

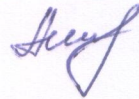
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

Кафедра: Морського приладобудування

«Допущений до захисту»

В.о. завідувача кафедри



Гайдай Г.Ю.

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Інформаційно-вимірювальна система моніторингу параметрів
нафтопродуктів з функцією віддаленого доступу до даних»

Виконав: студент групи 6631м

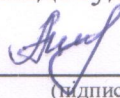


(підпис)

Редько П.С.

Керівник роботи:

В.о завідувача кафедри морського
приладобудування, к.т.н., доц.



(підпис)

Гайдай Г.Ю.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

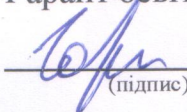
Кафедра морського приладобудування

Спеціальність 175 «Інформаційно-вимірювальні технології»

Освітня програма «Вимірювально-інформаційні системи»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми


(підпис)

Гордєєв Б.М.

«__» 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студенту Редьку Павлу Сергійовичу

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Інформаційно-вимірювальна система моніторингу параметрів нафтопродуктів з функцією віддаленого доступу до даних»

Керівник роботи Гайдай Ганна Юріївна, кандидат технічних наук, доцент

Затверджені наказом ректора № 1267 ух від «14» 10 2025 року

2. Термін подання роботи: 17.12.25

3. Вихідні дані по роботі: Інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів нафтопродуктів (ІВСКПН) у резервуарному парку. Повинна забезпечувати процес вимірювання кількості продукту у резервуарах та моніторинг основних величин: рівень продукту, рівень поділу меж середовищ, середня температура продукту, поточна густина продукту. Максимальна похибка вимірювання кількості нафтопродуктів – 0.5%. Максимальний рівень заповнення резервуарів 12 м.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів):

1. Огляд та аналіз протоколів автоматизованої передачі показань від приладів обліку; 2. Розробка технічного завдання на розробку ІВСКПН; 3. Формування математичної моделі витратоміра; 4. Розробка концепції інформаційно-вимірювальної системи; 5. Розробка електричного щита з бар'єром іскрозахисту; 6. Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення системи; 7. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів: 1. Математична модель витратоміра;

2. Розробка концепції; 3. Алгоритм роботи; 4. Вимірювання в резервуарі;

5. Схема підключення; 6. Розробка щита; 7. Алгоритм звернення Н.П.

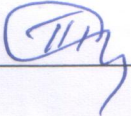
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
70П	Губальцев А.М.		

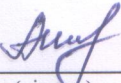
7. Дата видачі завдання « 3 » 09 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1.	Огляд та аналіз протоколів автоматизованої передачі показань від приладів обліку	3.09 - 22.09	вик.
2.	Розробка технічного завдання на розробку ІВСКПН	22.09 - 13.10	вик.
3.	Формування математичної моделі витратоміра	13.10 - 27.10	вик.
4.	Розробка концепції інформаційно-вимірювальної системи	27.10 - 3.11	вик.
5.	Розробка електричного щита з бар'єром іскрозахисту	3.11 - 17.11	вик.
6.	Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення системи	17.11 - 24.11	вик.
7.	Охорона праці	24.11 - 17.12	вик.

Студент  (підпис)

Редько П.С.
(ПІБ)

Керівник роботи  (підпис)

Гайдай Г.Ю.
(ПІБ)

АНОТАЦІЯ

Редько П.С. «Інформаційно-вимірювальна система моніторингу параметрів нафтопродуктів з функцією віддаленого доступу до даних». Кваліфікаційна робота зі спеціальності 175 «Інформаційно-вимірювальні технології», освітньої програми «Вимірювально-інформаційні системи». Миколаїв: НУК ім. адм. Макарова. 2025 рік. 73 сторінок.

Кваліфікаційна робота присвячена розробленню інформаційно-вимірювальної системи моніторингу параметрів нафтопродуктів із реалізацією функції віддаленого доступу до даних.

У процесі роботи створено алгоритмічне та програмне забезпечення сервера вимірювань, розроблено математичну модель витратоміра, а також спроектовано щит сполучення на 16 цифрових каналів для інтеграції системи з вимірювальними модулями.

У першому розділі проведено аналіз існуючих протоколів передачі даних, що застосовуються в інформаційно-вимірювальних системах контролю параметрів нафтопродуктів. Другий розділ присвячено розробці технічного завдання на створення системи. У третьому розділі наведено математичну модель витратоміра та її реалізацію для оцінювання точності вимірювань. Четвертий розділ містить опис концепції програмного забезпечення та принципів взаємодії з сервером вимірювань. У п'ятому розділі подано технологічну частину – розробку та конструкцію щиту сполучення на 16 цифрових каналів. Шостий розділ присвячено опису алгоритмів роботи програмного забезпечення, структурі бази даних та інтерфейсу оператора системи. У сьомому розділі здійснено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що можуть виникати під час експлуатації системи, і розроблено заходи з безпеки праці для користувачів, які працюють із персональним комп'ютером.

Ключові слова: Інформаційно-вимірювальна система; нафтопродукти; витратомір; моніторинг параметрів; сервер вимірювань; віддалений доступ; програмне забезпечення; технічне завдання; щит сполучення.

ABSTRACT

Redyko P.S. «Information and measuring system for monitoring petroleum product parameters with remote data access function». Qualification work in specialty 175 «Information and Measuring Technologies», educational program «Measuring and Information Systems». – Mykolaiv: Admiral Makarov National University of Shipbuilding, 2025, 73 pages.

The qualification work is devoted to the development of an information and measurement system for monitoring petroleum product parameters with the implementation of a remote data access function.

During the research, algorithmic and software components of the measurement server were developed, a mathematical model of the flowmeter was created, and a 16-channel interface board was designed for system integration with measurement modules.

The first chapter presents an analysis of existing data transmission protocols used in information and measurement systems for petroleum product monitoring. The second chapter is devoted to the development of technical specifications for system design. The third chapter provides the mathematical model of the flowmeter and its implementation for measurement accuracy evaluation. The fourth chapter describes the software concept and the principles of interaction with the measurement server. The fifth chapter focuses on the technological design of the 16-channel interface board. The sixth chapter presents the software operation algorithms, database structure, and the operator interface of the system. The seventh chapter analyzes hazardous and harmful production factors that may occur during system operation and outlines occupational safety measures for users working with a personal computer. shift; phase-shift calibrator; digital-to-analog signal synthesis.

