів у кожній точці. Для кожної з точок потрібно ввести абсолютну похибку використовуваного еталона в цій точці.

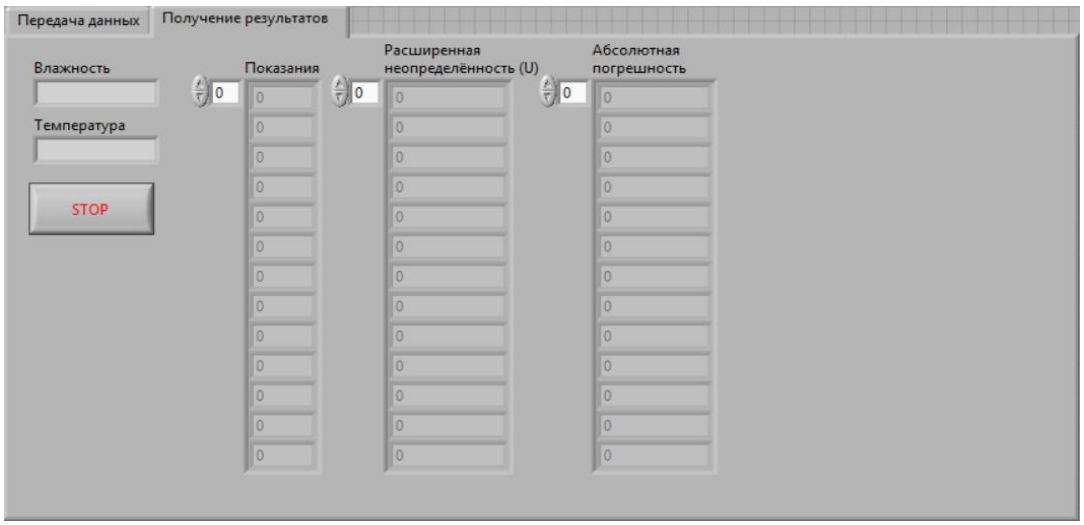


Рис. 3.3 - Інтерфейс керуючої програми

Після введення всіх необхідних даних можна приступати до запуску програми. Робота цієї програми полягає у надсиланні необхідних для генерації сигналу даних і отримання даних про результати вимірювань. Керуючу програму показано на рис. 3.4. Після виконання цієї програми всі отримані відомості використовує підпрограма для розрахунку невизначеності, показана на рис. 3.5 Наявність цієї підпрограми зумовлена вимогами до змісту методик калібрування [9].

