

Форма № 24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет радіоелектроніки

(повне найменування інституту, факультету)

Мікро- та наноелектроніки

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

магістр

(ступінь вищої освіти)

на тему Підвищення якості та точності вимірювань технологічних параметрів
на атомній електростанції

Виконав: студент(ка) ІІ курсу, групи РТ-419м

Спеціальності 152 Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Якість, стандартизація та сертифікаціяСитник К.В.

(прізвище та ініціали)Керівник Матюшин В.М.

(прізвище та ініціали)Рецензент Манукян О.А.

(прізвище та ініціали)

Форма № 25

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут, факультет Радіоелектроніки та телекомунікацій

Кафедра Мікро- та наноелектроніки

Ступінь вищої освіти магістр

Спеціальність 152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка

Освітня програма (спеціалізація) Якість стандартизація та сертифікація

(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

В.В.Погосов

« _____ » _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТКИ

Ситник Катерини Володимирівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Підвищення якості та точності вимірювань технологічних параметрів на атомній електростанції

керівник проекту (роботи) Матюшин В.М., професор, доктор фіз.-мат. наук,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «13» листопада 2020 року №331

2. Строк подання студентом проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проекту (роботи) вимірювальне обладнання: датчик тиску «Сапфір» для вимірювання надлишкового тиску масла, кисню з класом точності 0,5 та термоперетворювач опору ТСП для вимірювання температури повітря приміщення класу В. Заміна на вимірювальне обладнання: датчик тиску «Сапфір» для вимірювання надлишкового тиску масла, кисню з класом точності 0,25 та термоперетворювач опору ТСП для вимірювання температури повітря приміщення класу А

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Засоби вимірювань та контролю – технічна база метрологічного забезпечення; Призначення вимірювань і контролю параметрів на атомній електростанції; Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки та метрологічні характеристики вимірювальних систем на АЕС; Визначення економічного ефекту від заміни застосовуваних засобів вимірювальної техніки більш досконаліми; Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3	Матюшин В.М., проф. кафедри МіНЕ		
4	Севастьянов Р.В., доц., к.е.н.		
5	Якімцов Ю.В., доц., к.т.н.		
Нормо-контроль	Коротун А.В., доц.кафедри МіНЕ		

7. Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Засоби вимірювань та контролю – технічна база метрологічного забезпечення	11.09.2020	
2	Призначення вимірювань і контролю параметрів на атомній електростанції	28.09.2020	
3	Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки та метрологічні характеристики вимірювальних систем на АЕС	14.10.2020	
4	Визначення економічного ефекту від заміни застосовуваних засобів вимірювальної техніки більш досконаліми	17.11.2020	
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	24.11.2020	
6	Оформлення магістерської роботи відповідно до державних стандартів	04.12.2020	

Студент(ка) _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Ситник К.В.

Керівник проекту (роботи) _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Матюшин В.М.

АНОТАЦІЯ

ПЗ: 91 с., 3 рис., 7 табл., 0 додатків, 43 джерел.

Мета роботи: дослідження якості та точності вимірювань технологічних параметрів .

Об'єкт та предмет дослідження: об'єктом дослідження є метрологічні лабораторії атомної електростанції; предметом дослідження є засоби вимірювальної техніки.

Методи дослідження: розрахунково-аналітичний.

Результати: впровадження нових засобів вимірювальної техніки та отримання економічного ефекту, який обумовлений підвищенням точності вимірювань технологічних параметрів від впровадження такихЗВТ.

Рекомендації щодо впровадження: робота носить рекомендаційний характер, деякі результати можуть бути використані для розрахунку заміни засобів вимірювальної техніки.

Практична цінність: досліджено отримання економічного ефекту від впровадження нових засобів вимірювальної техніки.

ТЕХНОЛОГІЧНІ ПАРАМЕТРИ, ВЕЛИКІ ІНТЕГРАЛЬНІ
МІКРОСХЕМИ, МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, ТЕХНІЧНИЙ
ПРИСТРІЙ, ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ, КОНТРОЛЬОВАНІ
ПАРАМЕТРИ, ВИМІРЮВАЛЬНА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА,
ВИМІРЮВАЛЬНО-ОБЧИСЛЮВАЛЬНИЙ КОМПЛЕКС

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;
- ВІМ – великі інтегральні мікросхеми;
- ДСВ – державна система забезпечення єдності вимірювань;
- АЕС – атомна електростанція;
- ЗАЕС – Запорізька атомна електростанція;
- ВВЕР – водо-водяний енергетичний реактор;
- РБМК – реактор великої потужності канальний;
- ССВЯП – сухе сховище відпрацьованого ядерного палива;
- МАГАТЕ – міжнародне агенство з атомної енергії;
- БЩУ – блочний щит управління;
- ВІС – вимірювальна інформаційна система;
- ЗВТ – засоби вимірювальної техніки;
- ПВП – первинний вимірювальний перетворювач;
- ПТК – програмно-технічний комплекс;
- АЦЧ – аналого-цифрова частина;
- ВОК – вимірювально-обчислювальний комплекс;
- АВП – аналоговий вимірювальний перетворювач;
- ДКР – дослідно-конструкторські роботи.

ЗМІСТ

	Вступ	8
1	Засоби вимірювань та контролю – технічна база метрологічного забезпечення	10
1.1	Призначення вимірювань і контролю параметрів технічних пристроїв	10
1.2	Метрологічне забезпечення при розробці, виробництві та експлуатації технічних пристроїв	17
1.3	Стан засобів вимірювань і контролю	23
2	Призначення вимірювань і контролю параметрів на атомній електростанції	26
2.1	Атомна електростанція	26
2.1.1	Діючі Атомні станції України	26
2.1.2	Запорізька атомна електростанція	28
2.1.3	Принципи роботи атомної електростанції	29
2.2	Основні системи, контрольовані параметри та вимірювальна інформаційна система	31
2.2.1	Атоматизовані системи контролю і управління на АЕС	31
2.2.2	Технологічні параметри	34
2.2.3	Інформаційно-вимірювальні системи	37
2.2.4	Точнісні характеристики вимірювальних систем. Критерії оцінки похибок вимірювання вхідної величини	45
3	Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки та метрологічні характеристики вимірювальних систем на АЕС	48
3.1	Нормовані метрологічні характеристики вимірювальних систем	48
3.1.1	Нормовані метрологічні характеристики вимірювальних систем	48
3.1.2	Технічні засоби метрологічних повірок	50
3.2	Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної техніки на АЕС	53
4	Визначення економічного ефекту від заміни застосовуваних	59

	засобів вимірювальної техніки більш досконалыми	
4.1	Впровадження нових засобів вимірювальної техніки на АЕС	59
4.2	Розрахунок економічного ефекту від впровадження нової техніки	60
4.3	Техніко-економічні показники від впровадження нового засобу вимірювальної техніки	68
5	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	71
5.1	Аналіз потенційних небезпек	71
5.2	Заходи по забезпеченню техніки безпеки	73
5.3	Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці	75
5.4	Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	80
5.4.1	Заходи з пожежної безпеки	80
5.4.2	Заходи з цивільного захисту	82
	Висновки	85
	Перелік посилань	87

ВСТУП

Сучасні зміни в підходах до забезпечення якості продукції в значній мірі підвищують вимоги до організації метрологічної діяльності на підприємстві. Впровадження ефективних науково-методичних і організаційно-технічних заходів адаптації метрологічної діяльності стосовно сучасних вимог управління якістю повинні сприяти підвищенню якості процесів вимірювань у промисловості.

Для забезпечення необхідної якості вимірювальних процесів здійснюється їх метрологічне забезпечення. Формування нових підходів до організації виробництва, широкомасштабне впровадження систем управління якістю значною мірою підвищують вимоги до забезпечення метрологічної діяльності на виробництві. Це зумовлює пошук шляхів підвищення якості та ефективності процесів вимірювань на етапі виготовлення продукції та інтегрування їх в процеси забезпечення якості продукції.

У виробничих умовах первинні вимірювальні перетворювачі (датчики), системи дистанційних передач, вимірювальні прилади, регулятори та інші засоби експлуатуються у складних умовах, які змінюються в часі. Це обумовлено тим, що контрольований виробничий процес, як і сам технологічний процес, змінюється у широких межах. Зміна технологічних параметрів і умов зовнішнього середовища (температури, тиску, вологості, вібрації) значно впливають на точномірні характеристики засобів вимірювальної техніки, на їхні статичні та динамічні характеристики. Кожний із впливових чинників, зазвичай, може бути виміряний окремо і врахований при одержанні результатів вимірювань, проте у виробничих умовах експлуатації всі їх врахувати майже неможливо. Тому кожний засіб вимірювання поряд з нормованою чутливістю до вимірюваної величини певним чином реагує на різні чинники, які обумовлюють підвищення похибки засобів вимірювання.

Вимірювання основних технологічних параметрів на енергетичному підприємстві повинні проводитись згідно з експлуатаційною документацією. У разі необхідності підрозділи метрологічної служби розробляють методики вимірювань, що регламентують вимоги до мети, об'єктів, умов, методів, засобів, алгоритмів вимірювань і контролю величин, які впливають на результати вимірювань. Метрологічна служба атомних електростанцій повинна мати технічне обладнання, необхідне для проведення метрологічних робіт: еталони та засоби вимірювальної техніки, випробувальне і допоміжне обладнання. Засоби вимірювальної техніки застосовуються безпосередньо для проведення вимірювань в підрозділах атомних електростанцій.

В даному дипломному проекті пропонується розглянути впровадження нового засобу вимірювальної техніки на Запорізькій атомній електростанції та виявити який економічний ефект сформується при такому впровадженні, а також чи доцільно застосовуватиме впроваджувати новий засіб вимірювальної техніки та до яких результатів приведе таке впровадження.

1 ЗАСОБИ ВИМІРЮВАНЬ ТА КОНТРОЛЮ – ТЕХНІЧНА БАЗА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.1 Призначення вимірювань і контролю параметрів

З кожним роком у всьому світі обсяг вимірювань зростає, кількість їх досягла астрономічних цифр; тільки в нашій країні щорічно виробляються десятки мільярдів вимірювань. Потік вимірювальної інформації, мабуть, буде зростати й далі. Очевидно, ця обставина в майбутньому приноситиме не тільки користь, але й шкоду: впоратися зі зростаючими масивами інформації, розумно обробити їх, виключити невірні, неточні результати не завжди буде можливим. Шукати шляхи скорочення потоку вимірювальної інформації, забезпечити її інтеграцію необхідно вже сьогодні, так само як важливо подбати про підвищення достовірності вимірювань.

Сучасні технічні пристрої являють собою сукупність великого числа так званих «комплектуючих виробів», об'єднаних електричними, електронними, оптоелектронними, механічними зв'язками в вузли, блоки, системи, комплекси для вирішення тих чи інших завдань. Електронні автоматизовані системи управління, ЕОМ та інші пристрої можуть включати в себе тисячі, десятки і навіть сотні тисяч комплектуючих виробів. Багато з них, наприклад великі інтегральні мікросхеми (ВІМ), являють собою композиційну сукупність десятків і навіть сотень тисяч транзисторів. Подібні вироби самі по собі є досить складними технічними пристроями, тому складною являється і система, в якій одночасно функціонують сотні ВІМ і зв'язок між ними. При цьому зміна параметрів (властивостей) одного або декількох виробів впливають на якість функціонування інших взаємодіючих, приєднаних виробів. Будь-який виріб має, на жаль, не безмежний ресурс і термін служби. Його параметри (властивості) з плином часу, раніше чи пізніше, починають змінюватися поступово, а іноді під впливом зовнішніх впливів і швидкоплинно. Наявність зв'язків між елементами викликає відповідну зміну якогось загального параметра (властивості) сукупності

з'єднаних комплектуючих виробів. При деякому рівні зміни одного або декількох параметрів (властивостей) вузол (блок, система, комплекс) втрачає свою працездатність. Щоб запобігти втраті працездатності або відновити втрачену якість (працездатність) технічного пристрою, необхідно кількісно оцінити його основні параметри (властивості) або параметри його блоків, вузлів, навіть окремих комплектуючих виробів.

Параметри будь-яких технічних пристроїв, режими їх роботи представляються внутрішнім і зовнішнім «наборами» числових значень сукупності фізичних величин (електричних, лінійно-кутових, теплових, оптичних, акустичних та ін.). Значення фізичних величин під час роботи технічного пристрою об'єктивно існують, вони невідомі, якщо їх не виміряти. Отже, визначення невідомих числових значень фізичних величин і є метою вимірювань.

Правильність визначення значення вимірюваної фізичної величини залежить від якості застосовуваних засобів вимірювань, які є також технічними пристроями, здатними виміряти ту чи іншу фізичну величину із заздалегідь відомою точністю.

Число вимірювальних завдань і вимірюваних фізичних величин виявляється найбільшим при конструюванні і виробництві сучасних радіоелектронних комплексів і систем. Якщо в машинобудуванні застосовують в основному лінійно-кутові, теплотехнічні, оптичні види засобів вимірювань і частка витрат вимірювання не перевищує 15-25%, то у виробництві радіоелектронних комплексів і систем поряд з цими використовують електричні та радіотехнічні види засобів вимірювань і доля витрат на вимірювання досягає 50% і більше. Так, приблизно 50% операцій, що виконуються при виробництві ВІМ, складають вимірювальні (контрольні).

В процесі експлуатації радіоелектронних комплексів, автоматизованих систем управління і ЕОМ для підтримки працездатності доводиться періодично послідовно або одночасно вимірювати велике число фізичних

величин, зі значними межами зміни і в широкому діапазоні частот. Перш за все, практично в кожному сеансі роботи складного технічного пристрою необхідно контролювати відповідність значень фізичних величин встановлених значень або меж (допусків). Подібний контроль параметрів і характеристик для визначення можливості нормального функціонування технічних пристроїв, пов'язаний з визначенням значень фізичних величин, називається вимірювальним. У ряді випадків немає необхідності визначати (із заданою точністю) числові значення фізичних величин: часто потрібно фіксувати тільки наявність будь-якого сигналу або знаходження параметра в широкому полі допуску (не менше, не більше і т.п.). У таких випадках проводиться якісна оцінка параметрів технічного пристрою, а процес оцінки називається якісним контролем або просто контролем. При контролі часто застосовують колірну індикацію (колір сигналу вказує оператору на відповідність параметра певної межі). У ряді випадків для контролю застосовують так звані індикатори–засоби вимірювань з низькими точнісними характеристиками[1-3].

Принципові відмінності між вимірювальним контролем і якісним полягає в наступному: в першому випадку вимірювана фізична величина оцінюється із заданою точністю і в широкому діапазоні її можливих значень (діапазоні вимірювань). Отримане при вимірюванні значення фізичної величини цілком достовірно може бути порівняне з заданим значенням. У другому випадку оцінювана фізична величина може приймати будь-яке значення (у широкому діапазоні її можливих значень), яке є невизначеним, за винятком одного (або двох), коли значення фізичної величини стає рівним верхній (нижній) границі поля допуску (цей момент супроводжується світловим або іншим сигналом). Якщо в якості індикатора при контролі застосовують засіб вимірювань, то відповідні значення фізичної величини отримують цілком певними, але без «гарантії» точності результату контролю.

У багатьох випадках, а в останні роки все частіше, вимірювання і контроль застосовують спільно (ряд фізичних величин підлягає

вимірюванню, інші - контролю). Більш того, іноді вимірюванню передують контроль (наприклад, коли необхідно перед вимірюванням визначити полярність вимірюваного параметра). У процесі виробництва і експлуатації сучасних технічних пристроїв основне значення має вимірювальний контроль, при якому процедура вимірювань поєднується з інформаційно-логічними і обчислювальними операціями (все частіше за допомогою ЕОМ), що складаються в зіставленні із заданою точністю результату вимірювань з необхідним значенням параметра. Оскільки для визначення якості функціонування технічного пристрою необхідно оцінити велике число параметрів, то вимірювання та інформаційно-логічні операції за невеликий проміжок часу можна вести при автоматизації процесу вимірювань і контролю [3].

З рисунка 1.1 випливає, що засоби вимірювань і контролю, включені в замкнуту систему управління, дозволяють отримувати об'єктивну інформацію про функціонування технічного пристрою і таким чином визначати алгоритми дій системи управління. Дана схема може бути автоматизованою, напівавтоматизованою, з ручним керуванням. В автоматизованій системі сукупність засобів вимірювань об'єднується в єдину систему, керовану контролером, спеціалізованої або універсальної ЕОМ.