Keywords: information and measurement system; petroleum products; flowmeter; parameter monitoring; measurement server; remote access; software; technical specifications; interface board.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПЕРЕДАЧІ ПОКАЗАНЬ ВІД ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ	10
1.1 Дротові технології передачі даних	10
1.2 Бездротові технології передачі даних	11
Висновки за розділом 1.....	16
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ ІВСКПН	17
2.1 Загальні відомості про систему	17
2.2 Вимоги до функціональних характеристик елементів системи	17
Висновки за розділом 2.....	20
РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИТРАТОМІРА	21
Висновки за розділом 3.....	25
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ	27
4.1 Призначення та попередній опис	27
4.2 Побудова та принцип роботи	28
4.3 Опис загального алгоритму роботи системи	32
4.4 Типові схеми підключення обладнання	37
Висновки за розділом 4.....	39
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОГО ЩИТА З БАР'ЄРОМ ІСКРОЗАХИСТУ	41
Висновки за розділом 5.....	44
РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ	45
6.1 Алгоритм приймання нафтопродуктів	45
6.2 Алгоритм зберігання (перевалки) нафтопродуктів	45
6.3 Алгоритм відвантаження нафтопродуктів	46

6.4 Розробка інтерфейсу оператора програмного забезпечення системи	48
6.5 Журнали подій та вимірювань	57
Висновки за розділом 6.....	59
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів у приміщенні для роботи з ІВСКПН	61
7.2 Розробка заходів щодо забезпечення сприятливих умов праці при роботі з персональним комп'ютером	64
7.3 Розрахунок загального освітлення	67
Висновки за розділом 7.....	69
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ІВСКПН – інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів нафтопродуктів;

БЖ – блок живлення;

ЄСКД – єдина система конструкторської документації;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПП – печатна плата;

ЧЕ – чутливий елемент;

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина;

БД – база даних;

ДПІ – датчики первинної інформації;

ЩС – щит сполучення;

ККО – коефіцієнти корекції об'єму;

ВСТУП

На сьогоднішній день існує цілий ряд інформаційно-вимірювальних систем для контролю параметрів нафтопродуктів, але у своїй більшості зав'язані за одним тільки виробником чи вендором, майже не мають можливості збільшення функціональності та підключення до інших систем чи ПЗ.

Завданням цієї курсової роботи є побудова інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів нафтопродуктів, яка дозволить отримувати параметри не тільки на основному робочому місці оператора, але й на екранах мобільних пристроїв та ПК інших співробітників на підприємстві, дозволить, за необхідністю, розміщати дані в мережі інтернет та отримувати інформацію з будь-якого пристрою в будь-якій точці світу (при наявності доступу до інтернет та наявності параметрів доступу).

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПРОТОКОЛІВ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ПЕРЕДАЧІ ПОКАЗАНЬ ВІД ПРИЛАДІВ ОБЛІКУ

Прилади обліку нафтопродуктів отримали широке поширення і можуть працювати в різних умовах. Збір показників з цих приладів та їх передача користувачеві повинні відбуватися регулярно, тому ще на етапі встановлення приладу важливо передбачити можливість оперативного та систематичного збирання даних.

Системи передачі цих показників можуть бути проводовими або бездротовими в залежності від використовуваних технологій та передавальних середовищ [1].

1.1 Дротові технології передачі даних

У галузі дослідження широко використовуються різноманітні дротові технології, зокрема: імпульсний вихід, послідовний інтерфейс RS232, RS-485 та M-Bus. Вибір конкретної технології залежить від числа облікових пристроїв та умов їх експлуатації [1].

Для опитування двох чи більше пристроїв використовують технології RS-485 та M-Bus. RS-485 відрізняється від інших інтерфейсів за використанням двохпроводної лінії та можливістю досягнення довжини кабелю понад 1 км. Можлива кількість підключених пристроїв становить до 256 [1]. Для підключення пристроїв обліку до мережі RS-485 вони повинні мати імпульсний вихід або відповідний інтерфейс. Прилади, що мають імпульсний вихід, підключаються до спеціальних RS-485 контролерів. Ці контролери – електронні пристрої з одним або декількома входами для підключення імпульсного виходу лічильника та одним цифровим виходом [1].

Ця технологія забезпечує високу швидкість передачі інформації та велику стійкість до завад завдяки тому, що перешкода впливає однаково на обидва провідника, залишаючи різницю потенціалів сталий [1].

M-Bus (Meter Bus) є європейським стандартом для віддаленого зчитування показників облікових приладів. Обмін інформацією в мережі M-Bus ґрунтується на принципі "один до багатьох" (Master to Slave). Швидкість передачі даних у мережі M-Bus змінюється від 300 біт/с до 9600 біт/с та обмежена електричною ємністю шини. Кількість пристроїв типу Slave залежить від потужності джерела напруги пристрою Master і може сягати до 250 [1].

Підключення приладів обліку до мережі M-Bus подібне до підключення до мережі RS-485: прилади повинні мати імпульсний вихід або відповідний інтерфейс.

Оскільки швидкість передачі інформації в цій технології невелика, необхідність у високих вимогах до комунікаційних ліній знижена. M-Bus спрямований на енергоефективність і дозволяє використовувати живлення від лінії для кінцевих пристроїв. Інтерфейси M-Bus та RS-485 схожі між собою, але перший має кілька переваг перед останнім [1]:

- Більша кількість підключених облікових приладів;
- Більша дальність передачі даних;
- Незалежність від полярності сигналу;
- Відсутність необхідності в узгоджувальних резисторах.

1.2 Бездротові технології передачі даних

Використання бездротових систем стає обґрунтованим там, де немає можливості або доцільності проводити додаткові дроти, відсутність живлення або складність у встановленні. У таких випадках створення автоматизованої системи обліку на основі бездротових технологій стає цілком доцільним. Використання бездротових мережевих технологій дозволяє повністю відмовитись від кабельних ліній у системі, характеризується простотою та швидкістю розгортання мережі та встановлення обладнання, а також зменшенням витрат часу та фінансів на всіх етапах, від проектування до експлуатації [2].

При розробці систем автоматизованого контролю витрати рідин найбільш широкого поширення набули такі бездротові мережеві технології: GSM/GPRS, системи від виробників лічильників, що використовують неліцензійні частотні діапазони, Wireless M-Bus, LoRaWAN, NB-IoT [2].

У минулому одним з основних методів отримання даних від вимірювальних приладів було використання аналогових модемів, підключених до традиційних телефонних ліній [2]. Сучасна версія цього методу - передача інформації за допомогою GSM-модемів (технологія CSD). Вона передбачає встановлення голосового з'єднання між модемами за номером телефону для передачі інформації, проте цей процес займає певний час і не дозволяє синхронно опитувати кілька приладів одночасно [2].

Технологія GPRS (General Packet Radio Service) не здобула широкого поширення через декілька суттєвих недоліків [2]:

- Низька швидкість передачі даних (до 9,6 кбіт/с).
- Великий час відгуку та необхідність попереднього установа з'єднання.
- Високі витрати на зв'язок, тарифікація за часом з'єднання, а не за обсяг переданої інформації.

Проте, GPRS здобув популярність завдяки застосуванню каналу зв'язку у GSM-модемах. Ця технологія дозволяє підключати пристрої через Інтернет (TCP/IP) та використовує пакетну передачу інформації в мережах GSM операторів. Хоча GPRS дозволило відмовитись від телефонних ліній та іноді від мережевого живлення, вимоги до інтерфейсів та підключення залишилися практично незмінними [2].

Основними перевагами технології GPRS є:

- Висока швидкість передачі даних (85,6 кбіт/с).
- Простота створення зв'язку.
- Можливість одночасної передачі інформації з усіх вузлів системи обліку.

Технологія передачі даних має серйозний недолік – велике енергоспоживання модему. Найкращі моделі можуть працювати до двох років на

одній батареї, але лише у випадку рідкісної передачі даних (не частіше одного разу на тиждень) [2].

Системи від виробників приладів. Багато країн світу мають один або кілька неліцензованих частотних діапазонів, які можуть використовувати виробники обладнання та споживачі без потреби у спеціальних дозволах [2]. Наприклад, у Європі та Україні такі діапазони – 868 МГц (потужність передавача до 25 мВт) та 433 МГц (потужність передавача до 10 мВт).

Дальність передачі даних значно залежить від умов, у яких встановлені радіомодулі, матеріалів та типу перешкод між ними та приймачами. Наприклад, при встановленні у підвалах житлових будинків середня дальність передачі даних складає 100–200 метрів [2].