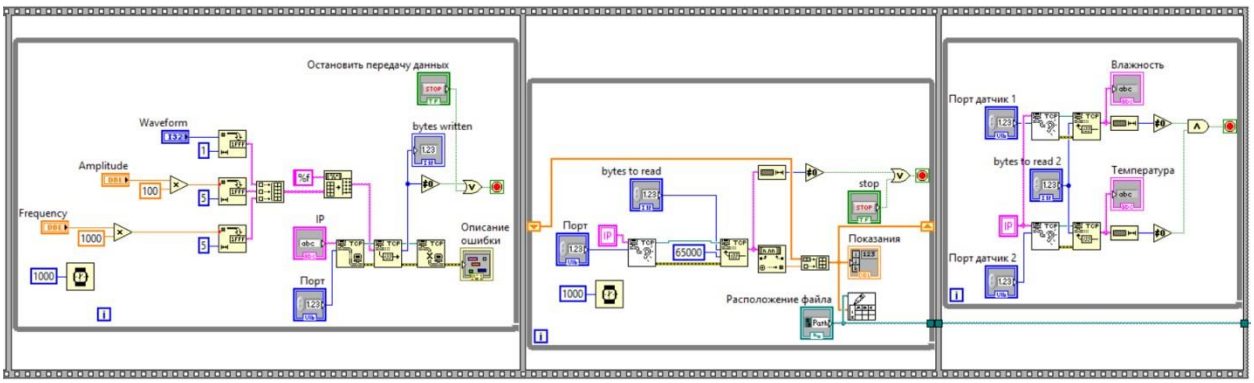


Рис.3.4 - Основна частина керуючої програми

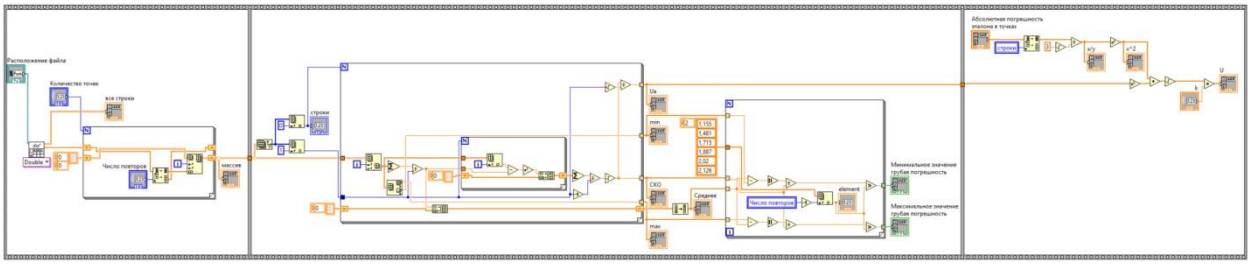


Рис.3.6- Підпрограма для розрахунку розширеної невизначеності

Для забезпечення послідовності дій використовується "FlatSequence". У першій секції здійснюється надсилання даних, необхідних для генерації сигналу. Для цього всі значення потрібно об'єднати в один рядок, тому що LabVIEW дає змогу надсилати мережею тільки рядковий тип даних. У другій секції відбувається очікування результату вимірювань, який має прийти з керованої програми. Кожен отриманий результат вимірювання записується у файл. У третьому блоці відбувається очікування даних, отриманих з датчика температури і вологості. Датчик необхідний для постійного контролю умов проведення калібрування.

У результаті виконання програми формуються таблиці з результатами вимірювань, абсолютною похибкою та невизначеністю.

Дані таблиці можна використовувати для формування протоколу.

Керована програма також заснована на використанні "FlatSequence" і показана на рис. 3.7. Керована програма встановлена в програмно-апаратному комплексі і займається його безпосереднім керуванням, використовуючи дані, отримані з керуючої програми.

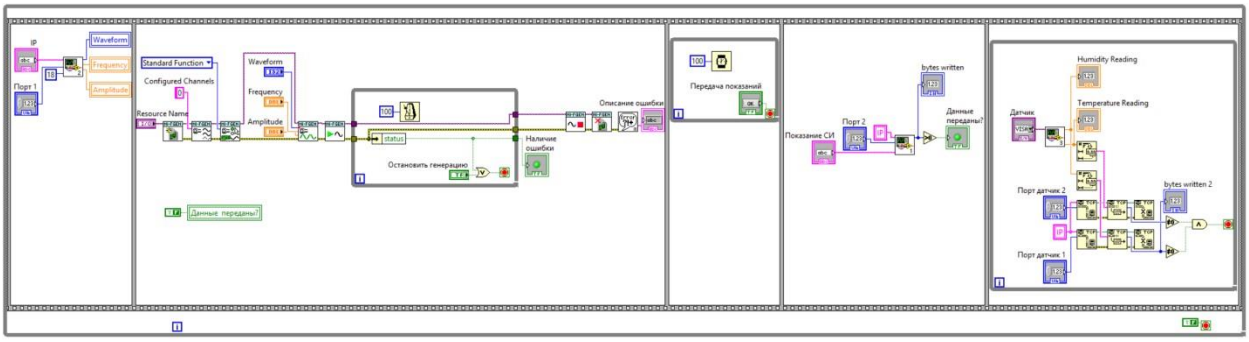


Рис. 3.7 - Керована програма

У першій секції проводиться отримання даних з керуючої програми і перетворення їх з рядкового типу даних у числовий за допомогою спеціальної підпрограми, представленої на рис. 3.8. Ця підпрограма здійснює поділ отриманого рядка на масив рядків, після чого кожен елемент перекладається в необхідний числовий формат. У цьому випадку це цілочисельний формат і число з подвійною точністю. Отримані числа переходять у наступну секцію за допомогою блоків "Local Variable".