Рисунок 1.1 – Типова схема управління складним технічним пристроєм

Вимірювальний контроль при експлуатації технічних пристроїв використовують не тільки для підтримки працездатності, відшукування несправностей. Однією з важливих функцій вимірювань є використання їх результатів для налаштування, регулювання, юстирування технічних пристроїв з метою встановлення заданих режимів роботи, визначення допустимих за технічними умовами можливостей застосування. Наприклад, при підготовці до вильоту літаків потрібно оцінити метеорологічні фактори в районі аеродрому базування (дальність видимості, висота нижньої кромки хмарності, атмосферний тиск та ін.). Очевидно, в подібних випадках засоби вимірювань безпосередньо не входять до складу контрольно-вимірювальної системи, призначеної для управління технічним пристроєм, але система управління не може обходитися без результатів, одержуваних за допомогою засобів вимірювань параметрів зовнішнього середовища. Ось чому в типовій схемі(рис. 1.1) управління складним технічним пристроємці засоби присутні[6, 7].

Самостійне значення мають засоби вимірювань і контролю при розробці і виробництві технічних пристроїв. У сучасних умовах, коли безперервно зростають вимоги до точності функціонування технічних пристроїв, практично неможливо реалізувати задум конструкторів при створенні макета пристрою, якщо відсутні засоби вимірювань тих чи інших фізичних величин з необхідною точністю, стабільністю, діапазоном вимірювань.Більш того, розвиток засобів вимірювань і контролю, що застосовуються при розробці технічних пристроїв, має йти випереджаючими темпами. Це відображає певну залежність розробників технічних систем, які прагнуть надати розробці якомога більше нових якісних і кількісних ознак, від можливості виміряти, а значить отримати ці нові ознаки у створюваного пристрою. У зв'язку з цим, ніщо так швидко морально не застаріває, як засоби вимірювань, особливо тих видів, які знаходяться на передових рубежах науково-технічного прогресу. До таких видів вимірювань, в першу чергу, відносяться радіотехнічні вимірювання, так як розвиток

радіоелектроніки відбувається досить швидкими темпами і області її поширення на технічні пристрої стають все ширше[8, 9].

За умовами застосування, що визначають зазвичай відповідні конструктивно-технічні особливості виконання, а іноді й значення метрологічних характеристик, розрізняють засоби вимірювань і контролю:

-лабораторні, використовувані при наукових дослідженнях, проектуванні технічних пристроїв, навчальному процесі. Ці засоби володіють найбільшою точністю, стабільністю, чутливістю, діапазонністю, а в ряді випадків - унікальністю метрологічних характеристик (майже еталонною точністю) і методів вимірювань. Усі великі відкриття стали можливими тільки при досягненні відповідних показників точності і чутливості засобів вимірювань;

-виробничі, використовувані для забезпечення заданих характеристик технологічних процесів, контролю готової продукції при прийнятно-здавальних випробуваннях, ремонту технічних пристроїв та інші засоби вимірювань в порівнянні з лабораторними володіють більш високою точністю до зовнішніх впливів (тепло, вологість, удари, вібрації і т. п.). Тому за метрологічними характеристиками вони зазвичай поступаються лабораторним засобам вимірювань;

- польові, використовувані безпосередньо при експлуатації літаків, кораблів, автомобілів та ін. (в тому числі і вбудовані в них). Ці засоби вимірювань і контролю повинні володіти відповідними показниками стійкості до зовнішніх впливів або бути надійно від них захищеними. У більшості випадків польові засоби вимірювань і контролю істотно поступаються лабораторним і виробничим за метрологічними характеристиками, але володіють більш високими показниками надійності.

У технічній документації на засоби вимірювань (паспорт, технічний опис, технічні умови, інструкція з експлуатації) вказується група виконання, що визначає рівень стійкості до зовнішніх впливів, і, отже, допустимі умови застосування даного типу засобу вимірювань. Наприклад, група виконання

засобу вимірювань електричних величин вибирається відповідно до вимог ГОСТ 22261-82[10].

1.2 Метрологічне забезпечення при розробці, виробництві та експлуатації технічних пристроїв

Метрологічне забезпечення технічних пристроїв являє собою комплекс науково-технічних і організаційно-технічних заходів, а також відповідну діяльність установ і фахівців, спрямованих на забезпечення єдності і точності вимірювань для досягнення необхідних (паспортних) характеристик функціонування технічних пристроїв. В даний час метрологічне забезпечення прийнято розуміти в широкому і вузькому сенсі.

У широкому сенсі воно включає:

- теорію і методи вимірювань і контролю, теорію та методи забезпечення точності і єдності вимірів;

- методи і засоби забезпечення достовірного контролю параметрів і характеристик технічних пристроїв;

- засоби вимірювань і контролю (робочі, зразкові, еталони);

- організаційно-технічні питання забезпечення єдності та точності вимірювань, включаючи нормативно-технічні документи (Державні стандарти, методичні вказівки, технічні вимоги і умови), що регламентують порядок і правила виконання робіт із забезпечення єдності і точності вимірювань, а також забезпечення працездатності та ремонту засобів вимірювань і контролю.

У вузькому сенсі під метрологічним забезпеченням розуміють:

- нагляд за застосуванням законодавства щодо встановленої системи одиниць фізичних величин;

- забезпечення єдності і точності вимірювань шляхом передачі розмірів одиниць фізичних величин від еталонів до засобів вимірювань;

- розробку і нагляд за функціонуванням державних і відомчих повірочних схем;

- розробку методів вимірювань найвищої точності і створення на цій основі еталонів;

- нагляд за станом засобів вимірювань в міністерствах і відомствах.

На різних етапах життєвого циклу технічного пристрою його метрологічне забезпечення має ряд загальних і самостійних завдань. На етапі розробки основними з них є:

- дослідження параметрів і характеристик технічних пристроїв для визначення вимог до обсягу і якості вимірювань і контролю (межі допустимої зміни параметрів і характеристик пристрою за умови збереження працездатності; номенклатура вимірюваних із заданою точністю параметрів і характеристик; номенклатура контрольованих параметрів з необхідною достовірністю);

- вибір засобів вимірювань і контролю з числа, що серійно випускаються. Якщо необхідних засобів вимірювань не існує, задають вимоги на створення нових типів. При цьому враховують необхідність вимірювань не тільки при розробці і виробництві технічного пристрою, але і при його майбутній експлуатації. Якщо ця умова порушується, то служби експлуатації виявляються у важких умовах і часто змушені використовувати замість польових (виробничих) приладів лабораторні або застосовувати для грубої оцінки працездатності індикатори з очевидною втратою деяких паспортних характеристик технічного пристрою, що призводить до зниження ефективності його застосування;

- визначення методу вимірювання або контролю фізичної величини (коли неможливо забезпечити вимірювання параметра із заданою точністю і у відповідному діапазоні, або взагалі невідомі методи вимірювання);

- забезпечення розробників необхідними засобами вимірювань і контролю і методиками вимірювань;

- перевірка застосовуваних засобів вимірювань.

На етапі виробництва технічного пристрою основними завданнями метрологічного забезпечення є:

- визначення номенклатури параметрів і норм точності вимірювань при вхідному контролі застосовуваних у виробництві матеріалів, комплектуючих елементів (виробів). Вхідний контроль є одним з важливих факторів підвищення якості та надійності продукції. Тому саме з вхідного контролю починається метрологічне забезпечення технічних пристроїв;

- аналіз технологічних процесів з точки зору визначення номенклатури і послідовності вимірювально-контрольних операцій, встановлення метрологічних характеристик відповідних засобів вимірювань, визначення можливості їх «вбудовування» в технологічний процес. У багатьох випадках при цьому потрібно розробити і атестувати методики вимірювань контрольованих параметрів;

- створення (тільки при крайній необхідності) так званих нестандартизованих (спеціальних) засобів вимірювань і контролю. Застосування спеціальних засобів вимірювань поступається приладам загального застосування, що випускаються серійно. Іноді на етапі підготовки виробництва технічного пристрою створюють нестандартизовані автоматизовані системи вимірювань і контролю, що дозволяють забезпечити високий рівень продуктивності вимірювань, документувати їх результати, підвищити їх достовірність. При цьому вдається на 70...90% скоротити час, витрачений на вимірювання;

- забезпечення серійного виробництва засобів вимірювань і контролю, своєчасне оновлення парку цих засобів на підприємстві;

- удосконалення методик вимірювань і контролю;

- розробка локальних повірочних схем і своєчасне проведення (для підтримки метрологічних характеристик) повірки і ремонту засобів вимірювань. Часто на підприємствах, що працюють у дві-три зміни, коли засоби вимірювань використовуються напружено (іноді безперервно), а норми точності вимірювальних операцій високі, інтервали часу між

черговими повірками приладів доводиться встановлювати дуже невеликими (раз на півроку, раз на рік). Це вимагає великої оперативності і чіткості в роботі метрологічного органу підприємства;

- нагляд за дотриманням на підприємстві затверджених методик вимірювання та контролю;

- проведення метрологічної експертизи конструкторської та технологічної документації.

На етапі експлуатації технічного пристрою (основний і найбільш тривалий етап його життєвого циклу) завданнями метрологічного забезпечення є:

- забезпечення служб експлуатації технічних пристроїв штатними засобами вимірювань і контролю, допоміжними пристроями, методиками вимірювань та контролю;

- нагляд за правильним використанням результатів вимірювань при підготовці технічного пристрою до застосування, профілактичних і регламентних роботах, ремонті;

- нагляд за станом засобів вимірювань, за дотриманням термінів їх повірки і інтенсивності витрачання технічного ресурсу;

- розробка методів повірки засобів вимірювань, вбудованих в технічні пристрої, а також при можливості реалізувати стандартизовані методики. Це завдання служб, що займаються експлуатацією технічних пристроїв, досить складна. Нерідко засоби вимірювань, вбудовані в технічні пристрої, взагалі не повіряють, за винятком випадків, коли технічні пристрої надходять в середній або капітальний ремонт. У такій ситуації повірка полягає у вилученні засобів вимірювань з ремонтного пристрою, але при цьому не враховуються похибки, що вносяться каналами зв'язку з контрольованими вузлами, вимірювальними перетворювачами в загальну похибку результату вимірювань, в якій вносять «внесок» всі складові вимірювального ланцюга. Для повірки вбудованого засобу вимірювань (без вилучення його з об'єкта вимірювань), як правило, не можна застосовувати стандартизовані методики;

-впровадження нових типів засобів вимірювань і контролю, що випускаються промисловістю замість морально застарілих аналогів;

-створення обмінного фонду засобів вимірювань і контролю для заповнення у разі вибування зі сфери експлуатації засобів (вироблення технічного ресурсу, знаходження в ремонті, на повірці)[10-12].

Відповідальність за правильність, своєчасність і повноту метрологічного забезпечення технічних пристроїв покладається на їх споживачів (замовників). Для цього в різних організаціях функціонують метрологічні служби.

Зростання точності та ефективності функціонування технічних пристроїв пов'язано з їх конструктивним ускладненням, тому метрологічне забезпечення на всіх етапах життєвого циклу технічного пристрою стає одним з найважливіших умов досягнення високих показників якості і надійності. Недооцінка значущості перерахованих завдань метрологічного забезпечення і вимог до нього призводить до прийняття на експлуатацію технічних пристроїв, що істотно поступаються за якісними показниками відповідним за призначенням і конструкції кращим світовим зразкам, невиправдано високим експлуатаційним витратам на позапланові і планові ремонти технічних пристроїв, великим обсягом профілактичних заходів, а також до невідповідності реальних показників функціонування паспортним показникам. При цьому в багатьох випадках зниження якості функціонування технічних пристроїв відбувається через помилки в застосуванні вимірювальної техніки. Наприклад, невірні (помилкові) показання несправних засобів вимірювань призводять при заводських випробуваннях технічних пристроїв до неправильної оцінки результатів випробувань. При цьому на експлуатацію можуть надходити технічні пристрої з неприпустимими відхиленнями показників функціонування від паспортних.З іншого боку, можуть бути забраковані повністю справні пристрої[12].

Іноді фахівці, які застосовують засоби вимірювань і контролю, не в змозі виявити відхилення метрологічних характеристик засобів вимірювань, що поступово змінюються за межі допусків (формально прилад включається, дає результати вимірювань і, отже, за зовнішніми спостережуваними ознаками відноситься до справних). У більшості випадків відхилення виявляються тільки при планових повірках засобів вимірювань.

Нерідко також випадки, коли засоби вимірювань і контролю не відповідають завданням або умовам вимірювань параметрів і характеристик експлуатованих технічних пристроїв. Якість функціонування технічного пристрою характеризується групою різних фізичних величин. Відповідно до аналізу, проведеного розробником, показники нормального функціонування повинні задовольняти встановленим вимогам. При цьому параметри повинні знаходитися в межах допусків або мати певне («точкове») значення. Наприклад, при двосторонньому допуску $a_i \leq x_i \leq b_i$, де a_i та b_i – відповідно нижнє і верхнє допустимі значення параметра x_i пристрою. Але вказану умову повинна задовольняти і похибка вимірювання цього параметра. Уявімо, що щодо номінального значення параметра x_{in} , що лежить всередині інтервалу $[a_i, b_i]$, поле допуску становить $n\%$ і помилитися можна не більше, ніж на $0,1 n\%$. В цьому випадку похибка застосовуваного приладу повинна бути не менше $0,1 n\%$. У той же час при виборі засобів вимірювань для метрологічного забезпечення технічних пристроїв у процесі експлуатації це не завжди враховується і зустрічаються випадки, коли параметри вимірюють (контролюють) приладами з допустимо великою похибкою. Це призводить до зниження якості функціонування об'єкта вимірювань, а іноді і до аварій [13].

1.3 Стан засобів вимірювань і контролю

Основою технічної бази метрологічного забезпечення є засоби вимірювань і контролю. Від їх якості, конструктивного виконання та достатності залежать інші складові метрологічного забезпечення: структура метрологічної служби підприємств і організацій, форми і методи робіт для збереження єдності вимірювань, у тому числі розвиток системи державних еталонів, які зберігають і відтворюють розміри одиниць фізичних величин, порядок їх передачі робочим засобам вимірювань, періодичність перевірки засобів вимірювань і т. п. Зазначені завдання вирішуються державною системою забезпечення єдності вимірювань (ДСВ), що є нормативно-правовою основою метрологічного забезпечення. Нормативно-правова основа являє собою комплекс державних стандартів та інших документів, що встановлюють: одиниці фізичних величин; порядок і методи їх зберігання, відтворення і передачі розмірів іншим засобам вимірювань; норми на метрологічні характеристики засобів вимірювань; правила перевірки засобів вимірювань; порядок проведення державних випробувань засобів вимірювань; правила метрологічного нагляду за засобами вимірювань.

Стан засобів вимірювань і контролю характеризується наступним. Сучасні засоби вимірювань в цілому задовольняють вимогам забезпечення наукових досліджень, якості створення і виробництва технічних пристроїв, створення нових технологічних процесів, обліку матеріальних ресурсів, охорони навколишнього середовища і здоров'я людей. Головний метрологічний показник засобу вимірювань – точність – в більшості випадків достатня і зростає від покоління до покоління приладів. За багатьма видами і областями вимірювань точність сучасних приладів наближається до точності державних еталонів.

Все більшого значення набувають надійність і рівень автоматизації засобів вимірювань. Досвід експлуатації засобів вимірювань показує, що показник безвідмовності – середнє напрацювання на відмову – повинен бути

не менше 10 г. В даний час багато типів приладів вже володіють такою надійністю, але для більшої частини їх ця межа поки не досяжна. Підвищення надійності засобів вимірювань і контролю є одним з важливих шляхів підвищення якості метрологічного забезпечення технічних пристроїв з наступних причин[13].

Достовірність результатів вимірювань визначається не тільки досягнутою точністю засобів вимірювань, але і надійністю її збереження за деякий період експлуатації приладів. Останнє визначає метрологічну надійність. Вона нерозривно пов'язана з показниками безвідмовності приладу, зокрема, із середнім напрацюванням на відмову, оскільки остання визначається на основі обліку всіх видів відмов: раптових (як правило, явних) і поступових (як правило, неявних, до яких відносяться і метрологічні відмови). У зв'язку з цим, чим вище показники надійності, тим рідше доводиться перевіряти засоби вимірювань: зменшується ризик користування несправним приладом протягом міжповірочного інтервалу. У нашій країні експлуатуються сотні мільйонів різноманітних засобів вимірювань і значна їх частина повіряється в залежності від рівня надійності в середньому один раз за 1 – 2 роки. Сам процес перевірки приладу середньої складності і середньої точності займає час від 30 хвилин до декількох годин. Неважко уявити, які трудовитрати йдуть на підтримку точності засобів вимірювань на необхідному рівні. Коли середнє напрацювання на відмову приладів перевищить рівень 10 годин, обсяг щорічних перевірок засобів вимірювань в кілька разів зменшиться, оскільки міжповірочні інтервали можна буде збільшити до 3-5 років і більше.

Підвищення показника надійності дозволить також значно скоротити число планових і непланових ремонтів засобів вимірювань. Ремонт засобів вимірювань пов'язаний з необхідністю на порівняно тривалий термін вилучати них зі сфери експлуатації. При цьому після кожного ремонту прилад повинен бути повірений. Служби експлуатації часто змушені мати так званий підмінний фонд засобів вимірювань з тим, щоб на час ремонту та

повірки вилучених приладів не переривалися необхідні вимірювання та контроль параметрів відповідних технічних пристроїв.