Технологія дозволяє збирати дані, обходячи місця з встановленими приладами обліку. Також можна створити стаціонарну радімережу, додаючи до радіомодулів певну кількість ретрансляторів сигналу. У такому випадку дані збираються в одному місці, до якого направлена інформація від кожного приладу обліку - безпосередньо або через ретранслятори [2].

Поряд з тривалим терміном служби батареї радіомодулів та можливістю експлуатації обладнання без отримання дозволів на використання частотного діапазону, основними недоліками таких систем є [2]:

- Несумісність обладнання різних виробників.
- Обмежена дальність дії радіомодулів, особливо в складних умовах (наприклад, у колодязях або підвалах).
- Значні затримки передачі даних при використанні ретрансляторів.

На основі протоколу M-Bus, Wireless M-Bus (WM-Bus) ставить за мету передачу даних за допомогою радіоканалу. Це дозволяє спростити процес збору інформації з лічильників споживання енергії, води або газу. Лічильники відправляють дані до приймачів, які потім можуть агрегувати цю інформацію та передавати на сервери або інші системи обробки даних.

Однією з ключових переваг цієї технології є мінімальні вимоги до інфраструктури зв'язку та обладнання, що дозволяє швидше впровадження та

спрощення процесу монтажу. Окрім того, вона оперує на різних фізичних рівнях, таких як радіоканал, вита пара чи оптична пара, що робить її більш гнучкою та придатною для різних умов встановлення.

Дальність передачі даних може варіюватися в залежності від умов монтажу та наявності перешкод, проте у середньому ця відстань становить близько 100–200 метрів. Технологія WM-Bus дозволяє створити стаціонарну радіомережу з додаванням ретрансляторів сигналу для збору інформації з різних лічильників. Однак, така система може мати обмеження щодо дальності передачі даних при використанні ретрансляторів або в умовах із значними перешкодами.

Оголошений протокол передачі даних відповідає стандартам M-Bus, але застосовує радіоканал як засіб фізичного рівня у неліцензованих діапазонах частот, що дозволяє йому мати широке застосування у сфері обліку ресурсів та збору даних з лічильників різних типів.

Технології IoT (Internet of Things) стають все більш поширеними у впровадженні систем, де об'єкти можуть унікально ідентифікуватися та взаємодіяти через IP-з'єднання, без прямого втручання людини. У сфері передачі інформації від приладів обліку активно використовують два основних стандарти IoT: LoRaWAN та NB-IoT.

LoRaWAN – це протокол бездротового зв'язку, який працює на основі технології LoRa (Long Range). Його головна перевага полягає у великій дальності передачі даних із низькою споживаною енергією, що робить його ідеальним для систем, де потрібно взаємодіяти з об'єктами на великій відстані. LoRaWAN зазвичай використовується для систем моніторингу, вимірювання, відстеження та управління.

NB-IoT (Narrowband IoT) – це стандарт мережевого зв'язку, який працює в комерційних мережах мобільного зв'язку. Його переваги полягають у високій ефективності енергоспоживання, глибокій проникності у важкодоступних місцях (наприклад, в середині будівель) і підтримці великої кількості пристроїв в одній мережі. NB-IoT зазвичай використовується у застосуваннях, де потрібно передавати невеликі об'єми даних на великі відстані.

Ці два стандарти надають можливість побудови надійних та ефективних систем IoT, пристосованих до конкретних вимог та умов реалізації проекту.

LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) – це стандарт глобальної мережі з великим радіусом дії, розроблений для передавання даних на великі відстані і обслуговування значної кількості малопотужних пристроїв, включаючи прилади обліку.

Основною перевагою LoRaWAN є його можливість синхронного використання пристроїв різних виробників. Всі елементи цієї мережі працюють у неліцензованому частотному діапазоні 868 МГц [2].

Прилади обліку зазвичай підключаються до LoRaWAN за допомогою радіомодулів з автономним живленням. Ці модулі можуть отримувати дані від приладів обліку через бездротову мережу за допомогою протоколу WM-Bus або шляхом прямого підключення з імпульсним виходом [2].

Якість передачі даних залежить від відстані та прямої видимості до базової станції. Інформація з приладів обліку передається до мережевого сервера через базові станції, які постійно підключені до Інтернету, що забезпечує безперервне отримання показань від радіомодулів [2].

NB-IoT (Narrow Band Internet of Things) - це новітній стандарт мобільного зв'язку, спеціально призначений для пристроїв телеметрії з обмеженими потоками даних. Ця мережа може бути інтегрована в обладнання мобільних мереж LTE або працювати окремо, включаючи GSM. Застосування додаткового обладнання не потрібне, оскільки базова станція мобільного оператора автоматично розпізнає пристрій і розпочинає з ним співпрацювати [2].

Для підключення до мережі NB-IoT використовуються спеціальні модеми з SIM-карткою оператора мобільного зв'язку. Пристрої можуть підключатися через радіоканал (протокол WM-Bus) або за допомогою імпульсного виходу.

Головними перевагами NB-IoT є [2]:

- низька вартість кінцевого обладнання (модемів);
- ефективне використання енергії (автономна робота пристрою протягом 5-10 років, залежно від кількості сеансів зв'язку та переданої інформації);

- велика пропускна здатність мережі (можливість підключення десятків і сотень тисяч пристроїв до однієї базової станції);
- можливість визначення рівня сигналу/шуму на місці встановлення проєкту.

Висновки за розділом 1

У результаті аналізу сучасних дротових і бездротових технологій передачі даних від приладів обліку нафтопродуктів встановлено, що вибір протоколу визначається вимогами до швидкості, надійності та енергоефективності обміну інформацією, а також умовами експлуатації вимірювального обладнання.

Серед дротових рішень найпоширенішими є інтерфейси RS-485 та M-Bus, які забезпечують високу стійкість до завад, можливість підключення великої кількості приладів (до 250–256) і передачу даних на відстані понад 1 км. M-Bus, порівняно з RS-485, має переваги у вигляді енергоефективності, незалежності від полярності сигналу та спрощеного підключення без необхідності узгоджувальних елементів.

Бездротові технології набули широкого застосування завдяки гнучкості, простоті розгортання та зниженню витрат на монтаж і обслуговування. Серед них виділяються такі стандарти:

- GSM/GPRS — забезпечує підключення через мережі мобільних операторів, але характеризується високим енергоспоживанням;
- Wireless M-Bus — спрощує збір даних з лічильників через радіоканал, проте має обмежену дальність дії;
- LoRaWAN — дозволяє побудову масштабованих мереж з великою дальністю передачі та низьким енергоспоживанням;
- NB-IoT — відзначається високою енергоефективністю, низькою вартістю обладнання й можливістю підключення великої кількості пристроїв до однієї базової станції.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ НА РОЗРОБКУ ІВСКПН

2.1 Загальні відомості про систему

Найменування – Інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів нафтопродуктів з забезпеченням віддаленого доступу до даних.

Дана система призначена для здійснення збору параметрів з термopідвісок і рівнемірів, передачу їх через модулі вводу / виводу на ПК, контроль і обробку зібраної інформації за допомогою розробленого програмного забезпечення.

Дана система призначена для експлуатації на резервуарних парках з нафтопродуктами. Термopідвіски, контролери термopідвісок і рівнеміри розташовуються на ємностях. Сервер послідовних інтерфейсів розташовується в щиті живлення і вторинного перетворення.. Програмне забезпечення використовується на вбудованому ПК.