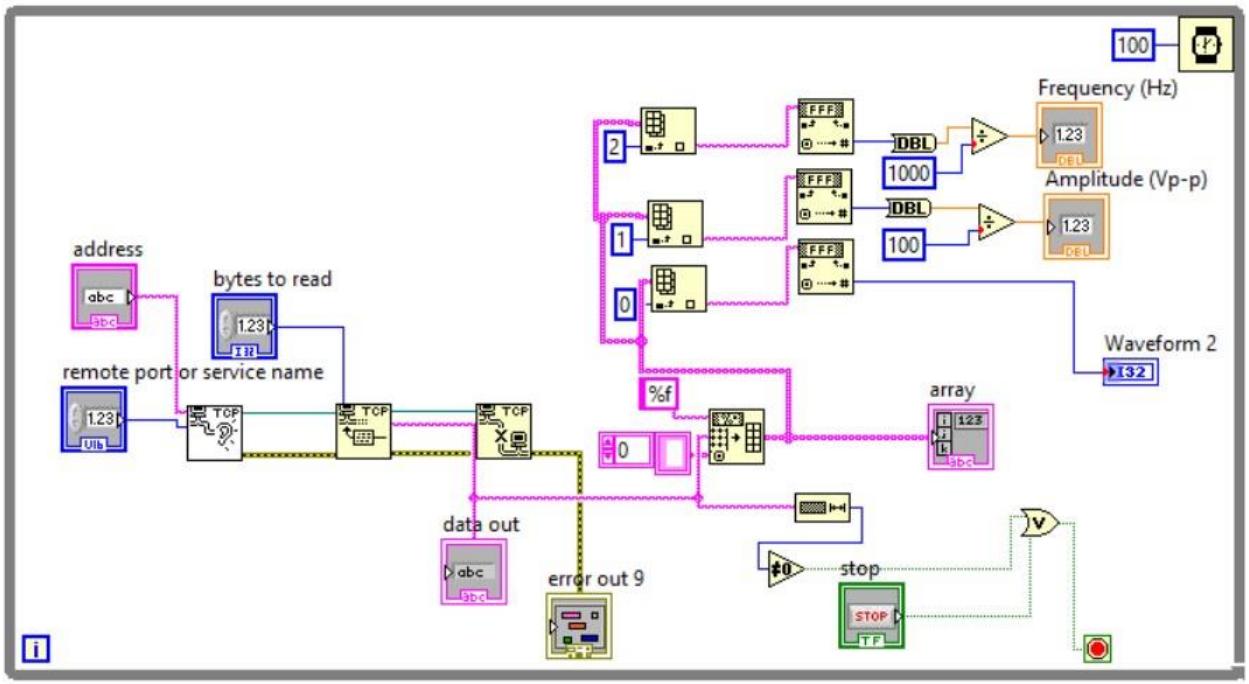


Рис.3.8 - Перша підпрограма

Друга секція займається управлінням встановленим генератором. Спочатку розташований блок ініціалізації, у якому призначається керований пристрій. Далі розташовані блоки конфігурації, які позначають, які канали пристрою будуть генерувати сигнал і вид вихідного сигналу. Потім, використовуючи дані, отримані з керувальної програми, задається форма сигналу, що генерується. На цьому етапі всі підготовчі операції закінчуються і можна приступати до генерації сигналу. Генерація сигналу триває доти, доки не станеться якась помилка або не буде натиснута кнопка "Зупинити генерацію". Після чого сесія роботи з апаратною частиною закінчується і, в разі потреби, виводиться опис помилки. Третя і четверта секція використовують підпрограму для передавання отриманих результатів вимірювань на керуючу програму. П'ята секція зчитує дані з датчика температури і вологості за допомогою підпрограми і відправляє ці дані на керуючу програму. Алгоритм керованої програми представлений на рис. 3.9 у вигляді блок-схеми.



Рис. 3.9 - Алгоритм роботи керованої програми

Висновок по розділу

По третьому розділу кваліфікаційної роботи можна зробити висновок про те, що створити програмно-апаратний комплекс для калібрування з віддаленим доступом, що має більшу точність, можливо. Однак його розробка і впровадження потребують значних витрат. Але оскільки ціну виробу часто визначає його унікальність, зі збільшенням

кількості програмованих засобів вимірювань з'явиться можливість створити аналогічний пристрій за меншу вартість.

4 СОЦІАЛЬНА ВІДПОВІДАЛЬНІСТЬ

Дана кваліфікаційна робота полягає у вдосконаленні системи метрологічної простежуваності засобів вимірювань шляхом розроблення програмно-апаратного комплексу для калібрування з віддаленим доступом. Сфера застосування цього пристрою - надання послуг з калібрування вольтметрів. Споживачі цієї послуги - власники вольтметрів, які використовуються поза сферою державного регулювання забезпечення єдності вимірювань. На поточний момент кількість використовуваних засобів вимірювань на виробництві та в наукових дослідженнях зростає, що зумовлює актуальність цього дослідження.

Проводилися дослідження у малому державному підприємстві «Інститут проблем управління національної академії наук України». Під час роботи з комп'ютером на людину впливає безліч шкідливих чинників, які не тільки знижують її продуктивність, а й негативно впливають на її здоров'я. Саме для мінімізації впливу цих факторів існує охорона праці.