Таким чином, підвищення надійності парку засобів вимірювань дозволить обходитися в цілому меншим їх числом, підвищити достовірність вимірювань, уникнути прийняття невірних рішень за результатами помилкових вимірювань[14].

2 ПРИЗНАЧЕННЯ ВИМІРЮВАНЬ І КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ НА АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

2.1 Атомна електростанція

Атомна станція - виробничо-технологічний комплекс, мета якого - виробництво енергії з використанням ядерної установки. Він розташований на території, яка визначається проектом, а також повністю укомплектований необхідним персоналом.

Атомна електростанція (АЕС) – це підприємство, яке представляє собою сукупність споруд, обладнання для вироблення електричної енергії.

Сьогодні в 31 країні світу функціонують 192 атомні електростанції, що використовують 451 енергетичний ядерний реактор. Переважна більшість АЕС знаходиться в країнах Європи, Північної Америки, Далекосхідної Азії і на території колишнього СРСР. За останні 10 років у світі в експлуатацію було введено 47 енергоблоків [15].

2.1.1 Діючі атомні електростанції України

Атомна енергетика України бере свій початок з 1977 року, коли був введений в експлуатацію перший енергоблок Чорнобильської АЕС. Згідно з планами розвитку атомної енергетики в колишньому Радянському Союзі на території України повинні були побудувати 9 атомних електростанцій. У період з 1977 року по 1989 рік планувалося ввести в експлуатацію 16 енергоблоків загальною потужністю 14800 МВт на 5 атомних електростанціях: Запорізькій, Рівненській, Хмельницькій, Чорнобильській, Южно-Українській.

Зростаюча потреба в електроенергії сприяла швидкому будівництву енергоблоків: на момент техногенної аварії на четвертому енергоблоці Чорнобильської АЕС у квітні 1986 року в Україні в експлуатації перебували

10 енергоблоків, 8 з яких потужністю 1000 МВт (чотири ВВЕР-1000 і чотири РБМК-1000). З 1986 року і по 1990 рік були введені в експлуатацію ще 6 атомних енергоблоків 1000 МВт кожен: три на Запорізькій АЕС і по одному на Южно-Українській, Рівненській та Хмельницькій АЕС. Але після аварії на Чорнобильській, у серпні 1990 року Верховна Рада України оголосила мораторій на будівництво та введення в експлуатацію нових атомних енергоблоків, внаслідок чого будівництво нових енергоблоків Хмельницької, Запорізької та Рівненської АЕС було призупинено[15].

Після скасування Верховною Радою України мораторію виникли питання, що стосуються відновлення та реконструкції недобудованих енергоблоків. Будівництво та введення були необхідні перш за все для компенсації потужностей енергоблоків, які відпрацювали свій ресурс, заміни блоків, які не задовольняють сучасні вимоги безпеки.

У грудні 1991 року підприємства атомної енергетики були об'єднані в концерн «Укратоменергопром», який у січні 1993 року був реорганізований у Державний комітет України з використання ядерної енергії – Держкоматом України.

У 1993 році були відновлені роботи на 6-му блоці Запорізької АЕС, 4-му блоці Рівненської АЕС і 2-му – Хмельницької АЕС. У жовтні 1995 року відбувся енергетичний пуск 6-го блоку Запорізької АЕС. Запорізька атомна електростанція зі встановленою потужністю 6 млн кВт стала найбільшою в Європі.

17 жовтня 1996 року згідно з постановою Кабінету Міністрів України №1268 було створено Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом».

Чорнобильська АЕС – перша Українська атомна електростанція, експлуатація якої була припинена до закінчення проектного ресурсу. Сьогодні три блоки станції з реакторами РБМК-1000 знаходяться на етапі зняття з експлуатації, зокрема 2-ий енергоблок – з 1991 року після пожежі в

машинному залі, 1-ий енергоблок – з 1996 року згідно з рішенням українського уряду, 3-ий блок зупинений в кінці 2000 року.

Постановою Кабінету Міністрів України № 399 від 25 квітня 2001 року Чорнобильська АЕС виведена зі складу НАЕК «Енергоатом». Їй присвоєно статус Державного спеціалізованого підприємства.

Сьогодні в експлуатації на АЕС України знаходяться 15 енергоблоків, з них 13 – з реакторами типу ВВЕР-1000 і 2 – ВВЕР-440 із загальною встановленою потужністю 13 835 МВт, що становить 26,3% від сумарної встановленої потужності всіх електростанцій України[16].

2.1.2 Запорізька атомна електростанція

Запорізька АЕС – найбільша не тільки в Україні, а й у Європі атомна електростанція. Вона розташована у степовій зоні України на березі Каховського водосховища. Рішення про її будівництво було прийнято в 1977 році.

У 1980 році розпочалося поетапне спорудження блоків станції. Упродовж 1984-1987 рр. введено в експлуатацію чотири енергоблоки. У 1989 році почав функціонувати п'ятий енергоблок, у 1995-му – шостий.

Запорізька АЕС – сучасне високотехнологічне підприємство, потужний постачальник електроенергії в Україні. Станція генерує 40-42 млрд кВтг, що становить п'яту частину від річного виробництва в країні і майже половину від частки українських АЕС.

На Запорізькій АЕС, першій серед атомних станцій України з реакторами типу ВВЕР, споруджено сухе сховище відпрацьованого ядерного палива. Промислову експлуатацію цього об'єкта розпочато 10 серпня 2004 року. Його проектний обсяг – 380 контейнерів, у яких зберігатимуться опромінені паливні зборки за весь термін експлуатації станції. ССВЯП – це

перший ядерний об'єкт, проектного пройшов усі стадії розгляду, передбачені ядерним законодавством України.

Також на ЗАЕС уперше в СНД введено в дію інформаційно-вимірвальну систему «Кільце», призначену для постійного контролю за радіаційним станом на промайданчику атомної станції, у санітарно-захисній зоні та 30-кілометровій зоні спостереження.

У 2008 році, за оцінками Московського центру ВАОАЕС, ЗАЕС визнана кращою за одинадцятьма загально визнаними показниками серед АЕС, що входять до Московського центру. Експертна місія, яка працювала в рамках меморандуму між Євросоюзом, МАГАТЕ та Україною щодо оцінки рівня безпеки українських енергоблоків, ще раз підтвердила високий рівень безпеки і культури безпеки на ЗАЕС.

Початок будівництва – 1979 рік.

Пуск першого енергоблока – 1984 рік.

Кількість енергоблоків – 6.

Тип реактора – ВВЕР-1000.

Сумарна потужність – 6000 МВт.

Місто-супутник АЕС – Енергодар, Запорізька область [17].

2.1.3 Принцип роботи атомної електростанції

Принцип роботи атомної електростанції заснований на дії ядерного (іноді званого атомним) реактора – спеціальної об'ємної конструкції, в якій відбувається реакція розщеплення атомів з виділенням енергії.

Пристрій і структура атомної електростанції. Як працює АЕС. Типова атомна електростанція складається з блоків, всередині кожного з яких розміщені різні технічні пристосування. Найбільш значущий з таких блоків – комплекс з реакторним залом, що забезпечує працездатність всієї АЕС. Він складається з наступних пристроїв:

- реактор;
- басейну витримки (саме в ньому зберігають ядерне паливо);
- машини, що перевантажують паливо;
- БЩУ (блочний щит управління, за допомогою нього за процесом роботи реактора спостерігають оператори).

За даними корпусомслід зал. У ньому облаштовані парогенератори і знаходиться основна турбіна. Відразу ж за ними розташовуються конденсатори, а також лінії передачі електрики, що виходять за межі території.

Крім іншого, є блок з басейнами для відпрацьованого палива та спеціальні блоки, призначені для охолодження (вони називаються градирнями). Крім того, для охолодження застосовуються розпилювальні басейни і природні водойми.

На всіх без винятку АЕС існує 3 етапи перетворення електричної енергії:

- ядерна з переходом в теплову;
- теплова, що переходить в механічну;
- механічна, що перетворюється в електричну.

Уран віддає нейтрони, внаслідок чого відбувається виділення тепла у величезних кількостях. Гаряча вода з реактора прокачується насосами через парогенератор, де віддає частину тепла, і знову повертається в реактор. Оскільки ця вода знаходиться під великим тиском, вона залишається в рідкому стані. У парогенераторі це тепло передається воді другого контуру, яка знаходиться під набагато меншим тиском (половина тиску першого контуру і менше), тому закипає. Утворився пар надходить на парову турбіну, що обертає електрогенератор, а потім в конденсатор, де пар охолоджують, він конденсується і знову надходить в парогенератор. Конденсатор охолоджують водою з зовнішнього відкритого джерела води ставка-охолоджувача.

І перший і другий контур замкнуті, що знижує ймовірність витоку радіації. Розміри конструкцій першого контуру мінімізовані, що також знижує радіаційні ризики. Парова турбіна і конденсатор не взаємодіють з водою першого контуру, що полегшує ремонт і зменшує кількість радіоактивних відходів при демонтажі станції.

Всі атомні електростанції в обов'язковому порядку оснащуються комплексними системами безпеки, наприклад:

- локалізуючи – обмежують поширення шкідливих речовин у разі аварії, що спричинила викид радіації;

- забезпечуючі – подають певну кількість енергії для стабільної роботи систем;

- керуючі – служать для того, щоб всі захисні системи функціонували нормально [16].

2.2 Основні системи, контрольовані параметри та вимірювальна інформаційна система

2.2.1 Автоматизовані системи контролю і управління АЕС.

Автоматизовані системи контролю і управління забезпечують інформацією про поточний стан роботи обладнання енергоблока. У складі системи контролю і управління енергоблоком АЕС передбачаються засоби, що забезпечують збір, обробку, документування і зберігання інформації, достатньої для нормальної експлуатації, установлення фактичного порядку роботи систем та їх елементів.

Вимоги до складу обладнання, а також до порядку їх експлуатації і обслуговування визначаються в проекті АЕС.

В проекті обгрунтовані та наведені переліки:

- контрольованих параметрів та сигналів про стан енергоблока;
- місць розміщення датчиків вимірювань.

Системи контролю і управління відповідають встановленим у проекті показникам якості і надійності, а також метрологічним характеристикам, установленим у відповідних документах.

Перед введенням АЕС в експлуатацію, а також періодично під час експлуатації проводяться: технічне обслуговування, планово-попереджувальні ремонти, випробування, перевірки, калібрування систем з метою підтримки їх працездатності у відповідності з проектними вимогами. Частота і обсяги періодичних перевірок обґрунтовуються проектом.

Зазначені роботи проводяться за робочими програмами, інструкціями та ремонтною документацією, яка розробляється адміністрацією АЕС відповідно до проектних даних, вимог нормативних документів, типових програм, інструкцій з експлуатації систем (обладнання) та технологічного регламенту безпечної експлуатації. Результати перевірок і випробувань обладнання та систем документуються і зберігаються на АЕС.

Умови, періодичність і допустимий час виведення систем для технічного обслуговування, ремонту, перевірок і випробувань обґрунтовуються в проекті АЕС [16].

Системи і елементи АЕС, проходять пряму і повну перевірки на працездатність і відповідність проектним характеристикам під час введення в експлуатацію, після ремонту обладнання та періодично протягом усього терміну експлуатації з документуванням результатів перевірки.

Елементи і конструкції – обладнання, прилади, трубопроводи, кабелі, будівельні конструкції та інші вироби, що забезпечують виконання заданих функцій самостійно або в складі систем.

Межі безпечної експлуатації АЕС – установлені в проекті значення параметрів, що характеризують стан систем (елементів) і енергоблока в цілому.

Надійність – властивість конструкції, системи (елемента) зберігати в часі та в установлених межах значення усіх параметрів, що характеризують

здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах та умовах застосування.

Системи контролю на АЕС (одні з основних):

- система управління і захисту;
- система захисту першого контуру від перевищення тиску;
- система захисту другого контуру від перевищення тиску;
- система компенсації тиску першого контуру;
- система подачі живильної води;
- система аварійного газовидалення;
- система герметичних приміщень;
- система технічної води;
- система води промконтура;
- система конденсатоочистки;
- система надійного електропостачання;
- вентиляційні системи та системи кондиціонування повітря [36].

Вимірювані та контрольовані параметри (їх тисячі), наприклад:

-температура технологічних середовищ:

- а) на вході в реактор (більше 260 °С);
- б) на виході з реактора (320 °С);
- в) теплоносія першого і другого контурів;
- г) обладнання першого і другого контурів;
- д) живильної води до ПГ (не менше 160° С);
- е) різниця температур між водою (парою) і металом корпусу компенсатора тиску не більше 60° С.

-тиск в технологічних середовищах:

- а) над активною зоною реактора (в межах від 158 до 162 кгс/см²);
- б) пара в парогенераторі (в межах від 60 до 64 кгс/см²);
- в) у першому і другому контурі;

г) в технологічному обладнанні з різними діапазонами вимірювань (наприклад: в межах не більше 25 кгс/см², від 6 до 35 кгс/см², від 55 до 64 кгс/см²);

-витрата в технологічних середовищах:

а) продувної води в парогенераторі не менше 7,5 м³/год;

б) рівень в технологічних середовищах: в парогенераторі, компенсаторі тиску, іншому обладнанні з різним діапазоном вимірювань (наприклад: не менше 950 мм, не менше 3000 мм, не менше 5000 мм)[19, 20].

2.2.2 Технологічні параметри.

Технологічні параметри вимірюються засобами вимірювальної техніки (ЗВТ) і автоматизованими вимірювальними інформаційними системами, укомплектованими ЗВТ.

Засоби вимірювальної техніки (ЗВТ) повинні бути працездатні якщо системи, до якої вони належать включені в роботу.

Працездатні ЗВТ повинні відповідати наступним умовам:

- мати маркування відповідно до проекту;
- справні, встановлені на своїх штатних місцях і підключені за проектною схемою;
- кількість і місця установки відповідають проекту;
- вимірювальним каналам до пуску енергоблоку виконана перевірка на відповідність нормам точності, зазначеним у проекті;
- ЗВТ не повірені у встановлені терміни, до експлуатації не допускаються;
- перевірені на функціонування і включені в роботу прилади;
- забезпечено в повному обсязі контроль, вимірювання та реєстрація параметрів.

Вимірювальна інформаційна система (ВІС) складається з наступних частин:

- первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП);
- ліній зв'язку та допоміжних пристроїв;
- програмно-технічного комплексу (ПТК) нижнього/верхнього рівня;
- спеціального програмного забезпечення.

Склад первинних вимірювальних перетворювачів:

- термоелектричні перетворювачі (типу ТХА-1590, ТХК), термоперетворювачі опору (типу ТСП-1390, ТСМ) для вимірювання температури обладнання;

- первинні вимірювальні перетворювачі вимірювання тиску: датчики тиску, різниці тисків типу «Сапфір» з уніфікованим вхідним струмовим сигналом від 4 мА до 20 мА; манометри, вакуумметри;

- звужуючі пристрої (діафрагми) для вимірювань витрати;

- перетворювачі з виходом від 0 мА до 5 мА (з живленням перетворювача від зовнішнього джерела живлення).

ПТК призначений для реалізації функцій прийому, нормалізації, обробки вхідних сигналів від первинних вимірювальних перетворювачів. Аналогові нормовані струмові сигнали 0 - 5 мА по кабелях зв'язку надходять в ПТК від відповідних ПВП з нормуючими перетворювачами. Аналогічно в ПТК заводяться дискретні сигнали, що характеризують стан обладнання.

ПТК виконує наступні основні функції:

- живлення первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП);
- прийом, нормалізація та обробка вхідних сигналів від ПВП;
- формування сигналів непрямого вимірювання;
- візуалізація, архівування даних про значення технологічних параметрів.

Основні наявні ІВС на АЕС:

- система внутрішньореакторного контролю;
- система нормальної експлуатації турбінного відділення;

- система нормальної експлуатації реакторного відділення;
- інформаційно-обчислювальна система ІОС «Титан»;
- автоматизована система регулювання турбінного відділення;
- система автоматизованого хімічного контролю водно-хімічного режиму першого і другого контурів;
- система віброконтролю та діагностики головного циркуляційного насоса;
- система контролю механічних величин турбоустановки;
- система управління контролем герметичності оболонок;
- система контролю переміщення трубопроводів[21].

Таблиця 2.1 – Норми точності вимірювальних каналів ІВС[21]

№ п/п	Найменування вимірюваного параметру	Межі допустимої основної похибки, %	Примітка
1	Температура	1,5	Норма точності ВК вказана в % від найближчої верхньої межі вимірювання по стандартном у ряду (межі вимірювання ПВП)
2	Тиск	1,0	
3	Рівень	1,0	
4	Витрати	4,0	
5	Концентрація борної кислоти	4,0	
6	Концентрація кисню і водню	3,0	
7	Автоматичне вимірювання хімічного складу	6,0	
8	Відносна вологість	5,0	
9	Електропровідність (солеміст)	2,5	
10	Вібрація підшипників	10,0	
11	Осьовий зсув ротора	5,0	
12	Відносне розширення	6,0	
13	Частота обертання	0,5	
14	Контроль прогину ротора	10,0	

2.2.3 Інформаційно-вимірювальні системи

Вимірювання – знаходження значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів. В процесі вимірювання виходить чисельне відношення між вимірюваною величиною і деяким значенням, прийнятим за одиницю порівняння.