2.2 Вимоги до функціональних характеристик елементів системи

Рівнемір повинен виконувати наступні функції:

- вимір рівня нафтопродуктів в ємності;
- передача даних на сервер зберігання та обробки даних.

Сервер послідовних інтерфейсів повинен виконувати наступні функції:

- отримання даних з термopідвісок та рівнемірів, як опція з витратомірів;
- обробка інформації;
- зберігання журналу подій;
- перетворення інформації в інші протоколи для під'єднання до зовнішніх систем

Програмне забезпечення повинно виконувати наступні функції:

- відображення даних про температуру і рівень;
- розрахунок об'єму та приведення до відповідних умов;
- зберігання даних вимірювання;
- зберігання даних про ємність;

- формування звітів про виміри;
- відображення динаміки зміни даних вимірювання.

Система призначена для безперебійної цілодобової роботи з плановими зупинками для проведення регламентних робіт. Система може використовуватися в жорстких умовах експлуатації і допускає високий рівень індустриальних перешкод, вона зберігає свої характеристики при граничній температурі навколишнього повітря від -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$. Система виміру рівня може працювати в складних умовах.

До складу системи, що розробляється входять наступні пристрої: термopідвіски, рівнеміри, перетворювачі інтерфейсів, розгалужувачі, бар'єри іскрозахисту та блоки живлення.

Характеристики термopідвіски:

- кількість датчиків температури: до 7;
- тип датчиків: цифровий;
- довжина кабелю: 20 м;
- діапазон вимірюваних температур: від -40°C до 125°C ;
- точність вимірювання температури: $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (максимум) від -20°C до 100°C , $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (максимум) від -40°C до 125°C ;
- напруга живлення датчиків: 2,7...5,5 В;

Характеристики рівнемірів:

- застосування: ємності середньої висоти з сипучими продуктами;
- діапазон вимірювання: до 19 м;
- приєднання: інформація про приєднання надається замовником;
- робоча температура: $-40 \dots + 50^{\circ}\text{C}$;
- точність вимірювання: ± 1 мм.

Характеристики серверу послідовних інтерфейсів:

- COM портів RS-485: 3;
- максимальна швидкість COM-портів RS-485: 115200;
- портів 10/100 Mbit / s: 1;
- роз'єм порту 10/100 Mbit / s: 1xRJ-45;

- робоча температура: 0 ... + 50 ° C;
- вхідна напруга живлення: DC 12 В;
- підтримка Modbus TCP: Slave.

Характеристики блоку живлення:

- кількість фаз: 1;
- мінімальна вхідна напруга: 85.0 В;
- максимальна вхідна напруга: 264.0 В;
- вихідна напруга: 24.0 В;
- вихідна потужність: 70 Вт;
- температура експлуатації: -20 ... 70 °C.

Характеристики бар'єру іскрозахисту БИЗоН 2Ex.24.12:

- кількість каналів бар'єру іскрозахисту: 2;
- маркування вибухозахисту: Ex II (1) G [Ex ia Ga] IIB
- напруга холостого ходу V_0 в іскробезпечному ланцюгу: 25 В;
- струм в іскробезпечному ланцюгу каналу «Живлення» не більше: 50 мА;
- опір послідовного ланцюга каналу «Живлення» не більше: 210 Ом;
- сумарна ємність кабелю і навантаження каналу «Живлення» не більше: 0,4 мкФ;
- сумарна індуктивність кабелю і навантаження каналу «Живлення» не більше: 1 мГн;
- струм в іскробезпечному ланцюгу каналу «Сигнальний» не більше: 40 мА;
- опір послідовного ланцюга каналу «Сигнальний» не більше: 190 Ом;
- сумарна ємність кабелю і навантаження каналу «Сигнальний» не більше: 3,5 мкФ;
- сумарна індуктивність кабелю і навантаження каналу «Сигнальний» не більше: 4,5 мГн;
- робоча температура навколишнього повітря: -20 ... 60°C.

Розроблена система повинна бути випробувана після створення на етапі визначення експлуатаційних якостей і параметрів. У процесі випробування повинні бути перевірені відповідності заявленим функціям і вимогам.

Висновки за розділом 2

У другому розділі сформовано технічне завдання на створення інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів нафтопродуктів (ІВСКПН) з функцією віддаленого доступу до даних.

Проведено деталізацію структури системи, визначено її складові елементи, основні функціональні вимоги та технічні характеристики компонентів. Зокрема, встановлено вимоги до рівнемірів, термopідвісок, серверу послідовних інтерфейсів, блоків живлення та бар'єрів іскрозахисту. Для кожного з елементів зазначено діапазони робочих температур, точність вимірювань, параметри живлення, а також інтерфейси передавання даних.

Особливу увагу приділено забезпеченню надійності та безперервності роботи системи в умовах підвищеного рівня промислових завад і впливу зовнішніх факторів. Визначено, що система має функціонувати у температурному діапазоні від $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$, підтримувати цілодобовий режим роботи та витримувати планові зупинки для проведення технічного обслуговування.

У технічному завданні також визначено основні функції програмного забезпечення, серед яких:

- збір і відображення даних з термopідвісок і рівнемірів;
- розрахунок об'єму нафтопродукту з приведенням до стандартних умов;
- архівування результатів вимірювань;
- формування звітів і відображення динаміки зміни параметрів;
- забезпечення віддаленого доступу до даних через сервер вимірювань.

Окрім того, у розділі сформовано вимоги до апаратної частини, що передбачають застосування модульного принципу побудови системи, що спрощує інтеграцію з іншими автоматизованими системами підприємства.

Підсумовуючи, можна зазначити, що розроблене технічне завдання створює чітку базу для подальшого проектування, моделювання та реалізації ІВСКПН, забезпечуючи необхідні вимоги до точності, надійності, безпеки й функціональності системи.

РОЗДІЛ 3. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИТРАТОМІРА

В залежності від потреб замовника до складу інформаційної системи можуть входити витратоміри. В даній роботі буде представлена математична модель, що описує вимірювання витрати за різницею часів проходження УЗ-го сигналу за потоком і проти нього, є підґрунтям для опису роботи УЗ-го витратоміра з відбиттям (рис. 3.1)

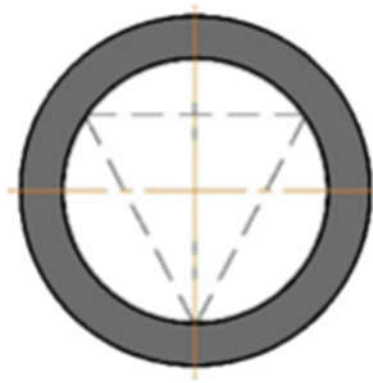


Рис. 3.1 – Схема з відбиттям

Якщо площини акустичних перетворювачів, що випромінюють і приймають, розташовані під деяким кутом θ до осі труби, то звукові коливання проходять у вимірюваній рідині шлях довжиною L під кутом α , рівний $\alpha = 90^\circ - \theta$. Позначимо через v швидкість потоку, усереднену по довжині L . Проекція швидкості v на напрям L буде дорівнювати $v \cdot \cos \alpha$. Якщо акустичні коливання спрямовані в бік руху потоку, то час $\tau_{\text{за}}$ проходження ними відстані L визначається виразом:

$$\tau_{\text{за}} = \frac{L}{(c + v_L \cdot \cos \alpha)}, \quad (3.1)$$

де c – швидкість поширення акустичних коливань у нерухомій рідині.