4.1 Правові та організаційні питання забезпечення безпеки

4.1.1 Спеціальні правові норми трудового законодавства

Санітарно-епідеміологічні правила і нормативи під час роботи з ПЕОМ описано в наказі Міністерства охорони здоров’я України N 94 від 15.12.2009 [16]. Правові норми трудового законодавства описано в трудовий кодекс України [17]. Цей документ встановлює обов'язкові для виконання вимоги під час роботи зі шкідливими та небезпечними факторами, які виникають під час роботи з персональним комп'ютером,

для мінімізації їхнього впливу на організм людини. До цих вимог належить:

– допустима тривалість щоденної роботи: при 36-годинному робочому тижні - 8 годин, при 30-годинному робочому тижні і менше - 6 годин;

– тривалість робочого дня або зміни, що безпосередньо передують неробочому святковому дню, зменшується на одну годину;

– тривалість надурочної роботи не повинна перевищувати для кожного працівника 4 годин протягом двох днів підряд і 120 годин на рік;

– протягом робочого дня (зміни) працівникові має бути надана перерва для відпочинку і харчування тривалістю не більше двох годин і не менше 30 хвилин, яка до робочого часу не включається;

– тривалість щотижневого безперервного відпочинку не може бути меншою за 42 години.

4.1.2 Організаційні заходи під час компонування робочої зони

Вимоги до організації робочого місця з ПЕОМ наведено в таких нормативних документах: Державні санітарні правила і норми «Влаштування і обладнання кабінетів комп'ютерної техніки в навчальних закладах та режим праці учнів на персональних комп'ютерах» (ДСанПіН 5.5.6.009-98) [18]. Відповідно до цього конструкція робочого місця має відповідати антропометричним, фізіологічним і психологічним вимогам, а також характеру роботи. При цьому має бути забезпечено виконання трудових операцій у межах зони досяжності моторного поля. Виконання трудових операцій "часто" і

"дуже часто" має бути забезпечено в межах зони легкої досяжності та оптимальної зони моторного поля.

Конструкцією виробничого обладнання та робочого місця має бути забезпечено оптимальне положення працюючого, яке досягається регулюванням:

– висоти робочої поверхні, сидіння і простору для ніг;

– висоти сидіння і підставки для ніг (за нерегульованої висоти робочої поверхні). Оптимальна робоча поза для тих, хто працює нижчого зросту, досягається за рахунок збільшення висоти робочого сидіння і підставки для ніг на величину, що дорівнює різниці між висотою робочої поверхні для працюючого зростом 1800 мм і висотою робочої поверхні, оптимальною для зросту цього працівника.

При розміщенні робочих місць з ПЕОМ відстань між робочими столами з відеомоніторами має бути не менше 2,0 м, а відстань між бічними поверхнями відеомоніторів - не менше 1,2 м. Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей користувача на відстані 600700 мм, але не ближче 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів.

Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менш як 600 мм, завширшки - не менш як 500 мм, глибиною на рівні колін - не менш як 450 мм і на рівні витягнутих ніг - не менш як 650 мм. Конструкція робочого стільця повинна забезпечувати:

– ширину і глибину поверхні сидіння не менше 400 мм;
– поверхня сидіння із заокругленим переднім краєм;
– регулювання висоти поверхні сидіння в межах від 400 до
– 550 мм і кутам нахилу вперед до 15° і назад до 5°;

– висоту опорної поверхні спинки від 280 мм до 320 мм, ширину - не менше 380 мм і радіус кривизни горизонтальної площини - 400 мм;
– кут нахилу спинки у вертикальній площині в межах ± 30°;
– регулювання відстані спинки від переднього краю сидіння в межах від 260 до 400 мм;
– стаціонарні або знімні підлокітники довжиною щонайменше 250 мм і шириною від 50 до 70 мм;
– регулювання підлокітників за висотою над сидінням у межах від 200 до 260 мм і внутрішньої відстані між підлокітниками в межах від 350 до 500 мм

Дотримання даних вимог забезпечує високу продуктивність праці робітника. Крім того, сприяє зниженню впливу шкідливих факторів, чим скорочує стомлюваність.

4.2 Виробнича безпека

4.2.1 Аналіз шкідливих і небезпечних факторів

Для забезпечення безпеки персоналу використовується класифікація чинників, що впливають, під час виконання робіт на шкідливі та небезпечні. Під час здійснення цієї роботи на дослідника впливали такі шкідливі фактори за ГОСТ 12.0.003-2015 [19], описані в табл. 4.1.