Вимірювальні системи (ВС) – сукупність функціонально об'єднаних засобів вимірювань, засобів обчислювальної техніки і допоміжних пристроїв, з'єднаних між собою каналами зв'язку, призначених для вироблення сигналів вимірювальної інформації про фізичні величини, властивих даному об'єкту, у формі, зручній для автоматичної обробки, передачі і (або) використання в автоматичних системах управління.

Важливим їх різновидом є інформаційно-вимірювальні системи. Інформаційно-вимірювальними системами (ІВС) – отримання кількісної інформації про значення контрольованих фізичних величин шляхом їх прямих сукупних вимірювань з подальшою її обробкою, наданням оператору.

У ІВС об'єднуються технічні засоби, починаючи від датчиків і закінчуючи пристроями видачі інформації, а також всі програми, як необхідні для управління роботою власне системи, так і дозволяють вирішувати в ІВС вимірювальні та обчислювальні завдання, а також управляти конкретним експериментом.

Для опису ІВС, пояснення складу функціональних частин і елементів, їх призначення і взаємозв'язку в системі застосовуються структурні схеми (рис. 2.1)[22, 23].

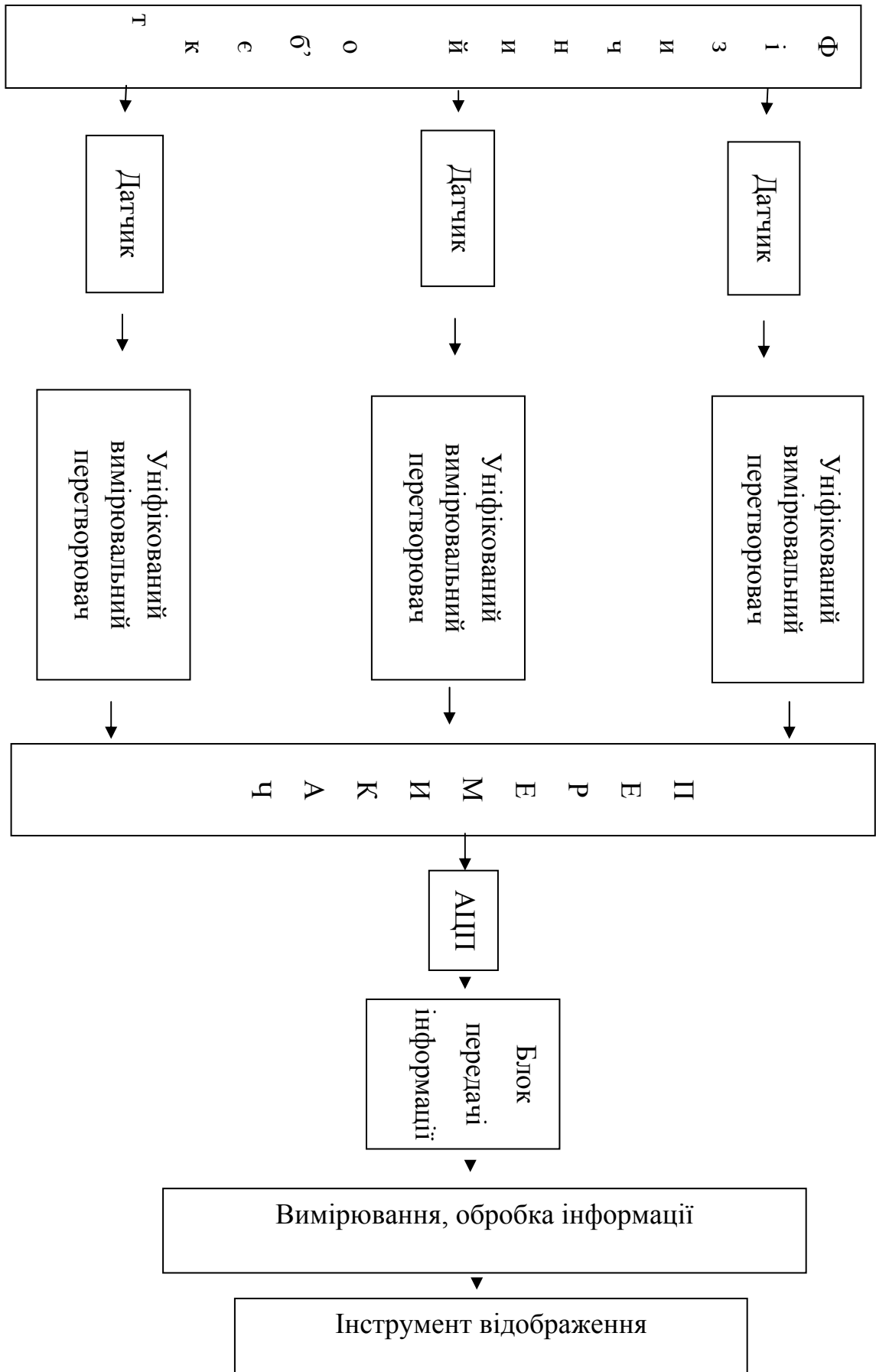


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема ІВС

При побудові систем повинні бути вирішені завдання сумісності і сполучення блоків як між собою, так і з зовнішніми пристроями. Стосовно до ІВС існує 5 видів сумісності:

- інформаційна, яка передбачає узгодженість вхідних і вихідних сигналів за видами і номенклатурою, інформаційними параметрами і рівнями;

- конструктивна, що забезпечується узгодженістю естетичних вимог, конструктивних параметрів, механічних сполучень блоків при їх спільному використанні;

- енергетична, що передбачає узгодженість напруг і струмів, що живлять блоки;

- метрологічна, що забезпечує порівнянність результатів вимірювань, раціональний вибір і нормування метрологічних характеристик блоків, а також узгодження параметрів вхідних і вихідних ланцюгів;

- експлуатаційна, тобто узгодженість характеристик блоків по надійності і стабільності, а також характеристик, що визначають вплив зовнішніх факторів.

Зв'язок між блоками системи і їх сумісність встановлюється за допомогою стандартних інтерфейсів.

Інтерфейс повинен забезпечити спільну роботу датчиків, вимірювальних ланцюгів, що працюють з ними, нормалізуючих (уніфікуючих) елементів, вхідних пристроїв, ліній зв'язку і т. п.

Аналого-цифрова частина (АЦЧ) ІВС складається з аналогових вимірювальних каналів і системних аналого-цифрових пристроїв. Аналогові вимірювальні канали призначені для сприйняття вхідних величин, їх перетворення в вимірювальні сигнали за допомогою вимірювальних ланцюгів, а системні аналого-цифрові пристрої служать для виконання заданої безлічі аналого-цифрових перетворень в складі самих систем.

Важливим різновидом ІВС є вимірювально-обчислювальний комплекс (ВОК) – функціонально об'єднана сукупність засобів вимірювань,

комп'ютерів і допоміжних пристроїв, призначена для виконання конкретної вимірювальної задачі. Основними характеристиками ВОК є:

- наявність процесора або комп'ютера;
- програмне управління засобами вимірювань;
- наявність нормованих метрологічних характеристик;
- блочно-модульна структура, що складається з технічної (апаратної) і програмної (алгоритмічної) підсистем.

Технічна підсистема повинна містити засоби вимірювань електричних величин (вимірювальні компоненти), засоби обчислювальної техніки (обчислювальні компоненти), заходи поточного часу і інтервалів часу, засоби введення-виведення цифрових і аналогових сигналів з нормованими метрологічними характеристиками.

У програмну підсистему ВОК входять системне і загальне прикладне програмне забезпечення (ПЗ), в сукупності утворюють математичне забезпечення ВОК. Системне ПЗ являє собою сукупність комп'ютера, використовуваного в ВОК, і додаткових програмних засобів, що дозволяють працювати в діалоговому режимі, управляти вимірювальними компонентами; обмінюватися інформацією всередині підсистем комплексу; проводити діагностику технічного стану. ПЗ являє собою взаємодоповнюючу, взаємодіючу сукупність підпрограм, що реалізують:

- типові алгоритми ефективного представлення та обробки вимірювальної інформації, планування експерименту та інших вимірювальних процедур;
- архівування даних вимірювань;
- метрологічні функції ВОК (півірка, експериментальне визначення метрологічних характеристик тощо).

Вимірювально-обчислювальні комплекси призначені для виконання таких функцій, як:

- здійснення прямих, непрямих, спільних або сукупних вимірювань фізичних величин;

- управління процесом вимірювань і впливом на об'єкт вимірювань;
- представлення оператору результатів вимірювань в необхідному вигляді.

Для реалізації цих функцій ВОК повинен забезпечувати:

- сприйняття, перетворення і обробку електричних сигналів від первинних вимірювальних перетворювачів;
- управління засобами вимірювань та іншими технічними компонентами, що входять до складу ВОК;
- вироблення нормованих сигналів, що є вхідними для засобів впливу на об'єкт;
- оцінку метрологічних характеристик та представлення результатів вимірювань у встановленій формі[24, 25].

Основними складовими частинами вимірювально-обчислювального комплексу є:

- комп'ютер з периферійними пристроями, підключеними до нього;
- ПЗ, що представляє собою сукупність взаємопов'язаних програм, написаних на алгоритмічних мовах різного рівня;
- інтерфейс, який організовує зв'язок технічних пристроїв ІВК з комп'ютером;
- вимірювальні канали (ВК), призначені для перетворення в цифровий код заданого числа сигналів.

Структура ВК істотно залежить від розв'язуваної задачі. Однак практично у будь-якому випадку кожен з них містить Аналоговий вимірювальний перетворювач АВП. При обробці декількох вимірювальних сигналів одним АВП до складу комплексу включається комутатор, призначений для почергового підключення сигналів до входу АВП.

АВП призначений для перетворення вимірювального сигналу в сигнал, однорідний з вхідним сигналом АВП (в напругу), і масштабування (посилення або ослаблення) його до рівня, необхідного для проведення операції аналого-цифрового перетворення з мінімальною похибкою. АВП

перетворює сигнал в цифровий код і передає його в комп'ютер. Роботою всієї апаратної частини ВОК управляє комп'ютер за допомогою подачі керуючих сигналів різного роду, а також зчитування і передачі за необхідними адресами цифрової інформації (сигнали «дані» і «адреса»).

За командою оператора вибирається той чи інший режим роботи ВОК з числа реалізованих в ПО. Комп'ютер зчитує цифровий код. Отримані коди обробляються за заданими алгоритмами, в результаті виходить шукана вимірювальна інформація.

Зміст системотехнічного проектування ІВС та стадії проектування ІВС. Початкова стадія проектування ІВС об'єднує розробку технічного завдання(ТЗ), його узгодження та затвердження. ТЗ повинно містити такі основні відомості, що характеризують проектовану ІВС:

- основне призначення;
- технічна характеристика;
- показник якості;
- техніко-економічні вимоги;
- стадії розробки, прийняті в даному проекті, та їх склад, включаючи програмне, методичне та метрологічне забезпечення;
- спеціальні вимоги до системи.

До основних технічних характеристик ІВС відносяться метрологічні (динамічний і частотний діапазони, похибка, швидкодія, чутливість, поріг чутливості), а також загальнотехнічні (надійність, складність, габарити, вага і т.п.) характеристики. У ТЗ повинні бути наведені критерії оцінки (показники якості) цих характеристик.

У ТЗ, як правило, не вказуються шляхи досягнення поставлених вимог. Технічні завдання розробляються і узгоджуються при спільній участі замовників і проектувальників. Частка їх участі в розробці ТЗ може бути різною і залежить від особливостей проектованої ІВС, її призначення і подальшого використання. Наприклад, перед проектувальником ІВС можуть бути поставлені вимоги, спрямовані на виконання завдань конкретного

вимірювального експерименту, або проектувальнику даються заздалегідь підготовлені ТЗ. У першому випадку проектувальник на підставі аналізу вимог конкретного експерименту і стану інформаційно-вимірювальної техніки повинен визначити характеристики створюваної ІВС, що дозволяють виконувати ці вимоги, і узгодити їх із замовником. Цей випадок вимагає найбільшої участі проектувальника. В іншому випадку участь проектувальника полягає в попередній оцінці можливості реалізації цього ТЗ, а при необхідності – в його уточненні і зміні.

Наступною основною стадією проектування є розробка технічної пропозиції на проектувану ІВС. При розробці технічної пропозиції передбачається виконання наступних етапів:

- підбір патентних матеріалів, визначення патентоспроможності проектуваної ІВС, аналіз матеріалів за існуючими системами, найбільш близьким до проектуваної за призначенням і характеристиками;

- пропозиція можливих варіантів реалізації системи, що задовольняють ТЗ, порівняльна оцінка цих варіантів і обґрунтування вибору найкращого варіанту. Варіанти системи можуть відрізнятися за алгоритмами збору та обробки інформації, технічним і програмним засобам, видам використовуваного інтерфейсу;

- розробка та аналіз структурної схеми та алгоритму роботи проектуваної системи;

- вибору функціональних блоків проектуваної системи;

- вирішення принципових питань метрологічного, програмного та методичного забезпечення проектуваної ІВС.

На всіх стадіях проектування повинні опрацьовуватися питання метрологічного забезпечення створюваної ІВС, включаючи не тільки методику використання відповідних засобів повірки, але, при відсутності останніх, і їх розробку. У технічній пропозиції повинні бути розглянуті засоби і методика, придатні для повірки проектуваної системи. Якщо таких

засобів і методик немає, то необхідно вирішити питання вибору варіанту їх створення[24, 25].

Велике значення має створення програмного забезпечення проєктованої системи. На стадіях розробки технічної пропозиції та ескізного проєкту повинні бути визначені склад і основний зміст програмного забезпечення, включаючи в першу чергу формальний опис роботи системи. На стадіях розробки технічного проєкту і робочої документації повинні бути створені всі передбачені ТЗ робочі програми.

Розгляд та затвердження технічної пропозиції. В результаті виконання пропозиції повинен бути обґрунтований доцільний шлях реалізації ТЗ. Пропозиція є підставою для технічного проєктування. Стадії розробки технічного завдання і технічної пропозиції можна віднести до системотехнічного проєктування ІВС, особливістю якого є розгляд системи в цілому із залученням відповідного математичного апарату. Ці стадії часто виконуються у вигляді науково-дослідної роботи. Подальші стадії проєктування виконуються зазвичай у вигляді дослідно-конструкторських робіт (ДКР). Стадія технічного проєктування пов'язана зі створенням документації, що містить остаточні технічні рішення, що дають повне уявлення про пристрій розроблюваної системи. Технічний проєкт служить підставою для розробки робочої конструкторської документації.

Завершальною стадією є стадія створення робочої документації на проєктовану систему. Вона полягає в розробці конструкторської документації на дослідний зразок системи, виготовлення дослідного зразка, проведення випробувань, підготовка робочої документації та виготовлення нової ІВС. Проєктування конкретного виробу може містити не всі перераховані стадії системотехнічного проєктування. Визначення складу стадій виконання даного проєкту робиться при розробці ТЗ. Більшість ІВС може бути віднесено до систем середньої складності. При їх системотехнічному проєктуванні можуть бути ефективно використані як математичне, так і експериментальне моделювання[25].

2.2.4 Точнісні характеристики вимірювальних систем. Критерії оцінки похибок вимірювання вхідної величини.

В результаті вимірювання невідомої вхідної величини x виходить її наближене значення x^* (з похибкою Δ). Під похибкою розуміється ступінь близькості результату вимірювання до істинного значення вимірюваної величини. Похибка вимірювання Δ викликається, по-перше, неточністю виготовлення апаратури, зміною її характеристик у часі, чутливістю до неконтрольованих зовнішніх заважають впливів y , а по-друге, неточністю самого методу вимірювання. Відповідно до сказаного можна розрізнити апаратурну (інструментальну) і методичну складові загальної похибки. Оскільки фактори, що викликають появу похибки вимірювання, взагалі кажучи, мають випадковий характер, то і похибка вимірювання слід розглядати як випадкову величину.

Найбільш повною характеристикою похибки Δ внаслідок можливості її статистичного зв'язку з вимірюваною величиною x є умовна щільність розподілу ймовірностей $p(\Delta|x)$, яка втрачає умовний характер і має вигляд $p(\Delta)$ при відсутності такого зв'язку. Щільність розподілу ймовірностей містить всю необхідну інформацію для оцінки похибки, проте вона не завжди відома. Тому на практиці використовується деяка кількість параметрів (показників) цього розподілу так, щоб ці параметри в достатній мірі характеризували похибку досліджуваної системи. В якості оцінок похибки окремих пристроїв і вимірювальних систем найбільш широко застосовуються екстремальні, інтегральні оцінки та оцінки, засновані на застосуванні довірчих інтервалів і ймовірностей.