При зворотному напрямку акустичних коливань τ проти проходження ними тієї ж відстані визначиться виразом:

$$\tau_{проти} = \frac{L}{(c - v_L \cdot \cos \alpha)}, \quad (3.2)$$

Визначимо різницю величин з (3.2) і (3.1):

$$\Delta \tau = \tau_{проти} - \tau_{за} = \frac{2L \cdot v \cdot \cos \alpha}{c^2 \left(1 - \frac{v^2 \cdot \cos^2 \alpha}{c^2} \right)}. \quad (3.3)$$

Оскільки

$$\frac{v^2 \cdot \cos^2 \alpha}{c^2} \ll 1. \quad (3.4)$$

Отримуємо

$$\Delta \tau = \frac{2L \cdot v \cdot \cos \alpha}{c^2}. \quad (3.5)$$

Швидкість з виразу (3.5) буде рівною:

$$v = \frac{\Delta \tau \cdot c^2}{2L \cdot \cos \alpha}. \quad (3.6)$$

або

$$v = \frac{L}{2 \cos \alpha} \left(\frac{1}{\tau_{за}} - \frac{1}{\tau_{проти}} \right). \quad (3.7)$$

Загальна формула для витрати виглядає наступним чином:

$$q_v = kS \sum w_i v_i, \quad (3.8)$$

де k – гідродинамічний коефіцієнт; S – площа поперечного перерізу; w_i – ваговий коефіцієнт по i -ій хорді; v_i – швидкість по i -ій хорді.

Розглянемо розрахунок шляху ультразвукового сигналу у витратомірі з відбивачами. Шлях сигналу показано на рис. 3.2.

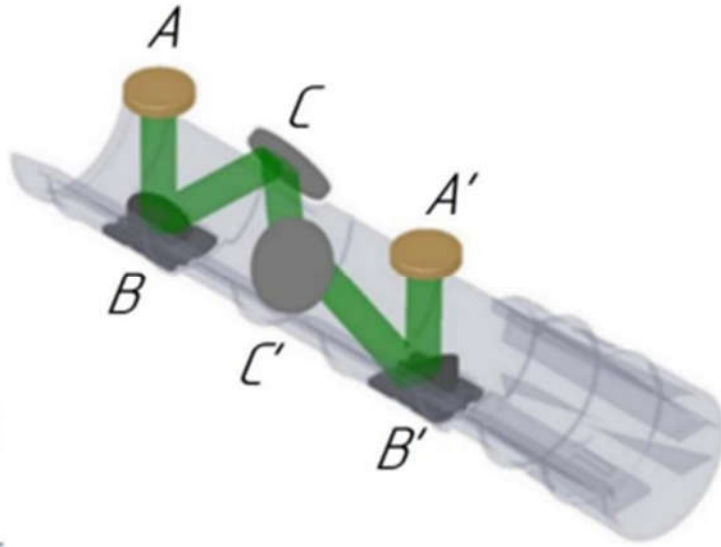


Рис. 3.2 – Шлях акустичного сигналу

Для початку розглянемо шлях проходження акустичного сигналу за хордою ВС.

Час проходження акустичного сигналу за потоком та проти нього визначається за формулами (3.9) і (3.10):

$$\tau_{BC} = \frac{L_{BC}}{(c + v \cdot \cos \alpha)}; \quad (3.9)$$

$$\tau_{CB} = \frac{L_{CB}}{(c - v \cdot \cos \alpha)}. \quad (3.10)$$

Визначимо швидкість за цією хордою:

$$\frac{1}{\tau_{BC}} - \frac{1}{\tau_{CB}} = \frac{\tau_{CB} - \tau_{BC}}{\tau_{BC}\tau_{CB}} = \frac{2v_i \cdot \cos \alpha}{L}; \quad (3.11)$$

$$v_i = \frac{L \Delta \tau}{2 \cos \alpha \cdot \tau_{BC} \tau_{CB}}. \quad (3.12)$$

Знайдемо вираз для визначення швидкості звуку в потоці:

$$\frac{1}{\tau_{BC}} + \frac{1}{\tau_{CB}} = \frac{2c}{L}; \quad (3.13)$$

$$c = \frac{L(\tau_{BC} + \tau_{CB})}{2\tau_{BC}\tau_{CB}}. \quad (3.14)$$

Середня швидкість в потоці визначається за виразом:

$$v = k \sum w_i v_i, \quad (3.15)$$

де k – гідродинамічний коефіцієнт; w_i – ваговий коефіцієнт по i -ій хорді; v_i – швидкість по i -ій хорді.

Оскільки відрізки BC-CC'-C'B' є рівними та рівновіддаленими від центру, витрата буде визначатися за виразом (3.8):

$$q_v = k \frac{\pi D^2}{4} w \cdot \frac{L}{2 \cos \alpha} \left(3 \frac{\Delta \tau_{BC}}{\tau_{BC} \tau_{CB}} \right). \quad (3.16)$$

Оскільки

$$\tau_{AB} = \tau_{B'A'} = \tau_{A'B'} = \tau_{BA}, \quad (3.17)$$

Виразимо значення часу проходження акустичного променя:

$$\tau_{BC} = \frac{\tau_{AA'} - \tau_{AB} - \tau_{A'B}}{3}, \quad (3.18)$$

$$\tau_{CB} = \frac{\tau_{A'A} - \tau_{BA} - \tau_{B'A'}}{3}. \quad (3.19)$$

Визначимо різницю двох вище наведених часів:

$$\Delta \tau_{BC} = \tau_{CB} - \tau_{BC} = \frac{\tau_{A'A} - \tau_{AA'}}{3}. \quad (3.20)$$

Знайдемо добуток двох τ_{BC} та τ_{CB} .

Для зручності позначимо: $\tau_0 = \tau_{AB} = \tau_{B'A'} = \tau_{A'B'} = \tau_{BA}$

$$\tau_{BC} \tau_{CB} = \frac{(\tau_{AA'} - \tau_{AB} - \tau_{A'B})(\tau_{A'A} - \tau_{BA} - \tau_{B'A'})}{9}; \quad (3.21)$$

$$\tau_{BC} \tau_{CB} = \frac{\tau_{AA'} \tau_{A'A} - 2\tau_0(\tau_{A'A} + \tau_{AA'}) + 4\tau_0^2}{9}. \quad (3.22)$$

Значення загальної витрати буде дорівнювати:

$$q_v = k \frac{\pi D^2}{4} w \cdot \frac{L}{2 \cos \alpha} \left(\frac{3 \frac{\tau_{A'A} - \tau_{AA'}}{3}}{\frac{\tau_{AA'} \tau_{A'A} - 2\tau_0 (\tau_{A'A} + \tau_{AA'}) 4\tau_0^2}{9}} \right), \quad (3.23)$$

після перетворень отримуємо:

$$q_v = k \frac{\pi D^2}{4} w \cdot \frac{L}{2 \cos \alpha} \left(\frac{9(\tau_{A'A} - \tau_{AA'})}{\tau_{AA'} \tau_{A'A} - 2\tau_0 (\tau_{A'A} + \tau_{AA'}) 4\tau_0^2} \right). \quad (3.24)$$

Висновки за розділом 3

У третьому розділі представлено математичну модель ультразвукового витратоміра, яка ґрунтується на принципі вимірювання різниці часів проходження ультразвукового сигналу за та проти напрямку потоку рідини.