Табл. 4.1- Можливі небезпечні та шкідливі фактори

Фактори (ГОСТ 12.0.0032015)	Етапи робіт			Нормативні документи
	Розробка	Виготовлення	Експлуатація	
1.відхилення показників мікроклімату	+	+	+	СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 [16]. СанПіН 2.2.4.548-96 [5]. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [6]. СП 52.13330.2016 [7]. ГОСТ 12.1.019-2017 [8]
2. Перевищення рівня шуму		+		
3. відсутність або нестача природного світла	+	+	+	
4.Недостатня освітленість робочої зони			+	
5. Наявність електромагнітних полів	+	+	+	
6.Підвищене значення напруги в електричному колі, замикання якого може статися через тіло людини	+	+	+	

4.2.2 Відхилення показників мікроклімату

Будь-яке робоче місце повинно відповідати певним вимогам, для забезпечення високої продуктивності працівника. Ці умови повинні мінімізувати психологічне напруження, пов'язане з кліматом внутрішнього середовища приміщення або маленькою площею, виділеною на робоче місце. Дана науково-дослідна робота проводилася у відділенні автоматизації. Даний кабінет має площу 43.01 м^2 та 8 робочих місць обладнаних ПЕОМ. Відповідно до СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 [16], на одного працівника має бути виділена площа 4,5 м^2 . Цей

кабінет відповідає цим вимогам, оскільки в ньому відводиться 5,4 м^2 на одного працівника.

Вимоги до оптимальних величин мікроклімату наведено в СанПіН 2.2.4.548-96 [20]. Ці параметри мають забезпечувати комфортне перебування людини на робочому місці, без стану теплового дискомфорту. Оскільки ця робота не пов'язана зі значними фізичними навантаженнями, вона належить до категорії робіт Іа за рівнем енерговитрат. Вимоги встановлюються до таких показників, оптимальні величини яких наведено в табл..4.2

– температура повітря;
– температура поверхонь;
– відносна вологість повітря; - швидкість руху повітря.

Табл. 4.2 - Оптимальні величини показників мікроклімату на робочих місцях виробничих приміщень

Період року	Температура повітря, ºС	Температура поверхонь, ºС	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
Теплий	(23 - 25)	(22 - 26)	(40 - 60)	0,1
Холодний	(22 - 24)	(21 - 25)	(40 - 60)	0,1

Якщо з технологічних вимог, технічних та економічно обґрунтованих причин не можуть бути забезпечені оптимальні величини показників мікроклімату, встановлюються допустимі величини показників мікроклімату. Ці показники встановлені за критеріями допустимого теплового і функціонального стану людини на період 8-годинної робочої зміни. Вони не спричиняють ушкоджень або порушень стану здоров'я, але можуть призводити до виникнення загальних і локальних відчуттів теплового дискомфорту, напруження механізмів

терморегуляції, погіршення самопочуття і зниження працездатності. Допустимі величини показників мікроклімату наведено в табл. 4.3.

Табл. 4.3 - Допустимі показники мікроклімату

Період року	Температура повітря, ºС		Температура поверхностей, ºС	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
	Діапазон нижче оптимальних величин	Діапазон вище оптимальних величин			Діапазон нижче оптимальних величин	Діапазон вище оптимальних величин
Теплий	(21,0-22,9)	(24,1-25,0)	(20,0-29,0)	(15-75)	0,1	0,2
Холодний	(20,0-21,9)	(25,1-28,0)	(19,0-26,0)	(15-75)	0,1	0,1

Робоче місце відповідає допустимим показникам мікроклімату. Для забезпечення показників у допустимих межах використовується водна система опалення. Вентиляція повітря підтримується провітрюванням аудиторії під час перерв.

Показники мікроклімату на робочому місці відповідають допустимим показникам мікроклімату. На підставі цього можна зробити висновок про те, що жодних додаткових заходів проводити не потрібно.

4.2.3 Перевищення рівня шуму

У цьому розділі будуть висвітлені питання, пов'язані з рівнем шуму на робочому місці. Шум чинить значний вплив на продуктивність праці працівника, пов'язано це зі зниженням уваги та підвищеною стомлюваністю. Основні вимоги до допустимого рівня шуму на робочих

місцях наведено в СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [21]. Гранично допустимий рівень звукового тиску, відповідно до відповідно до середньогеометричних частот, наведено в табл. 4.4.

Табл. 4.4 - Гранично допустимі рівні звукового тиску

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах із середньогеометричними частотами, Гц									Рівні звуку в дБА
Наукова діяльність, робоче місце з обчислювальною машиною.	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	50
	86	71	61	54	49	45	42	40	38	

Основними джерелами шуму є:

– система охолодження системних блоків;

– шум із вулиці;

– люмінесцентні лампи.