До оцінок похибки відносяться:

- модуль максимального відхилення:

$$\Delta_{\max} = |x - x^*|_{\max};$$

- модуль максимальної відносної похибки:

$$\delta = \frac{|x - x^*|_{\max}}{x};$$

- модуль максимальної наведеної похибки:

$$\gamma_{\text{пр}} = \frac{|x - x^*|_{\max}}{x_{\max}}.$$

До інтегральних оцінок похибки (якщо x і x^* – випадкові величини) відносяться:

- середній модуль відхилення:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(x, x^*) |x - x^*| dx dx^*;$$

- середній модуль відносної та наведеної похибки:

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(x, x^*) \frac{|x - x^*|}{x} dx dx^*;$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(x, x^*) \frac{|x - x^*|}{x_{\max}} dx dx^*.$$

- середнє квадратичне відхилення:

$$\sigma_{\Delta} = \sqrt{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(x, x^*) (x - x^*)^2 dx dx^*}$$

або дисперсія:

$$D_{\Delta} = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} p(x, x^*) (x - x^*)^2 dx dx^*.$$

Оцінки похибки, засновані на застосуванні довірчих інтервалів і ймовірностей, дозволяють визначити, з якою ймовірністю похибка системи $|\Delta_d|$ не виходить за задані межі $\pm \varepsilon_0$:

$$P_d(|\Delta_d| \leq \varepsilon_0).$$

Для визначення довірчої ймовірності по заданому довірчому інтервалу в загальному випадку необхідне знання щільності розподілу похибки $p(\Delta)$:

$$P_d = \int_{-\varepsilon_0}^{\varepsilon_0} p(\Delta) d\Delta.$$

Зокрема, для нормального закону розподілу:

$$\begin{aligned} P(|\Delta_d| \leq \sigma) &= 0,68; & P(|\Delta_d| \leq 2\sigma) &= 0,95; \\ P(|\Delta_d| \leq 3\sigma) &= 0,997. \end{aligned}$$

Якщо крива щільності розподілу похибки невідома, але відома її дисперсія D_{Δ} , то при $M_{\Delta}=0$ можна знайти верхню оцінку довірчої ймовірності:

$$P_d^* \geq 1 - \frac{D_{\Delta}}{\Delta_d^2}.$$

Універсальних оцінок, придатних для зіставлення між собою різних ІС, не існує. Можна показати, що, користуючись навіть однією оцінкою, один і той же засіб вимірювання можна визнати кращим або гіршим, ніж інше, в залежності від виду закону розподілу ймовірностей вимірюваної величини [26, 27].

3 МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ ТА МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ НА АЕС

3.1 Нормовані метрологічні характеристики вимірювальних систем

Під метрологічним забезпеченням ІВС розуміється комплекс заходів, спрямованих на досягнення і підтримку в цих системах необхідної точності вимірювання. Метрологічне забезпечення ІВС на стадіях їх розробки, виробництва та експлуатації вирішує різні завдання. На стадії проектування повинні бути виконані метрологічна експертиза проектів технічних завдань і документації на ІВС, розробка технічних засобів і методик метрологічної атестації та повірки ІВС, державні або відомчі приймальні випробування або метрологічна атестація (для ІВС одиничного виробництва), метрологічний нагляд за розробкою ІВС. Метрологічне забезпечення ІВС на стадії виробництва включає головним чином контрольні випробування і метрологічний нагляд за технічною документацією і технологією виготовлення ІВС. В період експлуатації повинні бути забезпечені періодичні повірки ІВ нагляд і контроль за застосуванням ІВС. Крім перерахованого в метрологічне забезпечення повинні входити методики виконання вимірювань (МВВ) і випробувань (МВ). Під методикою виконання вимірювання розуміють рекомендації щодо вибору технічних засобів і методів їх застосування, а також оцінок результатів вимірювань [28].

3.1.1 Нормовані метрологічні характеристики (МХ) вимірювальних систем ВС

Комплекс нормованих метрологічних характеристик ВС повинен дозволити з належною достовірністю оцінити похибки результатів вимірювань, одержуваних за допомогою ВС, відносно просто виконувати

операції перевірки і забезпечити оцінку метрологічних властивостей як великої кількості, так і конкретних екземплярів ВС даного типу. У будь-який ВС можна виділити вимірювальний канал, тобто сукупність перетворювачів інформації, починаючи від входу і закінчуючи виходом системи, і вимірювальні компоненти, що виконують частину перетворень каналу системи. До вимірювальних компонентів ВС можна віднести, наприклад, датчики, вимірювальні ланцюги, аналогові і цифрові пристрої, лінії зв'язку і т.п. МХ вимірювальних компонентів ВС визначаються так само, як і для засобів вимірювань взагалі. Нормуванню в ВС підлягають МХ вимірювальних каналів. У технічній документації на ВС визначаються умови контролю МХ: обсяг вибірки, допустима похибка вимірювання, мінімально допустима кількість точок та їх розташування в діапазоні вимірювання, умови проведення експериментів. Метрологічні характеристики алгоритму обчислень контролюються експериментальним або розрахунковим методом на правильність регламентованих значень. Конкретний склад МХ уточнюється для кожної ВС на стадії розробки технічного завдання. При оцінці нормованих МХ необхідно враховувати, що похибки оцінок МХ є величинами другого порядку малості в порівнянні з результатами вимірювань. Ця обставина дозволяє застосовувати наближені методи оцінки МХ ВС[29].

До нормованих МХ основної похибки Δ відносяться:

- моменти систематичної складової $M[\Delta_s]$, $D[\Delta_s]$ або $\sigma[\Delta_s]$, що відображають властивості всієї сукупності ІС даного типу, для якого вони нормовані, і граничне значення похибки Δ_{sp} ;
- граничне значення випадкової похибки від тертя і гістерезису Δ_{0HP} (зазвичай $D[\Delta_{0HP}] = H_{0P}^2/12$);
- функції впливу $\psi(\zeta)$ як залежності зміни нормованої МХ від зміни величин, що впливають, в межах умов застосування; якщо функції лінійні, тобто $\psi_{\Delta_s}(\zeta) = A\Delta\zeta$, $A = \text{const}$, то $M[\psi_{\Delta_s}(\zeta)] = AM(\Delta\zeta)$, а $D[\psi_{\Delta_s}(\zeta)] = A^2 D(\Delta\zeta)$;

- передавальна функція, перехідна, імпульсна, амплітудно-фазова та інші характеристики для оцінки динамічних властивостей.

Можуть нормуватися вхідні і вихідні повні опору ВС для електричних величин. При вимірюванні ж неелектричних величин слід виявити характеристики взаємних впливів між об'єктом дослідження і ВС, а потім вирішити питання про нормування цих характеристик.

Експериментально визначаються МХ вимірювальних каналів конкретних екземплярів ВС: індивідуальна функція перетворення, поправки до показує і реєструє пристроїв вимірювального каналу, характеристики таких похибок: Δ_{sn} і Δ_{sv} – межі інтервалу невиключеної систематичної складової і ймовірності $P\Delta_s$ або нижньої межі $P\Delta_{sn}$ її допустимих значень, $\sigma(\Delta_0)$ – середнього квадратичного відхилення.

Експериментально визначаються індивідуальні динамічні характеристики вимірювального каналу (передавальна функція, перехідна характеристика і т.п., час реакції вимірювального каналу), чутливість до впливів, взаємодія між об'єктом дослідження і вимірювальним каналом, а також між вимірювальними каналами.

Похибки експериментального визначення МХ рекомендується виражати у вигляді меж інтервалу можливих значень похибки і ймовірності, з якою похибка знаходиться в цьому інтервалі[29].

3.1.2 Технічні засоби метрологічних повірок

Є два основних шляхи реалізації повірок, що проводяться з метою встановлення відповідності характеристик повіряється системи метрологічним нормам. Перший шлях – це шлях пов'язаний з використанням для повірки калібраторів, що формують зразкові сигнали, що подаються на вхід контрольованої ІВС.

Другий шлях – це шлях передбачає застосування еталонних приладів або перетворювачів для вимірювання сигналів, що подаються на вхід контрольованої ІВС, і порівняння результатів вимірювання, отриманих зразковими засобами вимірювання і повіряється ВС.

Технічні засоби метрологічної повірки можуть бути зовнішніми (автономними) по відношенню до повірених ВС і вбудованими в них.

Наявність спеціалізованих і вбудованих зразкових засобів дає можливість виконання періодичних повірок ІВС на місці експлуатації, накопичення та аналізу метрологічної інформації і в кінцевому рахунку підтримки характеристик ІВ на встановленому метрологічному рівні [30].

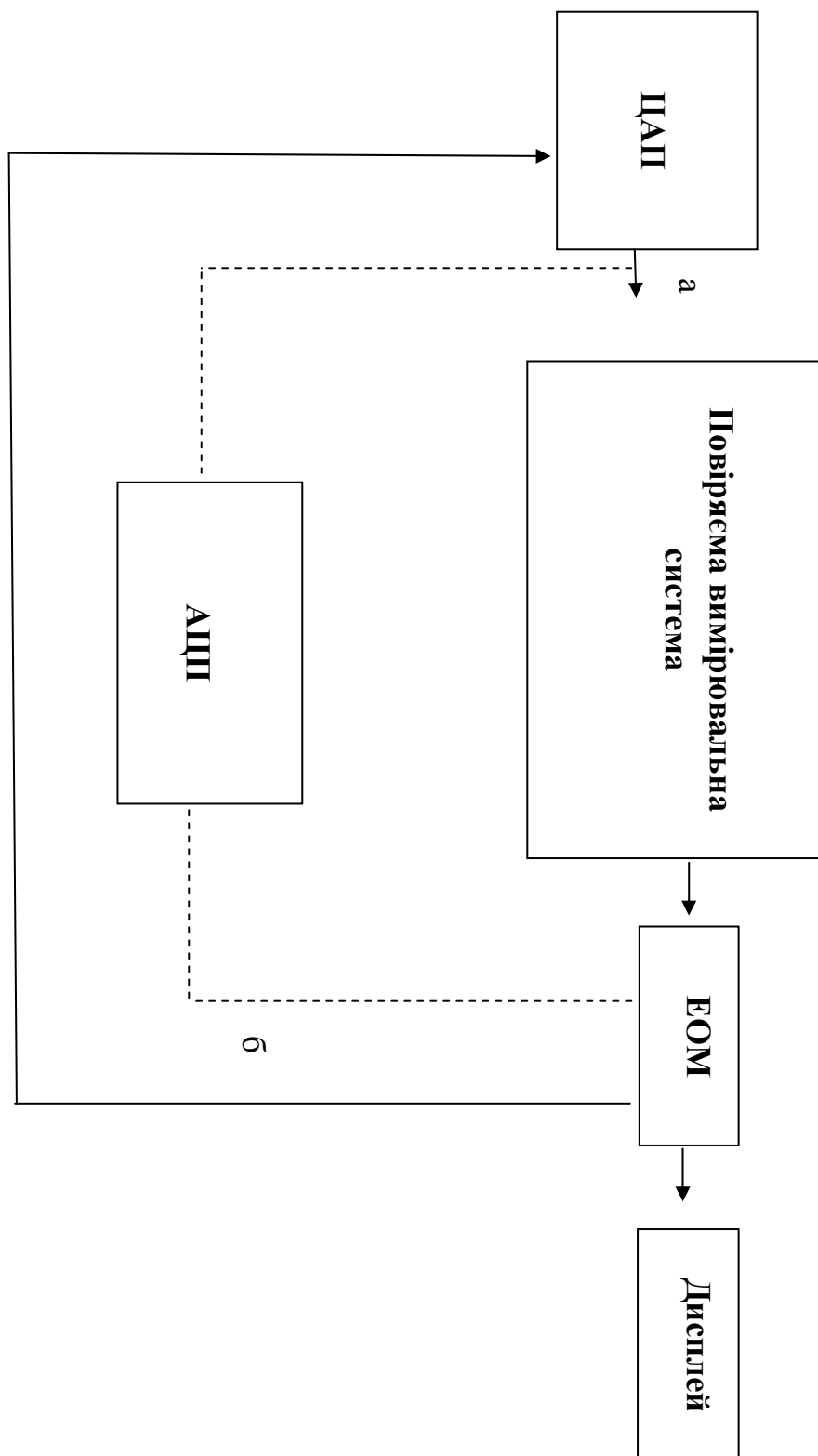


Рисунок. 3.1 – Структурна схема автоматизованої випробувальної системи з пристроєм формування зразкових сигналів (а) або зразковим приладом (б)

3.2 Метрологічне забезпечення засобів вимірювальної (ЗВТ) техніки на атомній електростанції

Система управління метрологічним забезпеченням – частина загальної системи управління, що забезпечує організацію та проведення робіт із забезпечення єдності вимірювань і містить комплекс заходів, направлених на дотримання законодавства України, та вимог чинних нормативно-правових актів і нормативних документів у сфері метрології.

Забезпечення єдності вимірювань складається із:

- нормативної;
- технічної;
- організаційної основи метрологічної системи.

Нормативною основою метрологічного забезпечення на АЕС є:

- нормативно-правові акти в сфері метрології Мінекономіки України,;
- нормативні документи в сфері метрології ЦОВВМ;
- нормативні документи Мінекоенерго.

Технічною основою метрологічного забезпечення експлуатації АЕС є:

- ЗВТ, що експлуатуються та забезпечують проведення вимірювань технологічних процесів з необхідною проектною точністю;
- випробувальне і допоміжне обладнання.

Організаційною основою метрологічного забезпечення експлуатації АЕС є:

- національна метрологічна служба України;
- метрологічна служба Мінекоенерго;
- метрологічні служби ВП АЕС.

Метрологічна служба ВП АЕС належить до системи управління діяльністю з організації та проведення робіт із забезпечення єдності вимірювань, надійності та достовірності вимірювань. Метою метрологічного забезпечення експлуатації атомних електричних станцій (АЕС) є досягнення й забезпечення єдності та проектною точності вимірювань на АЕС,

забезпечення безпеки експлуатації АЕС через одержання достовірних результатів вимірювання.

Метрологічна діяльність в електроенергетиці здійснюється як у сфері законодавчо регульованої метрології, так і поза нею. До сфери законодавчо регульованої метрології належать види діяльності, щодо яких з метою забезпечення єдності вимірювань здійснюється державне регулювання:

- забезпечення захисту життя й охорони здоров'я громадян;
- контроль стану навколишнього природного середовища;
- контроль безпеки умов праці;
- контроль безпеки дорожнього руху, технічного стану транспортних засобів;
- топографо-геодезичні, картографічні, гідрометеорологічні роботи, роботи із землеустрою;
- торговельно-комерційні операції, розрахунки між споживачем і постачальником (виробником), постачання чи споживання електричної енергії, газу, води тощо;
- роботи із визначення параметрів будівель, споруд і території забудови.

Метрологічне забезпечення під час експлуатації АЕС означає досягнення та забезпечення єдності й проєктної точності вимірювань для забезпечення безпеки експлуатації підприємств, що дозволяє:

- ефективно та якісно вести технологічний процес;
- звести до мінімуму ризик можливої фальсифікації вимірювань;
- виключити (звести до мінімуму) ризик прийняття помилкових рішень на основі результатів вимірювань;
- забезпечити достовірний облік, підвищити ефективність застосування енергетичних та матеріальних ресурсів;
- контролювати технологічні процеси, охорону навколишнього середовища.

Метрологічне забезпечення здійснюється під час:

- ведення основного технологічного процесу щодо контролю параметрів обладнання, технічних засобів, виробничих, технологічних середовищ на відповідність проєктним вимогам;

- виконання робіт із модернізації;
- здійснення технологічних випробувань обладнання;
- виконання технічного обслуговування обладнання;
- виконання планово-попереджувальних ремонтів (поточних, середніх та капітальних).

Забезпечення єдності вимірювань на АЕС засновано на:

- створенні метрологічної служби ВП АЕС
- використанні допущених до застосування в Україні одиниць вимірювання фізичних величин;
- застосуванні методик вимірювання відповідно до вимог нормативних документів;
- застосуванні стандартних зразків, стандартних довідкових даних;
- проведенні метрологічної експертизи документації;
- проведенні метрологічного нагляду за забезпеченням єдності вимірювань;
- забезпеченні якості виконання метрологічних робіт.

Для виконання своїх функцій метрологічна служба АЕС має:

- персонал відповідної кваліфікації;
- приміщення відповідно до норм та вимог нормативних документів;
- технічне обладнання, необхідне для виконання робіт;
- нормативні та виробничі документи (методики вимірювань, методики перевірки і ремонту ЗВТ тощо).

Приміщення, технічна оснащеність, документи, склад і кваліфікація персоналу відповідають вимогам нормативних документів з метрології, методик вимірювань, експлуатаційних документів на ЗВТ.