Побудована модель описує фізичні процеси, що відбуваються у вимірювальному каналі, та дозволяє визначати швидкість потоку і витрату рідини через відому геометрію траси ультразвукового сигналу і параметри середовища.

В ході розробки моделі:

- визначено аналітичні залежності для обчислення часу проходження акустичного сигналу за потоком і проти нього;
- отримано формули для розрахунку швидкості потоку на основі різниці часових затримок;
- сформульовано узагальнений вираз для визначення миттєвої та середньої витрати, що враховує гідродинамічний коефіцієнт, площу поперечного перерізу та вагові коефіцієнти по хордах вимірювання;
- розглянуто випадок витратоміра з відбивачами, що дозволяє збільшити довжину акустичного шляху та підвищити точність вимірювання;
- проаналізовано залежність витрати від кута встановлення акустичних перетворювачів і відстані між ними.

Отримані математичні співвідношення (формули 3.1–3.24) дають змогу здійснювати кількісну оцінку параметрів потоку, а також можуть бути

використані для калібрування, моделювання та оптимізації конструкції витратоміра.

Розроблена математична модель створює теоретичну основу для подальшої реалізації алгоритмів вимірювання у складі інформаційно-вимірювальної системи контролю параметрів нафтопродуктів, забезпечуючи необхідну точність та надійність визначення витрати.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА КОНЦЕПЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

4.1 Призначення та попередній опис

Інформаційно-вимірювальна система призначена для комерційного обліку та оперативного моніторингу основних технологічних параметрів рідин під час їх зберігання, транспортування та переробки. Вона забезпечує автоматизований дистанційний контроль параметрів різноманітних рідин, серед яких – рідкі нафтопродукти (бензин, дизельне паливо, нафта, мазут), скраплені під тиском вуглеводневі гази (пропан-бутанові суміші) та інші рідини, що не викликають налипання на зонди.

Основним завданням системи є вимірювання, розрахунок і відображення параметрів обліку рідин, а також забезпечення збереження та передавання даних. У процесі роботи система здійснює вимірювання рівня продукту у резервуарах, визначає міжфазний рівень підтоварної води або осаду, контролює температуру рідини по висоті резервуару, а за необхідності – гідростатичний тиск стовпа рідини чи надлишковий тиск парової фази. На основі отриманих даних система виконує розрахунки густини продукту з урахуванням температурних поправок, визначає загальний і товарний об'єми, об'єм рідини, зведений до стандартної температури (15/20 °C), масу продукту відповідно до вимог ДСТУ 7094:2009, а також швидкість заповнення чи спорожнення резервуару. Крім того, вона забезпечує прогнозування тривалості поточних операцій і формує зведені показники для груп резервуарів або всього резервуарного парку.

Система реалізує зручне візуальне відображення результатів вимірювань у графічній, табличній або комбінованій формах. На екрані оператора відображається схема резервуарів із показами рівнів рідини, температури, тиску, маси продукту, стану обладнання та індикаторів сигналізації. Таблична форма подання даних забезпечує швидкий доступ до всіх параметрів вимірювань і розрахунків із можливістю маркування резервуарів.

Важливим елементом є візуальна та звукова сигналізація, яка попереджає оператора про досягнення критичних рівнів заповнення, появу підтоварної води, зміни температури або тиску, що можуть свідчити про порушення умов зберігання. Уся вимірювальна інформація, включно з історією змін параметрів, зберігається у базі даних системи з можливістю подальшого аналізу.

Інформаційно-вимірювальна система підтримує формування звітів про стан окремих резервуарів або всього парку в автоматичному чи ручному режимах. Звіти можуть створюватися за певну дату, час або період, а також включати дані про обіг, залишки продуктів, ретроспективні показники технологічних параметрів і подій.

Система забезпечує віддалений доступ до даних у мережі, що дозволяє операторам або керівникам відстежувати стан резервуарів у режимі реального часу. Крім того, реалізовано можливість інтеграції з автоматизованими системами управління підприємства (АСУП, АСУТП) через протокол Modbus TCP або інші стандартизовані інтерфейси обміну даними.

Таким чином, розроблена інформаційно-вимірювальна система забезпечує комплексний моніторинг і облік технологічних параметрів рідин, підвищує точність вимірювань, автоматизує процеси контролю та створює основу для побудови сучасної інфраструктури енергетичних і промислових об'єктів.

4.2 Побудова та принцип роботи

Система безперервно виконує функції в режимі 24x7, циклічно отримує дані про основні параметри зберігання, та виконує відповідні розрахунки вищезазначених похідних параметрів зберігання продуктів, що розміщуються у різноманітних резервуарах.

До складу системи входять:

- датчики первинної інформації (рівень, тиск, температура і т.ін.) – основні вимірювальні засоби що є джерелом вимірювальної інформації;
- щити сполучення – пристрої для централізованого збору інформації від під'єднаних за допомогою кабельних ліній первинних датчиків;

- консоль – керуючий обчислювальний пристрій для збору, реєстрації та обробки вимірювальної інформації, зручного відображення результатів вимірювання, сигналізації про важливі події (використовує відповідне програмне забезпечення).

Типовий склад та з'єднання елементів системи наведено на рис. 1.

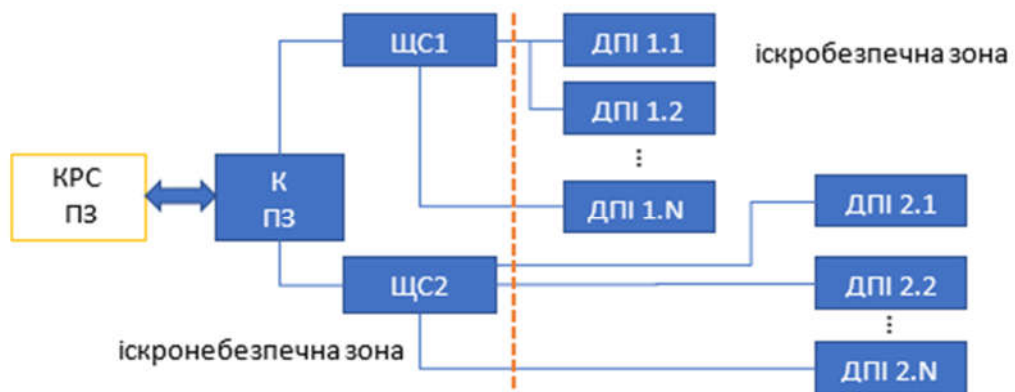


Рис. 4.1 – Зв'язок елементів обладнання

Рис. 4.1 містить консоль (К) з комплектом програмного забезпечення (ПЗ) для управління процесом вимірювання та обчислення параметрів; до консолі К за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення можуть під'єднуватись клієнтські робочі станції (КРС) – для візуалізації результатів вимірювання та сигналізації про події; ЩС – щити сполучення – забезпечують електричне живлення, сполучення інтерфейсів вимірювальних каналів системи, забезпечують потрібний рівень іскробезпеки; ДПІ – датчики первинної інформації, що безпосередньо використовуються для вимірювань та підключаються до відповідних щитів сполучення.

Більш докладно демонстрація можливостей побудови системи ілюструється рис. 4.2.