Для зменшення рівня шуму потрібно регулярно проводити технічне обслуговування комп'ютерів, а саме: чистку від пилу. Робоче місце розташоване на віддалі від дороги. Також, у ньому проводиться регулярне технічне обслуговування комп'ютерів. Для зниження шуму від люмінесцентних ламп найкраще використовувати електронний пускорегулювальний апарат (ЕРПА) замість звичайного пускорегулювального апарату (дроселя). Усе це значно знижує рівень шуму. Шум на робочому місці не перевищує гранично допустимий рівень звукового тиску. Ґрунтуючись на цьому, можна зробити висновок про те, що робоче місце відповідає нормам.

4.2.4 Недостатня освітленість робочої зони та відсутність або брак природного світла

Найважливішою умовою для забезпечення сприятливих умов праці є раціональне освітлення робочого місця. Саме воно є основоположним фактором, що впливає на продуктивність роботи. На сьогодні вимоги до освітленості робочого місця наведені в СП 52.13330.2016 [22]. Освітлення має бути не надмірно яскравим, для зменшення подразнення в очах. Однак, недостатність освітлення призведе до підвищеної стомлюваності через напруження зору.

Забезпечення освітлення робочого місця забезпечується змішаним освітленням, тобто з використанням природного і штучного освітлення. Віконні прорізи переважно мають бути орієнтовані на північ і північний схід. Також вони мають бути обладнані регульованими пристроями на кшталт: жалюзі, фіранок, зовнішніх козирків тощо.

Робочі столи мають бути розміщені таким чином, щоб відеодисплейні термінали були орієнтовані бічною стороною до світлових прорізів, щоб природне світло падало переважно зліва.

Освітленість на поверхні стала в зоні розміщення робочого документа має бути від 300 до 500 лк. Оскільки освітлення не повинно створювати відблисків, освітленість на поверхні екрана не повинна бути більше 300 лк.

Слід обмежувати пряму блискучість від джерел освітлення, при цьому яскравість поверхонь, що світяться (вікна, світильники тощо), які перебувають у полі зору, має бути не більш як 200 кд/м^2 . Слід обмежувати відбиту блискучість на робочих поверхнях (екран, стіл, клавіатура та ін.) за рахунок правильного вибору типів світильників і розташування робочих місць відносно джерел природного та штучного

освітлення, при цьому яскравість відблисків на екрані ПЕОМ не має перевищувати 40 кд/м^2 і яскравість стелі не має перевищувати 200 кд/м.

Показник засліпленості для джерел загального штучного освітлення в навчальних приміщеннях має бути не більше 15. Яскравість світильників загального освітлення в зоні кутів випромінювання від 50 °С до 90 °С за вертикаллю в поздовжній і поперечній площинах повинна становити не більше 200 кд/м^2 , захисний кут світильників має бути не менше 40°.

Коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 5 %.

Слід обмежувати нерівномірність розподілу яскравості в полі зору користувача ПЕОМ, водночас співвідношення яскравості між робочими поверхнями не повинне перевищувати співвідношення від 3:1 до 5:1, а між робочими поверхнями та поверхнями стін і обладнання 10:1.

Для забезпечення нормованих значень освітленості в приміщеннях для використання ПЕОМ слід проводити чищення стекол віконних рам і світильників не рідше ніж двічі на рік і проводити своєчасну заміну перегорілих ламп.

4.2.5 Рівень електромагнітних полів

Оскільки електронно-обчислювальні машини створюють електромагнітні поля, які негативно впливають на здоров'я та самопочуття людини, існують вимоги, що регламентують відповідні параметри. Ці вимоги описані в СанПіН 2.2.2/2.4.1340-03 [16]. Тимчасові допустимі рівні електромагнітного поля, створюваного ПЕОМ на робочому місці, наведено в табл. 4.5.

Табл. 4.5- Тимчасово допустимі рівні ЕМП, створюваних ПЕОМ на робочих місцях

Найменування параметрів		ВДУ
Напруженість електричного поля	у діапазоні частот від 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	у діапазоні частот від 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Щільність магнітного потоку	у діапазоні частот від 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	у діапазоні частот від 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Напруженість електростатичного поля		15 кВ/м

Для зменшення впливу електромагнітного поля, потрібно віддалити джерело від працівника. У цьому випадку основним джерелом є LCD-дисплей. Для мінімізації впливу шкідливого фактора потрібно розташувати монітор від очей користувача на відстані 600-700 мм, але не ближче 500 мм. Електромагнітні поля на робочому місці не перевищують гранично допустимий рівень ЕМП. Ґрунтуючись на цьому, можна зробити висновок про те, що робоче місце відповідає нормам.