Метрологічне забезпечення під час експлуатації АЕС, передбачене технічним завданням і проектом на будівництво АЕС, підтвердженими висновками метрологічної

експертизи документації на етапах проектування, будівництва, введення в експлуатацію.

Основними завданнями та функціями МС є:

- координація діяльності та методичне керівництво роботами із забезпечення єдності вимірювань (метрологічне забезпечення);
- планування та реалізація комплексу заходів щодо підвищення рівня метрологічного забезпечення;
- аналіз стану метрологічного забезпечення експлуатації;
- забезпечення проектних норм точності вимірювань технологічних параметрів;
- розроблення та впровадження документів, що регламентують питання метрологічного забезпечення на всіх етапах технологічного процесу;
- впровадження національних стандартів, нормативних документів у сфері метрології;
- організація та проведення метрологічного контролю ЗВТ (повірки, калібрування);
- організація проведення ремонту ЗВТ;
- зберігання та підтримання на належному рівні повірочного та калібрувального обладнання;
- контроль стану ЗВТ, організація зберігання, використання, технічного обслуговування, своєчасного надання ЗВТ на повірку, та калібрування;
- організація та здійснення обліку ЗВТ;
- розроблення, виготовлення та впровадження ЗВТ;
- контроль якості виконання метрологічних робіт.

Вимірювання основних технологічних параметрів на енергетичному підприємстві повинні проводитись згідно з експлуатаційною документацією. У разі необхідності підрозділи метрологічної служби розробляють методики

вимірювань, що регламентують вимоги до мети, об'єктів, умов, методів, засобів, алгоритмів вимірювань і контролю величин, які впливають на результати вимірювань[31, 32].

Для проведення робіт з метрологічного забезпечення МС забезпечена:

- законодавчими та нормативно-правовими актами, технічними регламентами метрологічної системи України;
- нормативними документами з метрології, необхідними для виконання покладених функцій;
- експлуатаційними документами на ЗВТ, випробувальне та допоміжне обладнання;
- методиками перевірки, методиками калібрування, затвердженими у встановленому порядку;
- переліками засобів вимірювальної техніки, переведених у розряд індикаторів або встановлених на довгострокове зберігання;
- методиками вимірювань, затвердженими у встановленому порядку;
- графіками технічного обслуговування засобів вимірювальної техніки, затвердженими у встановленому порядку.

Метрологічна служба ВП АЕС повинна мати технічне обладнання, необхідне для проведення метрологічних робіт: еталони та ЗВТ, випробувальне і допоміжне обладнання.

ЗВТ застосовуються безпосередньо для проведення вимірювань в підрозділах АЕС. Вимірювальне обладнання повинне відповідати вимогам ДСТУ ISO 10012[32].

Типи та метрологічні характеристики ЗВТ повинні відповідати вимогам проектної документації та технічним умовам.

Всі ЗВТ повинні бути в справному стані та постійній готовності до виконання вимірювань, пройти процедуру перевірки, чи калібрування через встановлені міжповірочні чи міжкалібрувальні інтервали.

У разі виявлення некоректності функціонування ЗВТ під час експлуатації, або якщо засіб показав результати, що викликають сумнів у їх

достовірності, ЗВТ виводиться з експлуатації, маркується відповідним чином та направляється в ремонт.

Працездатність ЗВТ досягається правильним застосуванням та своєчасним технічним обслуговуванням.

Показниками і якісними ознаками, що визначають технічний стан ЗВТ, є: зовнішній вигляд, комплектність, правильність функціонування, відсутність несправностей і пошкоджень, наявність і цілісність повірчих клейм або документів, що засвідчують повірку/калібрування, стан Ед[32].

4 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТУ ВІД ЗАМІНИ ЗАСТОСОВУВАНИХ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ БІЛЬШ ДОСКОНАЛИМИ

4.1 Впровадження нових засобів вимірювальної техніки на ЗАЕС

На ЗАЕС постійно проходить модернізація технологічного обладнання, основна мета якої – заміна старих технічних засобів автоматизації на функціонально сумісні програмно-технічні засоби, що відповідають сучасним вимогам міжнародних стандартів. Нове обладнання, в т.ч. засоби вимірювальної техніки, що входять до його складу, мають значні переваги:

- підвищення точності вимірювань технологічних параметрів завдяки цифрової передачі даних;
- стійкість до одиничних несправностей;
- підвищення надійності;
- мінімум кабельних зв'язків за рахунок застосування виносних цифрових контролерів для дистанційного управління, індикації та сигналізації;
- захищене програмне забезпечення;
- наочність представлення інформації оператору та інші.

Підвищення точності вимірювань технологічних параметрів забезпечується підвищенням класу точності нових засобів вимірювальної техніки, що вимірюють та контролюють ці параметри. Так заміна датчиків тиску типу «Сапфір» з класом точності 0,5 на датчики «Сапфір» з класом точності 0,25 забезпечує підвищення точності вимірювань тиску у трубопроводах з теплоносієм, а значить зменшенням похибки вимірювань параметрів тиску. Заміна термометрів опорного ТСП класу В з метрологічними характеристиками (діапазон вимірювань від мінус 50 до 600°C, значення абсолютної похибки $\pm 0,3^\circ\text{C}$ (0°C), $\pm 0,8^\circ\text{C}$ (100°C) на ТСП класу А (діапазон вимірювань від мінус 30 до 300°C, значення абсолютної

похибки $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ (0°C), $\pm 0,35^{\circ}\text{C}$ (100°C) дає змогу підвищити точність вимірювань температури в технологічних системах.

Підвищення надійності нових засобів вимірювальної техніки, тобто зменшення вірогідності виходу метрологічної характеристики засобу вимірювальної техніки за нормовані границі, дає змогу збільшити міжповірочний інтервал засобів вимірювальної техніки, що в свою чергу веде до зменшення затрат на їх повірку, технічне обслуговування та ремонт.

Точність вимірювання – головна характеристика якості вимірювання, що відображає близькість результату вимірювання до дійсного значення вимірюваної величини.

Клас точності – узагальнена характеристика засобу вимірювальної техніки, що визначається границями його допустимих основної і додаткової похибок, а також іншими характеристиками, які впливають на його точність.

Міжповірочний інтервал – проміжок часу, протягом якого метрологічні характеристики засобу вимірювальної техніки не виходять за нормовані границі.

Повірка – визначення похибок засобу вимірювальної техніки і встановлення їх придатності до застосування[33].

4.2 Розрахунок економічного ефекту від впровадження нової техніки

Завдання визначення економічного ефекту виникає на етапі формування плану впровадження нової техніки підприємства, при вирішенні питання про доцільність придбання засобів вимірювальної техніки з числа вже освоєних в промисловості або необхідності розробки нових. Розрахунок фактичного ефекту служить підставою для оцінки діяльності підприємства (підрозділу) по впровадженню нової техніки. Економічний ефект від заміни застосовуваних засобів вимірювальної техніки новими формується за рахунок зниження поточних витрат при їх експлуатації в результаті

поліпшення якісних характеристик (достовірності, надійності, швидкодії та ін.). В якості базового варіанту для порівняння в цьому випадку слід приймати параметри замінних ЗВТ.

Економічний ефект від впровадження нового засобу вимірювання формується за рахунок зниження собівартості вимірювань і зменшення втрат від похибки вимірювань при контролі розраховують за формулою:

$$E = Z_1 \frac{B_{u2}}{B_{u1}} - Z_2 = \left[(C_{u1} + P_1) \frac{B_{u2}}{B_{u1}} - (C_{u2} + P_2) \right] - E_n K_d, \quad (4.1)$$

де Z_1, Z_2 – наведені витрати в розрахунку на річний обсяг вимірювань, що проводяться при використанні базового і нового ЗВТ, грн./рік;

B_{u1}, B_{u2} – річні обсяги вимірювань, грн./рік;

C_{u1}, C_{u2} – собівартість річного обсягу вимірювань, грн./рік;

P_1, P_2 – річні втрати від похибки вимірювань і контролю при використанні базового і нового ЗВТ, грн./рік;

K_d – додаткові капітальні вкладення на придбання ЗВТ, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($E_n = 0,15$) [34].

Додаткові капітальні вкладення розраховуються за формулою:

$$K_d = (K_2 + K'_2) - K_{locm}, \quad (4.2)$$

де $(K_2 + K'_2)$ – капітальні вкладення на придбання нового ЗВТ та супутні витрати на транспортування, монтаж, організацію робочого місця та ін., грн. ($K'_2 = 10\%$);

K_{locm} – залишкова вартість замінного приладу, в якості якої приймають вартість його реалізації з урахуванням зносу і кількості замінних ЗВТ, відповідних по продуктивності новому ЗВТ, грн.

$$K_d = (3000 + 300) - 100 = 3200 \text{ (тис.грн.)}$$

У разі впровадження щойно розробленого ЗВТ першого або другого року випуску до K_2 включають частку передвиробничих витрат по його розробці, що приходить на один прилад.

Собівартість річного обсягу вимірювань розраховують за формулою:

$$C_{ul,2} = C_n + C_p + C_{zn} + C_e + C_a, \quad (4.3)$$

де C_n – річні витрати на повірку ЗВТ, грн./рік;

C_p – річні витрати на ремонт ЗВТ, грн./рік;

C_{zn} – річні витрати на заробітну плату контролерів(операторів), які обслуговують одно ЗВТ, грн./рік;

C_e – річні витрати на енергоживлення (електроенергію та ін.), грн./рік;

C_a – річні амортизаційні відрахування на реновацію та капітальний ремонт згідно застосовуваних ЗВТ, грн./рік.

Річні витрати на повірку і ремонт визначають за формулою:

$$C_n = C_n' \cdot n_n; \quad (4.4)$$

$$C_p = C_p' \cdot n_p; \quad (4.5)$$

де C_n' – витрати на одну повірку, грн./пов;

C_p' – середні витрати на усунення однієї відмови, грн./рем.;

n_n – середня річна кількість повірок (планових та позапланових) одного ЗВТ, пов./рік;

n_p – середня річна кількість ремонтів одного ЗВТ за явними та метрологічними відмовами, рем/рік.

При проведенні цих робіт силами даного підприємства:

$$C'_n = k_d \sum_{j=1}^d t_{nj} b_{г.н. j}; \quad (4.6)$$

$$C'_p = k_d \sum_{j=1}^l t_{pj} b_{г.р. j} + C_{ел}; \quad (4.7)$$

де t_{nj} , t_{pj} – час, що витрачається в середньому j -м повірником (ремонтником) на одну повірку (ремонт) з урахуванням витрат часу на монтаж, демонтаж, г/пов., г/рем.;

$b_{г.н. j}$, $b_{г.р. j}$ – годинна тарифна ставка j -го повірника (ремонтника), грн./год;

d , l – кількість повірників (ремонтників), які обслуговують установку;

$C_{ел}$ – середня вартість замінних елементів і деталей при ремонті, грн./рем;

k_d – коефіцієнт, що враховує відрахування на соцстрахування та додаткову заробітну плату ($k_d = 1,686$)[35].

$$C_{n1} = 200 \cdot 1 = 200 \text{ (грн.)}$$

$$C_{n2} = 300 \cdot 1 = 300 \text{ (грн.)}$$

Річні витрати на ремонт, грн.:

$$C_{p1} = 600 \cdot 1 = 600 \text{ (грн.)}$$

$$C_{p2} = 450 \cdot 1 = 450 \text{ (грн.)}$$

Річні витрати на заробітну плату контролерів (операторів) визначають за формулою:

$$C_z = B_u \cdot k_d \cdot t_k \cdot b_{г.к}, \quad (4.8)$$

де B_u – річний обсяг вимірювань контрольованої продукції;

t_k – норма часу на один вимір (контроль) одного виробу: 0,1 г/вим., 0,05 г/вим – час зняття показань за базовим та новим варіантом відповідно;

$b_{г.к}$ – годинна тарифна ставка контролера (оператора), (30 грн./г).

Річні амортизаційні відрахування визначають як:

$$C_a = K \cdot P_a, \quad (4.9)$$

де P_a – частка відрахувань від балансової вартості на реновацію та капітальний ремонт.

Річний обсяг вимірювань з урахуванням завантаження, а також зміни надійності і швидкодії ЗВТ визначають за формулою:

$$B_u = \frac{\Phi_D}{t_k}, \quad (4.10)$$

де Φ_D – дійсний фонд часу використання приладу, год/рік[35]:

$$\Phi_D = T_{год} - T_{нов} - T_{рем}; \quad (4.11)$$

$$T_{год} = \Phi_{см} \eta_{см} \cdot 253; \quad (4.12)$$

$$T_{нов} = t_n \cdot n_n; \quad (4.13)$$

$$T_{рем} = t_p \cdot n_p, \quad (4.14)$$

де $T_{год}$ – плановий фонд робочого часу в розрахунковому періоді, год/рік;

$\Phi_{см}$ – завантаження приладу протягом робочої зміни, год/зм.;

$\eta_{см}$ – кількість змін протягом робочого дня;

$T_{нов}$, $T_{рем}$ – річні втрати часу через простой в повірках та ремонтах, год/рік;

t_n , t_p – середній час перебування в повірці та ремонті відповідно, год/пов, год/рем.

$$T_{год1} = 6 \cdot 2 \cdot 253 = 3036 \text{ (год/рік)}$$

$$T_{год1} = 6 \cdot 2 \cdot 253 = 3036 \text{ (год/рік)}$$

$$T_{нов1} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ (год/рік)}$$

$$T_{нов2} = 30 \cdot 1 = 30 \text{ (год/рік)}$$

$$T_{рем1} = 6 \cdot 1 = 6 \text{ (год/рік)}$$

$$T_{рем2} = 5 \cdot 0,5 = 3,5 \text{ (год/рік)}$$

Відтоді, дійсний фонд робочого часу

$$\Phi_{Д1} = 3036 - 30 - 6 = 3000 \text{ (год/рік)}$$

$$\Phi_{Д2} = 3036 - 30 - 3,5 = 3002,5 \text{ (год/рік)}$$

$$B_{u1} = \frac{3000}{0,1} = 30000 \text{ (вим/рік)}$$

$$B_{u2} = \frac{3002,5}{0,05} = 60050 \text{ (вим/рік)}$$

$$C_{з1} = 30000 \cdot 1,686 \cdot 0,1 \cdot 30 = 151740 \text{ (грн.)}$$

$$C_{з2} = 60050 \cdot 1,686 \cdot 0,05 \cdot 30 = 151866,45 \text{ (грн.)}$$

Амортизація обладнання:

$$C_{ам} = N_a \cdot K_{cu} \tag{4.15}$$

де N_a – норма амортизації,

K_{cu} – витрати на придбання, монтаж, налагодження ЗВТ, грн.

$N_a = \frac{1}{T_{сл}}$, де $T_{сл}$ – термін служби ЗВТ, рік.

$$N_{a1} = \frac{1}{10} = 0,1$$

$$N_{a2} = \frac{1}{12} = 0,083$$

$$K_{cu} = 1,05 \cdot Ц_{cu}$$

де $Ц_{cu}$ – вартість засобу вимірювань, грн.

$$K_{cu1} = 1,05 \cdot 600 = 630 \text{ (грн.)}$$

$$K_{cu2} = 1,05 \cdot 3000 = 3150 \text{ (грн.)}$$

$$C_{ам1} = 0,1 \cdot 630 = 63 \text{ (грн.)}$$

$$C_{ам2} = 0,083 \cdot 3150 = 261,45 \text{ (грн.)}$$

Витрати на електроенергію, грн.:

$$C_{en} = T_2 \cdot C_e \cdot K \cdot P \quad (4.16)$$

$deC_e = 2,15$ – вартість 1 кВт/год енергії за даними ЗАЕС, грн.;

$K = 0,8$ – коефіцієнт використання потужності;

P – споживна потужність, Вт.