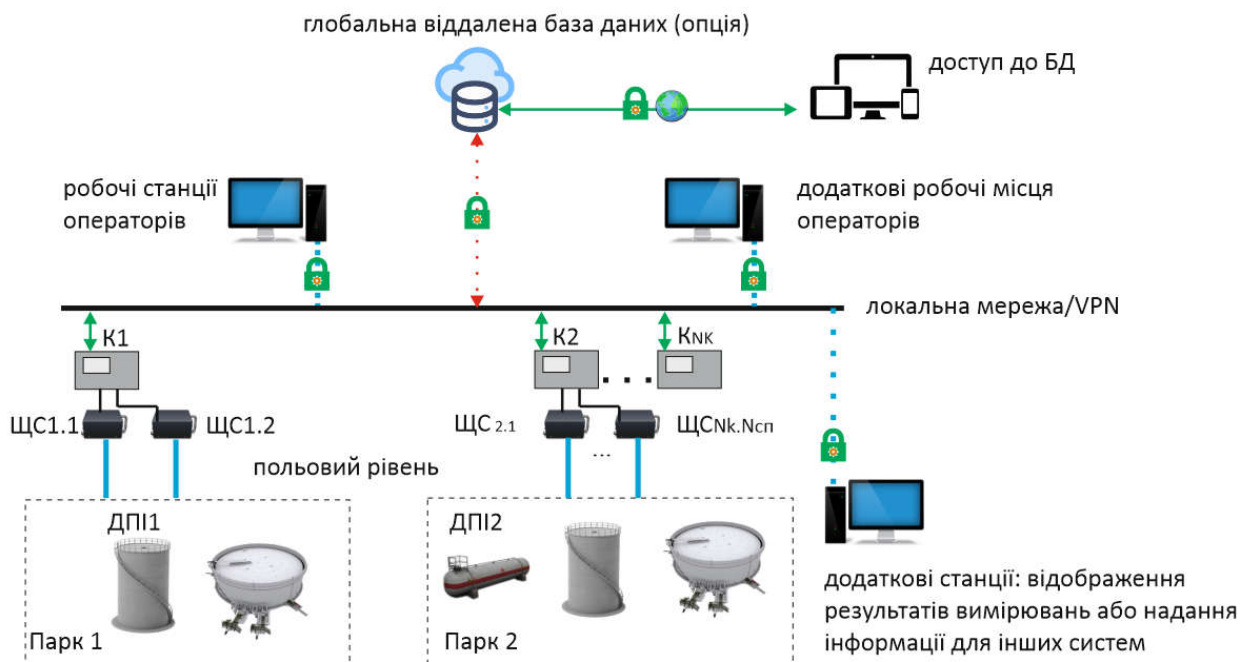


Рис. 4.2 – Типова структура, підключення елементів системи

Підхід до побудови системи передбачає використання типових блоків. Це дозволяє швидко конструювати систему будь-якої складності та масштабу та проводити зміни/модернізацію за необхідності.

Датчики первинної інформації (ДПІ) встановлюються безпосередньо в точках вимірювання – на резервуарах та/або відповідних трубопроводах.

Підключення ДПІ до щитів сполучення (ЩС) виконується у відповідності до вимог виробників ДПІ та виконання норм щодо електромагнітної сумісності та пожежної безпеки. Щити сполучення забезпечують живлення датчиків первинної інформації, сполучення ДПІ із обчислювальною складовою системи використовуючи необхідні перетворювачі інтерфейсів та протоколи зв'язку.

У випадку встановлення ДПІ у вибухонебезпечній зоні, ЩС забезпечують ступінь захисту «іскробезпечне електричне коло» (для кіл живлення та обміну інформацією з ДПІ) за рахунок використання бар'єрів іскрозахисту відповідної модифікації.

Обчислювальна складова системи (К) використовується для управління вимірювальними каналами системи, збору інформації шляхом опитування вимірювальних каналів, діагностики каналів та системи в цілому. К та ЩС

з'єднуються використовуючи інтерфейс RS-485 (EIA-485) із відповідними обмеженнями щодо відстані та швидкості обміну даними.

Головною функцією консолі є обробка даних отриманих від ДПП (обчислювальний процес), інших джерел (оператор, дані інших систем) за алгоритмами що реалізовані у програмному забезпеченні системи.

Консоль являє собою промисловий комп'ютер з розширеними периферійними можливостями та відповідними додатковими ступенями захисту, встановленим спеціалізованим програмним забезпеченням, що забезпечує обчислення усіх основних параметрів зберігання продукту.

До однієї консолі підключається обмежена кількість щитів сполучення, виходячи з вимог Замовників щодо швидкодії вимірювальних процесів та кількості вимірювальних каналів, що підключені до відповідних щитів сполучення. Типова конфігурація консолі передбачає підключення до 96 щитів вводу, кожен з яких розраховано на підключення 8/16 каналів вимірювання рівня та температури або 8 каналів вимірювання рівня, температури та додатково 8 каналів вимірювання тиску. Для зручності використання до консолі за її місцем встановлення може підключатися сенсорна панель/монітор (HDMI кабелем на якому може відображатися інтерфейс користувача системи (відображення основних вимірювальних параметрів).

В якості обчислювача в окремих випадках може виступати комп'ютер, що має необхідну кількість комунікаційних інтерфейсів RS-485 для підключення щитів сполучення та на який може бути встановлене необхідне програмне забезпечення.

Обладнання системи може включатися у локальну мережу підприємства (або використовувати окрему мережу для своєї роботи). Користувачі цієї мережі можуть отримати доступ до даних вимірювань використовуючи клієнтське програмне забезпечення. Для розширення кола інформованих осіб та підвищення загального рівня інформованості та безпеки клієнтське програмне забезпечення може бути встановлене на окремих робочих станціях та використовуватися

декількома користувачами одночасно (наприклад головним операторам комплексу, або оператором окремої ділянки, технологам тощо).

Обладнання системи містить (мінімально можливий комплект):

1. Рівнеміри (із додатковою функцією вимірювання температури)

- Рівнемір для рідин
- Рівнемір для скраплених газів

Інші рівнеміри, що для ведення комерційного обліку повинні задовольняти вимогам щодо точності (див. ДСТУ OIML R 85-1 & 2:2019 Автоматичні рівнеметричні прилади для вимірювання рівня рідини у стаціонарних резервуарах. Частина 1. Метрологічні та технічні вимоги.), відповідають іншим вимогам законодавства щодо безпеки та застосовності для комерційного обліку.

2 Щит вводу цифрових сигналів (16каналів рівня та температури)

3 Консоль та/або комп'ютер із можливістю підключення обладнання за допомогою інтерфейсу RS-485 та комплектом програмного забезпечення «САДКО+»

До складу системи можуть додатково включатися датчики тиску або густині (на базі гідростатичного принципу вимірювання густини) в залежності або витратоміри від вимірювального завдання та алгоритмів обчислення що використовуються.

Для обчислення параметрів парової фази газів у резервуарах під тиском (у випадку скраплених газів, аміаку і т.ін.) необхідно застосовувати вимірювальний канал тиску парової фази.

4.3 Опис загального алгоритму роботи системи

Система виконує опитування вимірювальних каналів у змішаному режимі (паралельно-послідовному) з метою зменшення інтервалу часу між двома наступними моментами отримання результатів вимірювання.

Інтервал між двома опитуваннями одного вимірювального каналу може конфігуруватися в залежності від типу та особливостей пристроїв, що підключено до консолі, типових швидкостей зміни параметрів тощо. Наприклад,

для рівнемірів серії MIRA+ інтервал опитування не повинен становити менше 5 сек. Заявлені параметри точності обчислення об'єму і відповідно маси є чинними для статичного випадку (відсутності руху продукту у резервуарі).