4.2.6 Підвищене значення напруги в електричному колі

Ураження електричним струмом є серйозною небезпекою під час роботи з ПЕОМ. Саме тому потрібно проводити заходи щодо забезпечення електробезпеки. Основні вимоги з електробезпеки представлені в нормативному документі ГОСТ 12.1.019-2017 [23]. Робоче місце знаходиться в аудиторії, яка відноситься до групи приміщень без підвищеної небезпеки. Оскільки це приміщення сухе, добре опалювальне, зі струмонепровідними підлогами, з температурою від 18 до 20 °С і вологістю від 40 до 50 %.

Причиною ураження електричним струмом під час роботи з ПЕОМ може бути як помилка, під час дотику до струмоведучих частин, так і в разі погіршення ізоляції струмоведучих частин. Ураження електричним струмом може призвести до серйозних травм, а в деяких випадках - до смерті.

Оскільки всі струмоведучі частини комп'ютера ізольовані, а також поміщені в спеціальний корпус, ймовірність дотику до струмоведучих частин зведена до мінімуму. Також живильні розетки мають заземлювальні контакти, які забезпечують дотримання вимог електробезпеки.

4.3 Екологічна безпека

Дотримання екологічної безпеки є важливою вимогою для будь-якої діяльності людини. Пов'язано це з тим фактом, що практично будь-яка діяльність призводить до негативного впливу на навколишнє середовище. Саме тому потрібно виявляти передбачувані джерела забруднення і вживати відповідних заходів щодо їх мінімізації.

Це дослідження не є промисловою діяльністю, оскільки проводиться з використанням ПЕОМ. Небезпека для довкілля виникає тільки в разі неправильної утилізації комп'ютерної техніки, оскільки в ній містяться небезпечні для довкілля речовини, такі як похідні газів і важкі метали. Під час потрапляння на звалище, ці речовини проникають у ґрунт, отруюють повітря і воду. Несправні пристрої списуються, а потім утилізуються спеціалізованими організаціями.

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації техногенного характеру нині становлять велику загрозу безпеці людини, як на робочому місці, так і поза ним. До однієї з таких ситуацій, під час роботи з ЕОМ, можна віднести пожежу, причини виникнення якої було розглянуто раніше.

Оскільки ЕОМ не чинить особливого впливу на навколишнє середовище, виникнення цієї НС малоймовірне і буде спричинене сторонніми факторами. Оскільки робота з ЕОМ не виділяє шкідливих речовин, здатних викликати серйозні захворювання, надзвичайні ситуації не можуть бути спричинені під час науково-дослідної роботи використовуваними технічними засобами.

Оскільки робота з ЕОМ не чинить значного впливу на навколишнє середовище, ці надзвичайні ситуації не можуть бути спричинені під час науково-дослідної роботи використовуваними технічними засобами.

У разі виникнення надзвичайної ситуації - пожежі в 10 корпусі Томського політехнічного університету передбачено всі заходи для забезпечення евакуації людей, які перебувають усередині. До них належать система охоронно-пожежна сигналізація, плани евакуації, порошкові вогнегасники, таблички з напрямком до запасного виходу. План евакуації другого поверху правого крила, на якому розташовується аудиторія, представлений на рис.4.1



Рис. 4.1 - План евакуації під час пожежі та інших НС

Основні вимоги щодо забезпечення пожежної безпеки подано в документі "Технічний регламент про вимоги пожежної безпеки" [25]. Оскільки робота в навчальному кабінеті не передбачає використання пожежонебезпечних матеріалів, ця робоча зона належить до категорії приміщень зі зниженою пожежонебезпекою (Д). До цього класу приміщень належать приміщення, у яких перебувають (обертаються) негорючі речовини і матеріали в холодному стані.

До основних причин виникнення пожежі можна віднести:

– несправності в електрообладнанні;
– несправності в проводці;
– дефекти в електричних приладах;
– коротке замикання;
– недотримання правил пожежної безпеки.

До небезпечних факторів пожежі, що впливають на людей і майно, належать:

– полум'я та іскри;
– тепловий потік;
– підвищена температура навколишнього середовища;
– підвищена концентрація токсичних продуктів горіння і термічного розкладання;
– знижена концентрація кисню; - зниження видимості в диму.

Відповідно до технічного регламенту кожен об'єкт повинен мати систему забезпечення пожежної безпеки. Дана система створюється з метою запобігання пожежі, забезпечення безпеки людей і захист майна під час пожежі. Дана система має включати в себе:

– систему запобігання пожежі;
– систему протипожежного захисту;
– комплекс організаційно-технічних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки.

Висновок по розділу

У четвертому розділі були розглянуті правові та організаційні питання забезпечення безпеки на підприємстві.