T_2 – трудомісткість річного обсягу вимірювань, год/рік:

$$T_2 = V \cdot t_{изм},$$

$t_{изм}$ – трудомісткість контролю одного виміру.

$$t_{изм} = \frac{5}{60} = 0,08 \text{ (год)}$$

$$t_{изм} = \frac{3}{60} = 0,05 \text{ (год)}$$

5, 3 – час зняття показань за базовим і новим варіантом відповідно;

60 – кількість хвилин в одній годині;

V – річний об'єм вимірювань:

$$V_1 = 52 \cdot 365 = 18980 \text{ (вим/рік)}$$

$$V_2 = 52 \cdot 365 = 18980 \text{ (вим/рік)}$$

52 – кількість вимірювань в день;

365 – кількість днів в році.

$$T_{21} = 18980 \cdot 0,08 = 1518 \text{ (год/рік)}$$

$$T_{22} = 18980 \cdot 0,05 = 949 \text{ (год/рік)}$$

$$P_2 = 5 \text{ Вт}$$

$$P_{en2} = 949 \cdot 2,15 \cdot 0,8 \cdot 5 = 8161,4 \text{ (грн.)}$$

Тоді річні експлуатаційні витрати становлять:

$$C_{ul} = 200 + 600 + 151740 + 63 = 152603 \text{ (грн.)}$$

$$C_{ul} = 300 + 450 + 151866,45 + 261,45 + 8161,4 = 160289,3 \text{ (грн.)}$$

Середні витрати на проведення одного виміру:

$$Z_{u1,2} = \frac{C_{u1,2}}{B_{u1,2}} \quad (4.17)$$

$$Z_{u1} = \frac{152603}{30000} = 5,1 \text{ (грн.)}$$

$$Z_{u2} = \frac{160289,3}{60050} = 2,7 \text{ (грн.)}$$

Річні втрати від виникнення помилок першого типу:

$$P_{II,2} = B_u P_{II,2} (Z_{uc} + Z_{u1,2}) \quad (4.18)$$

$P_{II,2}$ – ймовірність помилки I типу;

Z_{uc} – середні витрати на виправлення одиниці продукції (грн./шт)

$$P_{II1} = 18980 \cdot 0,05(550 + 5,1) = 526789,9 \text{ (грн.)}$$

$$P_{II2} = 18980 \cdot 0,01(550 + 2,7) = 104902,46 \text{ (грн.)}$$

Річні втрати від виникнення помилок другого типу:

$$P_{III,2} = B_u P_{III,2} Z_g \quad (4.19)$$

$P_{III,2}$ – ймовірність помилки II типу

Z_g – витрати заводу виробника на проведення гарантійного ремонту (грн./рік)

$$P_{III1} = 18980 \cdot 0,001 \cdot 500 = 9490 \text{ (грн./рік)}$$

$$P_{III2} = 18980 \cdot 0,0005 \cdot 500 = 4745 \text{ (грн./рік)}$$

Річні втрати від похибок вимірювань:

$$P_{I,2} = P_{II,2} + P_{III,2} \quad (4.20)$$

$$P_{I1} = 526789,9 + 9490 = 536279,9 \text{ (грн.)}$$

$$П_2 = 104902,46 + 4745 = 109647,46 \text{ (грн.)}$$

Річний ефект від впровадження нового ЗВТ:

$$E_p = (152603 + 536279,9) \cdot \frac{60050}{30000} - (160289,3 + 109647,46) - 3200000 \cdot 0,15$$

$$= 1108977,18 - 3200000 \cdot 0,15 = 628977,18 \text{ (грн.)}$$

Коефіцієнт ефективності дорівнюватиме:

$$E' = (152603 + 536279,9) \cdot \frac{60050}{30000} - (160289,3 + 109647,46) / 3200000 =$$

$$= 1108977,18 / 3200000 = 0,346$$

Термін окупності вийде:

$$T_{ок} = \frac{1}{E'} = \frac{1}{0,346} = 2,9 \text{ (років)}$$

4.3 Техніко-економічні показники від впровадження нового засобу вимірювальної техніки

За результатами проведених розрахунків, порівняємо техніко-економічних показники базового та нового засобу вимірювальної техніки.

Таблиця 4.1 – Порівняння техніко-економічних показників від впровадження нового засобу вимірювальної техніки

Показник	Позначення	Величина	
		Базовий ЗВТ	Новий ЗВТ
1. Капітальні вкладення на придбання нового ЗВТ з урахуванням передвиробничих і супутніх витрат, тис.грн.	$K_2 + K'_2$	-	3200
2. Вартість ЗВТ, тис.грн.	K	600	3000

3. Залишкова вартість замінного ЗВТ, тис.грн.	$K_{ост}$	100	-
4. Коефіцієнт амортизаційних відрахувань, 1/рік	N_a	0,1	0,083
5. Плановий фонд робочого часу, год/рік	$T_{год}$	3036	3036
6. Завантаження приладу протягом робочої зміни, год/зм	$\Phi_{см}$	6	6
7. Кількість змін протягом робочого дня	зм	2	2
8. Кількість планових профілактичних оглядів та перевірок, пов/рік	n_p	1	1
9. Річна кількість ремонтів, рем/рік	n_r	1	0,5
10. Річний обсяг контрольованої продукції, вим/рік	B_u	30000	60050
11. Річні витрати на повірку, профілактичний огляд, грн./рік	C_p	200	300
12. Річні витрати на ремонт, грн./рік	C_r	600	450
13. Річні витрати на заробітну плату, грн./рік	C_z	151740	151866,45
14. Річні витрати на споживну енергію, грн./рік	$C_{ен}$	-	8164,4
15. Собівартість річного обсягу вимірювань, грн./рік	C_u	152603	160289,3
16. Річні амортизаційні відрахування, грн./рік	$C_{ам}$	63	261,45
17. Ймовірність виникнення помилки I типу	P_I	0,05	0,01

18. Ймовірність виникнення помилки II типу	P_{II}	0,001	0,0005
19. Середні витрати на проведення одного виміру, грн.	Z_{II}	5,1	2,7
20. Річні втрати від виникнення помилки I типу, грн./рік	P_I	526789,9	104902,46
21. Річні втрати від виникнення помилки I типу, грн./рік	P_{II}	9490	4745
22. Річні втрати від похибки, грн./рік	P	536279,9	109647,46
23. Річний економічний ефект, грн.	E_p	-	628977,18
24. Коефіцієнт ефективності	E'	-	0,346
25. Термін окупності, років	$T_{ок}$	-	2,9

Таким чином, річний економічний ефект від впровадження запропонованого засобу вимірювальної техніки формується за рахунок скорочення експлуатаційних витрат на обслуговування засобу вимірювальної техніки, а також за рахунок підвищення метрологічної надійності, зниження втрат від похибок вимірювання. Результати розрахунку підтверджують економічно доцільність впровадження і застосування запропонованого засобу вимірювальної техніки для контролю якості продукції, так як термін окупності даного засобу вимірювання складе два роки дев'ять місяців.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Робоче місце інженера з метрології розташовано в приміщенні лабораторії, яка знаходиться в лабораторно-побутовому корпусі Запорізької атомної електростанції. В лабораторії міститься генератор і досліджуваний об'єкт, в нього введені персональна ЕОМ, перший і другий цифро-аналогові перетворювачі та аналого-цифровий перетворювач, контрольно-вимірювальні прилади та автоматика.

Аналіз потенційних небезпек проводиться з метою забезпечення безпечних умов праці інженера з метрології, що виконує технічне обслуговування, ремонт, монтаж, налагодження засобів вимірювальної техніки нетехнологічного призначення та вимірювальних комплексів, роботи з екранними пристроями.

При виконанні робіт з ЕП, на інженера з метрології можуть впливати наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

-робота з оптичними приладами, комп'ютерами.

Екранні пристрої не мають бути джерелом ризику для працівників, але при невідповідній організації робочого місця на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

а) фізичні (підвищений рівень статичної електрики та електромагнітних випромінювань, підвищена напруженість електричного поля, підвищена яскравість світла та контрастність, пряма та відбита блескость);

б) психофізіологічні (фізичні (статичні), нервово-психічні (перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перевантаження, розумове перенапруження);

- Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може пройти через тіло людини.

Цей фактор може виникнути при експлуатації працівником електроустановок, при навмисному контакті з відкритими або розкритими струмопровідними частинами, а також при експлуатації несправного електрообладнання. Ураження електричним струмом може призвести до електричних травм: електричного удару, електричного опіку шкіри та очей (тепловим і світловим потоком електричної дуги), електричного шоку.

При виконанні робіт на інженера з метрології також можуть впливати наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- висока напруга. Цей фактор виникає при експлуатації інженером електроустановок при навмисному контакті з відкритими струмоведучими частинами, а також при експлуатації несправного електрообладнання. Ураження електричним струмом може привести до електричних травм: електричні удари, електричний шок.

- предмети чи матеріали з екстремально високою температурою. Джерелом цього фактору є гарячі поверхні обладнання. Може призвести до термічних опіків шкірних покривів.

- легкозаймисті матеріали. Цей фактор може виникнути при виконанні робіт з легкозаймистими матеріалами. Може призвести до пожежі та термічних опіків шкірних покривів.

- пил, дим, аерозолі. Шлях проникнення в організм через органи дихання. Тривала робота в умовах цих факторів без застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) може призвести до утрудненого дихання, хвороби органів дихання, послаблення зору.

- їдкі та отруйні речовини. Токсичну та подразнюючу дію на організм працівника надають такі хімічні, шкідливі речовини: спирт етиловий, розчинник, що використовуються при виконанні технічного обслуговування та ремонту ЗВТ. Ці речовини при проникненні в організм через органи дихання й шкірні покриви може призвести до отруєння органів дихання, а також може викликати подразнення шкірних покривів, виразки.

- підвищений рівень радіаційного випромінювання. Основним фактором радіаційного впливу є бета, гамма-випромінювання при виконанні робіт у зоні суворого режиму. Енергія, що випромінюється радіоактивними речовинами поглинається навколишнім середовищем. У результаті дії іонізуючого випромінювання на організм людини в тканинах можуть відбуватися складні процеси. Ніякий інший вид енергії, поглиненої в тій же кількості, не супроводжується такими важкими ураженнями організму, які викликає іонізуюче випромінювання. Будь-який вид іонізуючих випромінювань викликає біологічні зміни в організмі як при зовнішньому (джерело знаходиться поза організмом), так і при внутрішньому опромінюванні (радіоактивні речовини попадають усередину організму)[36].

5.2 Заходи по забезпеченню техніки безпеки

Для зменшення або виключення впливу на інженера з метрології шкідливих і небезпечних факторів у приміщенні лабораторії, до самостійної роботи з технічного обслуговування та ремонту ЗВТ допускаються працівники не молодше 18 років що пройшли:

- попередній медичний огляд з урахуванням умов праці;
- вступний інструктаж з ОП та пожежної безпеки;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- навчання за індивідуальною програмою підготовки;
- спеціальне навчання в навчально-тренувальному центрі з охорони праці в обсязі не менше 30 годин для працівників, які виконують роботи що внесені до «Переліку робіт з підвищеною небезпекою»;
- первинну перевірку знань з ОП, ПРБ, ППБ, ПТЕ;
- стажування на робочому місці з безпечних методів роботи протягом не менш 2-15 змін.

Повторний інструктаж проводиться інженеру з метрології не рідше 1 разу на 3 місяці з метою підтримки його знань в обсязі та в строки, зазначені в програмі, що складається. Періодичні перевірки знань повинні проводитися в строки, зазначені в графіку, але не рідше ніж 1 раз на 12 місяців. Із графіком перевірки знань інженер з метрології повинен бути ознайомлений під підпис.

Для зменшення або виключення впливу на інженера з метрології шкідливих і небезпечних факторів у приміщенні лабораторії, робітник забезпечується наступними видами спецодягу, спецвзуття та засобами індивідуального захисту (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 – Засоби індивідуального захисту

Вид спецодягу	Термін носіння, міс.
Костюм для захисту від загальних виробничих забруднень та механічних впливів або халат бавовняний	12 місяців
Черевики шкіряні	24 місяці
Рукавички з полімерним покриттям	1 місяць
Туфлі шкіряні (у літній час додатково)	24 місяці
Рукавички гумові	до зносу
Окуляри захисні	до зносу
Щиток захисний	до зносу
Костюм для захисту від знижених температур	36 місяців
Каска захисна	до зносу

Після проведення первинного інструктажу, спеціального навчання, перевірки знань з охорони праці відповідних Правил і інструкцій та стажування, інженер з метрології може бути допущений до виконання наступних робіт підвищеної небезпеки:

- роботи в діючих електроустановках до 1000 В;
- роботи з використанням пайки.

Після перевірки знань у посвідченні про перевірку знань та допуску до роботи у розділі «допущений до виконання робіт з підвищеної небезпекою» робиться відповідний запис до якої саме роботи підвищеної небезпеки допущений працівник[37-39].

5.3 Заходи з виробничої санітарії та гігієни праці

Інженер з метрології повинен дотримуватись наступних правил особистої гігієни:

- мити руки теплою водою з милом перед прийомом їжі;
- приймати їжу в спеціально відведеному для цього місці;
- утримувати в чистоті та порядку робоче місце й виробничі приміщення;
- здійснювати своєчасне прання та ремонт спецодягу, утримувати в справному стані інші ЗІЗ та зберігати їх в шафі для перевдягання;
- у випадку необхідності прийняти душ в кінці робочого дня;
- у виробничих приміщеннях забороняється зберігання харчових продуктів, особистого одягу, косметичних засобів і інших предметів, що не мають відносини до роботи, а також приймання їжі, паління, користування косметичними засобами.

Порядок відвідування працівниками ВП ЗАЕС громадських місць харчування (їдалень):

- відвідування їдальні працівниками у спецодязі заборонено;
- обслуговування працівників у спецодязі проводиться у спеціальних їдальнях з обов'язковим вдяганням халата поверх спецодягу. Чисті халати видаються у гардеробі першого поверху спеціальної їдальні.

Для того, щоб домедична допомога була своєчасною та ефективною, на робочому місці або поблизу робочого місця, згідно затвердженого в цеху «Переліку знаходження аптечок домедичної допомоги», повинна перебувати аптечка.

При використанні аптечки домедичної допомоги необхідно ознайомитися з переліком наявних медикаментів, термінами придатності і рекомендаціями щодо їх застосування.

Про всі випадки розкриття необхідно повідомляти відповідальну особу за вміст аптечок.

Підіймання та переміщення важких речей жінками необхідно здійснювати відповідно таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Підіймання та переміщення важких речей жінками

Характер роботи	Гранично допустима маса вантажу, кг
Підіймання і переміщення вантажів при чергуванні з іншою роботою (до 2 разів на годину)	10
Підіймання і переміщення вантажів постійно протягом робочої зміни	7
Сумарна вага вантажу, який переміщується протягом кожної години робочої зміни, не повинна перевищувати:	
- зробочої поверхні	до 350
- зпідлоги	до 175

Під час виконання робіт, пов'язаних з підняттям і перенесенням вантажів чоловіками необхідно дотримуватися значень, відповідно таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Підіймання та переміщення важких речей чоловіками

Показники важкості трудового процесу	Класи умов праці	
	оптимальний	допустимий(середньої важкості)
	1	2
Маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг:		
для чоловіків	до 15	до 30

При виконанні робіт в умовах підвищеної температури навколишнього середовища інженер з метрології повинен дотримуватись режиму праці та відпочинку з наступною регламентованою перервою кожної години в залежності від температурних умов, які наведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Режиму праці та відпочинку[37-39]

Температура повітря, °С	Тривалість одноразових періодів (хв.)	
	праці	відпочинку
30	50	10
32	45	15
34	40	20
36	35	25
38	30	30
40	20	40

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».

Перевіримо освітленість робочого місця на відповідність розряду зорової роботи.

Для штучного освітлення у приміщенні лабораторії використовуються люмінесцентні лампи.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 36 м^2 , ширина якої складає 6 м, довжина – 6 м, висота – 3,2 м.

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою[40]:

$$F = \frac{E_n * K * S * Z}{\eta} \quad (5.1)$$

де F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E_n – нормована мінімальна освітленість, Лк; $E_n = 200 \text{ Лк}$;

S – площа освітлюваного приміщення ($S = 36 \text{ м}^2$);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку $Z = 1,1$);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку $K = 1,5$);

η – коефіцієнт використання світлового потоку, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп, і обчислюється в долях одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття від стін ($\rho_{\text{ст.}}$) і стелі ($\rho_{\text{стелі}}$), значення коефіцієнтів дорівнюють $\rho_{\text{ст.}} = 40\%$ і $\rho_{\text{стелі}} = 60\%$.

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(a+b)} \quad (5.2)$$

де h – розрахункова висота підвісу, $h = H - h_p = 3,2 - 0,8 = 2,4$ м;

$$I = \frac{36}{2,4 * (6 + 6)} = 1,25$$

Знаючи індекс приміщення I , за таблицею [ДБН В.2.5-28-2006] знаходимо $\eta = 0,44$

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку F :

$$F = \frac{200 * 1,5 * 36 * 1,1}{0,44} = 27000 \text{ Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ 40-1, світловий потік яких $F_l = 4320$ Лм. Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_l} \quad (5.3)$$

де N – кількість ламп, що визначається

$$N = \frac{27000}{4320} = 7 \approx 8 \text{ (шт.)}$$

В приміщенні використовуються світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 2 світильника в два ряди, в кожному світильнику по 2 працюючі лампи.

5.4 Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

5.4.1 Заходи з пожежної безпеки

Комплекс протипожежних заходів для метрологічної лабораторії обладнаної вимірювальною технікою, стандартними зразками, випробувальними та допоміжними обладнаннями, реактивами і іншими матеріалами тощо, для проведення вимірювань (випробовувань, контролю) розроблений згідно вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» та НАПБ В.01.056-2013/111 «Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція».

Метрологічна лабораторія, згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» відноситься до категорії П-Па.