Правові питання забезпечення безпеки: Залучення правових норм до забезпечення безпеки є основою для створення ефективної системи управління ризиками на підприємствах і в суспільстві в цілому. Законодавство визначає стандарти безпеки, правила та норми, які повинні бути виконані для забезпечення здоров’я та життя працівників,

а також збереження навколишнього середовища. Важливими аспектами є дотримання норм охорони праці, вимог до безпеки на виробництві, а також права громадян на захист від екологічних небезпек і наслідків надзвичайних ситуацій.

Організаційні питання забезпечення безпеки: Окрім правових норм, важливою складовою є організаційне управління безпекою. Це включає в себе розробку політики безпеки, планів дій у разі надзвичайних ситуацій, навчання та підготовку персоналу, контроль за дотриманням норм безпеки. Створення та підтримка ефективних систем безпеки на підприємствах вимагає залучення кваліфікованих фахівців, постійного моніторингу потенційних ризиків і загроз, а також оперативного реагування на будь-які зміни в умовах виробництва чи середовища.

Виробнича безпека: Виробнича безпека є однією з ключових складових забезпечення загальної безпеки. Вона охоплює заходи, спрямовані на запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Для досягнення ефективної виробничої безпеки необхідно впроваджувати сучасні технології, регулярно проводити навчання персоналу, а також здійснювати контроль за роботою обладнання та відповідністю умов праці вимогам безпеки. Зокрема, особливу увагу потрібно приділяти безпеці при роботі з небезпечними матеріалами та механізмами.

Екологічна безпека: Екологічна безпека охоплює заходи, які забезпечують збереження навколишнього середовища та захист здоров’я людини від негативного впливу промислової діяльності. Важливими елементами екологічної безпеки є контроль за викидами шкідливих речовин у повітря, воду і грунт, а також утилізація відходів і

використання екологічно чистих технологій. Охорона природи є невід'ємною частиною сталого розвитку і передбачає інтеграцію екологічних стандартів у всі аспекти економічної діяльності.

Безпека в надзвичайних ситуаціях: Безпека в надзвичайних ситуаціях є важливою частиною загальної системи забезпечення безпеки. Вона охоплює заходи, що вживаються для запобігання надзвичайним ситуаціям, а також для швидкого та ефективного реагування на них. Важливою складовою є планування дій в разі стихійних лих, техногенних аварій, терористичних актів чи інших кризових ситуацій. Підготовка органів управління та населення до таких ситуацій через тренування, розробку планів евакуації і застосування спеціальних засобів є основою ефективної системи безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Для забезпечення соціальної безпеки необхідно притримуватися наступного:

1. Посилення нагляду за дотриманням норм і стандартів безпеки на виробництвах.

Підвищення рівня екологічної освіти і свідомості серед населення та підприємств.

Розробка та впровадження системи швидкого реагування на надзвичайні ситуації, включаючи навчання персоналу та розвиток інфраструктури.

Поглиблення інтеграції екологічних і безпекових стандартів у виробничі та управлінські процеси.

ВИСНОВОК

Ефективна система забезпечення єдності вимірювань є основоположним фактором для розвитку науки і техніки. Пов'язано це насамперед із тим, що в переважній більшості організацій використовуються засоби вимірювань. Сучасна система забезпечення єдності вимірювань морально і технічно застаріла, а тому потребує нових рішень, для підвищення ефективності. Таким рішенням може стати перехід до використання інформаційних систем і калібрування з віддаленим доступом.

У цій роботі розглянуто можливість переходу від паперових носіїв до використання інформаційних систем. Надано огляд законодавства, пов'язаного з оформленням результатів повірки та калібрування. Зроблено висновок про те, що оскільки на сьогодні кваліфікований електронний підпис має юридичну силу, є можливість замінити паперові свідоцтва та сертифікати на файли в базі даних, підписані електронним підписом. Цей метод значно знизить витрати на випуск бланків, підвищить захищеність і доступність метрологічної інформації про засоби вимірювань.

Крім цього розглянуто алгоритм оцінювання невизначеності вимірювань. Було виявлено, що зайві спрощення обчислень призводять до втрати практичної цінності отриманої величини. Було надано практичні рекомендації щодо оцінювання розширеної невизначеності вимірювань.

Було розроблено програмно-апаратний комплекс калібрування з віддаленим доступом вольтметрів на базі PXI. Програмну частину розроблено в середовищі LabVIEW. За допомогою цього комплексу було

проведено калібрування вольтметра. На підставі цього можна зробити висновок про те, що сучасний рівень технологічного прогресу дає змогу перейти до нових технічних рішень для зменшення витрат на передачу одиниці фізичної величини.