У разі виникнення пожежі у метрологічній лабораторії обладнаної вимірювальною технікою, стандартними зразками, випробувальними та допоміжними обладнаннями, реактивами і іншими матеріалами тощо, для проведення вимірювань (випробовувань, контролю) для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері.

Обладнання, силові та освітлені мережі приміщення метрологічній лабораторії обладнаної вимірювальною технікою, стандартними зразками, випробувальними та допоміжними обладнаннями, реактивами і іншими матеріалами тощо, для проведення вимірювань (випробовувань, контролю) відповідають вимогам пожежної безпеки, оскільки виконані відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок», та мають ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 яка відповідає класу пожежанебезпечної зони П-Па до якої належить приміщення[41-43].

З технічних та організаційних заходів запобігання пожеж в приміщенні метрологічній лабораторії обладнаної вимірювальною технікою, стандартними зразками, випробувальними та допоміжними обладнаннями,

реактивами і іншими матеріалами тощо, для проведення вимірювань (випробовувань, контролю) передбачені наступні протипожежні заходи. На силовому обладнанні, силових та освітлювальних колах, згідно вимог пункту 3.1 «ПУЕ», встановлені захисні пристрої, що вимикають джерело живлення від ділянки електричного кола, у якій виникло коротке замикання.

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні метрологічної лабораторії обладнаної вимірювальною технікою, стандартними зразками, випробувальними та допоміжними обладнаннями, реактивами і іншими матеріалами тощо, для проведення вимірювань (випробовувань, контролю) встановлена система пожежної й охоронної сигналізації, яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика.

Оскільки приміщення метрологічної лабораторії обладнаної вимірювальною технікою, стандартними зразками, випробувальними та допоміжними обладнаннями, реактивами і іншими матеріалами тощо, для проведення вимірювань (випробовувань, контролю) має площу 36 м^2 , тому відповідно до вимог п. 3.8 розділу «Типові норми належності вогнегасників» ДСТУ 4297:2004 «Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги» для гасіння передбачені вуглекислотні вогнегасники типу ВВК-3,5 у кількості 2 штуки (з розрахунку один вогнегасник с величиною заряду вогнегасної речовини 3 кг і більше, на 36 м^2 площі приміщення). Відстань між вогнегасниками та місцями можливих загорянь не перевищує 10 м.

При виявленні пожежі (ознак горіння) кожний працівник зобов'язаний:

- негайно повідомити про це по телефону в пожежну охорону, при цьому необхідно назвати адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі, наявність людей, а також повідомити своє прізвище, посаду;

- довести до відома начальника зміни АЕС, керівника СГМ;

- вжити заходів (по можливості) для евакуації людей, гасіння (локалізації) пожежі та збереження матеріальних цінностей[41-43].

5.4.2 Заходи з цивільного захисту

При введенні на території України надзвичайної ситуації, викликаній поширенням небезпечних захворювань, наказом по ВП ЗАЕС створюється комісія з подолання наслідків поширення небезпечних захворювань. Голова створеної комісії проводить засідання комісії, на якому обговорюються заходи, які необхідно впровадити у ВП ЗАЕС. Перелік заходів, які необхідно розглянути для подолання несприятливих наслідків поширення небезпечних захворювань, наведено в таблиці 5.5. За результатами засідання складається протокол, який направляється у підрозділи, відповідальні за виконання рішень комісії[41-43].

Таблиця 5.5 – Заходи з підготовки ВП ЗАЕС до роботи в умовах обсервації оперативного персоналу на проммайdanчику під час надзвичайної ситуації, спричиненої епідемією, епіфітотією, епізоотією.

№з/п	Заходи	Термін виконання (годин)
1	2	3
1	Уточнити найменш необхідну кількість оперативного та чергового персоналу для забезпечення діяльності ВП ЗАЕС в умовах обсервації	«Ч»+12
2	Провести уточнення місць розміщення персоналу для організації відпочинку	«Ч»+24
3	Забезпечити місця відпочинку персоналу ліжками, матрацами, подушками, постільними комплектами, рушниками	«Ч»+192

4	Забезпечити персонал засобами захисту та дезінфекції	«Ч»+24
5	Перевірити визначений персонал на наявність вірусу	На початку заходу
6	Визначити місця помивки персоналу, прання та прасування одягу та розробити графіки	«Ч»+24
7	Забезпечити місця помивки персоналу, прання та прасування одягу милом, шампунем, пральними машинами, гладильними дошками, прасками, парогенераторами	«Ч»+48
8	Визначити місця та забезпечити харчуванням і питною водою персонал	«Ч»+24
9	Визначити порядок і забезпечити прибирання та дезінфекцію приміщень, в яких розташований визначений персонал, розробити графік	«Ч»+24
10	Забезпечити контроль стану здоров'я, психофізичного стану	На час заходу
11	Організувати дозвілля відпочиваючої зміни	На час заходу
12	Забезпечити ізоляцію персоналу	На час заходу
13	Визначеному персоналу під час обсервації мати при собі необхідний одяг, білизну, засоби особистої гігієни, при необхідності медичні препарати призначені лікарем, а також побутові знаряддя для проведення дрібного ремонту одягу(гудзики, голки, нитки та інше)	На час заходу
14	На випадок можливих НС у ВП ЗАЕС:	
14.1	Привести у готовність сили та засоби аварійної групи та бригади	«Ч»+12
14.2	Перевірити наявність та стан аварійних комплектів та матеріального резерву у	«Ч»+6

	підрозділах	
14.3	Встановити місце знаходження персоналу	«Ч»+4
14.4	Перевірити актуальність схем оповіщення персоналу аварійної групи та бригади	«Ч»+2
14.5	Визначити порядок прибуття персоналу у разі оповіщення	«Ч»+2

Аналізуючи виконану роботу, можна зробити висновок, що головною метою охорони праці є створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація дії шкідливих і небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань. Організація роботи в галузі управління охороною праці полягає у виборі і формуванні такої структури управління охороною праці на виробництві, котра якнайкраще відповідає б основній меті — забезпеченню безпеки і здорових умов праці.

ВИСНОВКИ

З кожним роком у всьому світі обсяг вимірювань зростає, тому шукати шляхи скорочення потоку вимірювальної інформації необхідно, так само як і подбати про підвищення достовірності вимірювань.

Однією з важливих функцій вимірювань є використання їх результатів для налаштування, регулювання, юстирування технічних пристроїв з метою встановлення заданих режимів роботи, визначення допустимих за технічними умовами можливостей застосування. Зростання точності та ефективності функціонування технічних пристроїв пов'язано з їх конструктивним ускладненням, тому метрологічне забезпечення на всіх етапах життєвого циклу технічного пристрою стає одним з найважливіших умов досягнення високих показників якості і надійності.

Система управління метрологічним забезпеченням – частина загальної системи управління, що забезпечує організацію та проведення робіт із забезпечення єдності вимірювань і містить комплекс заходів, направлених на дотримання законодавства України, та вимог чинних нормативно-правових актів і нормативних документів у сфері метрології.

Метрологічна служба в електроенергетиці належить до системи управління діяльністю з організації та проведення робіт із забезпечення єдності вимірювань, надійності та достовірності вимірювань. Метою метрологічного забезпечення експлуатації атомних електричних станцій є досягнення й забезпечення єдності та проектної точності вимірювань на АЕС, забезпечення безпеки експлуатації АЕС через одержання достовірних результатів вимірювання.

Даний дипломний проект розглянуто на прикладі Запорізької атомної електростанції, на якій постійно проходить модернізація технологічного обладнання, основна мета якої – заміна старих технічних засобів автоматизації на функціонально сумісні програмно-технічні засоби, що відповідають сучасним вимогам міжнародних стандартів. Нове обладнання, в

т.ч. засоби вимірювальної техніки, що входять до його складу, мають значні переваги.

Підвищення точності вимірювань технологічних параметрів забезпечується підвищенням класу точності нових засобів вимірювальної техніки, що вимірюють та контролюють ці параметри.

Підвищення надійності нових засобів вимірювальної техніки дає змогу збільшити міжповірочний інтервал засобів вимірювальної техніки, що в свою чергу веде до зменшення затрат на їх перевірку, технічне обслуговування та ремонт.

Економічний ефект від впровадження нового засобу вимірювання формується за рахунок зниження собівартості вимірювань і зменшення втрат від похибки вимірювань при контролі.

В ході дипломного проекту встановлено, що річний економічний ефект від впровадження запропонованого засобу вимірювальної техніки формується за рахунок скорочення експлуатаційних витрат на обслуговування засобу вимірювальної техніки, а також за рахунок підвищення метрологічної надійності, зниження втрат від похибок вимірювання. Це, в свою чергу, підтверджує економічну доцільність впровадження і застосування запропонованого засобу вимірювальної техніки для контролю якості продукції, так як термін окупності даного засобу вимірювання складе два роки дев'ять місяців.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. **Чинков В. М.** Основи метрології та вимірювальної техніки [Текст] / Чинков В. М.: навч. посібн. - 2-ге вид., перероб. і доп. – Харків : НТУ «ХП», 2005. – 524с.
2. **Черепков С.Т.** Технічне регулювання та підтвердження відповідності в Україні [Текст] / С. Т. Черепков, С. І. Кондрашов, М. М. Будьонний [та ін.]: підручник. – Харків: Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2010. – 440 с.
3. **Іванніков Д.А.** Основи метрології та організації метрологічного контролю [Текст] / Іванніков Д.А., Фомічов О.М., учб-мет. Посібник, 2001 – 45 с.
4. **Малишев В.М.** Гнучкі вимірювальні системи в метрології [Текст] / Малишев В.М., Механіків А.І. - М.: Изд-во стандартів, 1988 – 218 с.
5. Про стандартизацію [Електронний ресурс]: Закон України: [Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, №31, ст.1058] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1315-18#Text>.
6. **Кириченко Л. С.** Основи стандартизації, метрології та управління якістю [Текст] / Л. С. Кириченко, Н. В. Мережко: підр. – Київ; Київ. нац. торг. екон. ун-т, 2010. – 416 с.
7. **Янушкевич Д.А.** Основи стандартизації [Текст] / Д. А. Янушкевич, Р. М. Тріщ., Л. Ю. Шубіна: навч. посіб. для студентів вищих навчальних закладів; Освіта України — Київ : 2012. — 320 с.
8. **Куликівський К.Л.** Методи і засоби вимірювань [Текст]/Куликівський К.Л., Купер В.Я.: підр. - М.: Вища школа, 1986 – 432 с.
9. Про метрологію та метрологічну діяльність [Електронний ресурс]: Закон України: [Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, №30, ст.1008] – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1314-18#Text>.
10. **Богданов Г.П.** Метрологічне забезпечення та експлуатація вимірювальної техніки [Текст] / Г. П. Богданов, В.А.Кузнецов, М.А.Лотонов та ін; Під ред. В.А.Кузнецова. - М.: Радіо і зв'язок, 1990 – 356 с.

11. Основи метрології в стандартизації [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://dspace.knau.kharkov.ua/jspui/bitstream/123456789/537/6/%D0%A0%D0%BE%D0%B7%D0%B4%D1%96%D0%BB%203.pdf>.
12. Розробка системи перевірки магнітноелектричних логометра [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://ua-referat.com>.
13. **Грязнова С. А.** Метрологія, стандартизація та сертифікація / С.А.Грязнова; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 151 с.
14. **Салухіна Н. Г.** Стандартизація та сертифікація товарів і послуг [Текст] / Салухіна Н. Г., Язвінська О. М.: підручник. – Київ.: Центр учбової літератури, 2010. - 336 с
15. Атомна електростанція: пристрій і вплив на навколишнє середовище [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://performancegunworks.com/594-nuclear-power-plant-device-and-environmental-impact.html>.
16. Розвиток атомної енергетики [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/printable_article?art_id=244957908.
17. Інформація про діяльність НАЕК «Енергоатом» [Електронний ресурс]: Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=244916068.
18. Атомна електростанція: пристрій і вплив на навколишнє середовище [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://performancegunworks.com/594-nuclear-power-plant-device-and-environmental-impact.html>.
19. Про затвердження Загальних положень безпеки атомних станцій [Електронний ресурс]: Закон України Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0056-08#Text>.
20. Структура систем безпеки [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://um.co.ua/4/4-15/4-158796.html>.

21. **Новицький П.В.** Оцінка похибок результатів вимірювань [Текст]/Новицький П.В., Зограф І.А.- Л.: Вища школа, 1985 – 265 с.
22. Вивчення основ технічних вимірювань і засобів вимірювання параметрів при випробуваннях та дослідженнях деталей машин [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://infopedia.su/15x13d2a.html>.
23. **Грабовський О.В.** Розробка методу оцінювання якості ІВС на основі використання генетичних алгоритмів [Текст] /Грабовський О.В.. – Одеса: 2013. – 218с.
24. Вимірювально-обчислювальні комплекси [Електронний ресурс]Режим доступу: http://ni.biz.ua/1/1_12/1_126379_izmeritelno-vichislitelnie-kompleksi.html
25. **Туяхов А.І.** Метрологія і стандартизація в енергетиці / Туяхов А.І., Ілющенко В.І., Саф'янц С.М., Смірнов О.М., Гридін С.В.. Навчальний посібник. – Донецьк: Норд , 2012. – 308 с., 16 табл., 50 рис.
26. **Луценко В.Ю.** Метрологія та технологічні вимірювання: методичні вказівки до виконання курсових робіт/уклад.: В.Ю. Луценко - К.: КНУБА, 2015, 27с.
27. **Новицький П.В.** Оцінка похибок результатів вимірювань [Текст]/Новицький П.В., Зограф І.А.- Л.: Вища школа, 1985 – 265 с.
28. **Зорі А.А.** Методи і засоби підвищення точності електронних вимірювальних систем [Текст] /Зорі А.А., Коренев В.Д., Хламов М.Г.. – Донецьк: РВА ДонНТУ, 2004. – 140с. – с.230-236.
29. **Богданов Г.П.** Метрологічне забезпечення та експлуатація вимірювальної техніки [Текст] / Г. П. Богданов, В.А.Кузнецов, М.А.Лотонов та ін; Під ред. В.А.Кузнецова. - М.: Радіо і зв'язок, 1990 – 356 с.
30. **Черепков С.Т.** Технічне регулювання та підтвердження відповідності в Україні [Текст] / С. Т. Черепков, С. І. Кондрашов, М. М. Будьонний [та ін.]: підручник. – Харків: Вид-во «Підручник НТУ «ХП», 2010. – 440 с.
31. Сайт з питань ядерної безпеки, радіаційного захисту та нерозповсюдження ядерної зброї [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://www.uation.org>.

32. Організація експлуатації [Електронний ресурс]: Режим доступу: <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/06/Rozdil-5.pdf>.
33. **Міхеєнко Л.А.** Метрологічна обробка результатів вимірювання / Міхеєнко Л.А. учбовий посібник з дисципліни «Оптичні вимірювання. Частина І», Київ 2009, 39с
34. Електронний журнал «Ефективна економіка» [Електронний ресурс] – Дніпровський державний аграрно-економічний університет, Ефективна економіка №5, 2011 Режим доступу: <https://studfile.net/preview/2387662>.
35. **Великанов К.М.** Расчеты экономической эффективности новой техники[Текст]: / К.М. Великанова: справочник – Ленинград «Машиностроение» Ленинградское отделение, 1975. – 432 с.
36. **НП 306.2.141-2008** Загальні положення безпеки атомних станцій[Текст] – Взамен НП 306.1.02/1.034-2000 Про затвердження Загальних положень забезпечення безпеки атомних станцій – 30 с.
37. **НАПБ В.01.056-2013/111** Правила будови електроустановок. Пожежна безпека електроустановок. Інструкція [Текст] – Взамен НАПБ В.01.056-2005/111. Правила побудови електроустановок. Протипожежний захист електроустановок, К: Издательство стандартов – 36 с.
38. **ДСТУ Б В.1.1-36:2016**Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою [Текст] – Взамен НАПБ Б.03.002-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою, К: Издательство стандартов – 20 с.
39. **НПАОП 40.1-1.32-01** Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок [Текст] – К: Издательство стандартов – 30 с.
40. **ДБН В.2.5-28-2006**Природне і штучне освітлення [Текст] – Взамен СНиП П-4-79«Естественное и искусственное освещение», утвержденной постановлением Госстроя СССР от 27 июня 1979 г. № 100 – 96 с.

41. **НАПБ А.01.001-2014** Правила пожежної безпеки в Україні [Текст] –
Взамен НАПБ А.01.001-2004 Правила пожарной безопасности в Украине – К:
Издательство стандартов – 86с.
42. **ДБН В.1.1-7:2016** Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні
вимоги[Текст] – Взамен ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів
будівництва. Загальні вимоги, К: Издательство стандартов – 35 с.
43. **ДБН В.2.5-56:2014** Системи протипожежного захисту[Текст] –
ВзаменДБН В.2.5-56-2010Системи протипожежного захисту, К: Издательство
стандартов – 28 с.