Для кожного контрольованого резервуару система отримує набір поточних значень, що вимірюються відповідними засобами вимірювань: рівнеміром, вимірювачами температури, тиску і т.ін. Інформація в подальшому використовується для розрахунку вторинних параметрів зберігання: швидкостей зміни рівня, об'єму, приведених об'єму до стандартної температури, маси тощо.

Системи реалізують

- непрямий метод статичних вимірювань маси продукту за результатами вимірювань їх об'єму, густини та температури
- непрямий метод, що базується на гідростатичному принципі – за результатами вимірювання рівня продукту та гідростатичного тиску стовпа продукту згідно до ДСТУ 7094:2009 Метрологія. Маса нафти та нафтопродуктів. Загальні вимоги до методик виконання вимірювання (ГОСТ 8.587-2009, MOD).

Для перерахунку густини та приведення значення об'єму продукту (світлик та темних нафтопродуктів, скраплених газів тощо) до стандартної температури використовуються алгоритми та таблиці:

- ДСТУ ГОСТ 33335:2017 Нафта і нафтопродукти. Настанова з використання таблиць вимірювання параметрів (ГОСТ 33335-2015, IDT), (національний відповідник ASTM 1250)
- ДСТУ ГОСТ 8.599:2016 Метрологія. Густина світлик нафтопродуктів. Таблиці перерахунку густини до 15 °C та 20 °C і до умов вимірювання об'єму (ГОСТ 8.599-2010, IDT)

Послідовність дій щодо вимірювання/обчислення основних параметрів продукту спрощено може бути проілюстровано наступним рисунком.

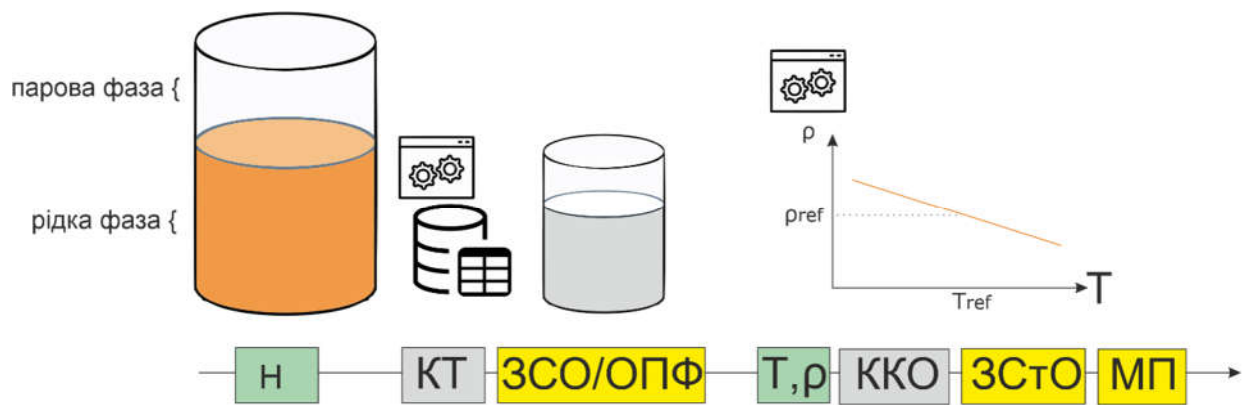


Рис. 4.3 – Спрощений алгоритм вимірювання та розрахунку об'єму/маси продукту

На першому етапі за значенням рівня продукту та за допомогою відповідної калібрувальної таблиці резервуару КТ (ТСТ) обчислюється значення загального спостережуваного об'єму – ЗСО (TOV) та відповідного об'єму продукту, що знаходиться у паровій фазі - ОПФ (для врахування парової фази, для рідин та газів під тиском). Значення загального спостережуваного об'єму обчислюється із урахуванням різниці між температурою для якої складено калібрувальну таблицю та поточною температурою стінок резервуару.

Подальший розрахунок проходить в залежності від наявного обладнання/даних. Наприклад, за відсутності густиноміра (варіант побудови що використовується найчастіше), оператор системи надає дані про густину продукту у резервуарі (на підставі даних лабораторії підприємства або супровідних документів на партію продукту). Одночасно у резервуарі вимірюються значення рівнів рівнеміром (1) та температури (2), що за допомогою щитів вводу (3) надають інформацію про вимірювані параметри консолі (4), яка обчислює вторинні параметри: об'єми та масу продукту у відповідності до алгоритму – див. рис. 4.4.

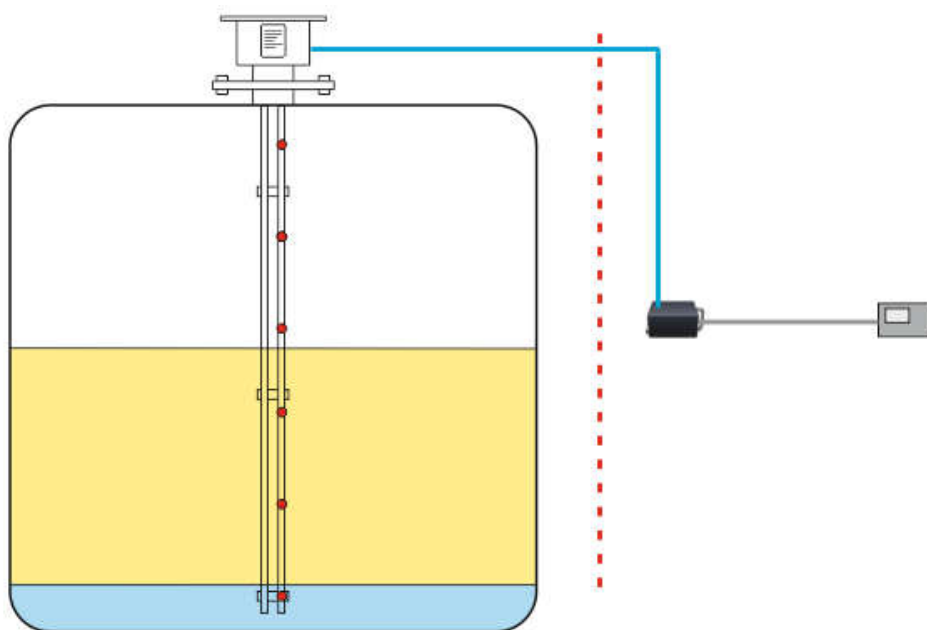


Рис. 4.4 – Вимірювання рівнів та температури в контрольованому резервуарі

Оператор надає дані про виміряну густину та температуру під час вимірювання густини. Ця подія фіксується в журналі вимірювань – відповідно до прав доступу. Системою автоматично виконується перерахунок густини продукту до умов спостереження (поточної температури продукту у резервуарі) та до стандартної густини (густини при 15 або 20°C).

Під час застосування густиноміра, заснованого на гідростатичному принципі – див. рис. 5, застосовуються непрямі вимірювання густини рідини, яка обчислюється за результатами вимірювань рівня рідини рівнеміром 1, температури (2) та гідростатичного тиску її стовпа стаціонарним вимірювачем гідростатичного тиску (3).

Густиномір може складатися з одного вимірювача тиску стовпа рідини (3) або декількох, наприклад (3) та (4), дані яких використовуються одночасно для розрахунків. Інформація від датчиків за допомогою щитів вводу (5) передається до консолі (6), яка обчислює вторинні параметри: об'єми та масу продукту у відповідності до алгоритму.

Перерахунок об'єму за стандартної температури виконується із використанням коефіцієнтів корекції об'єму ККО (VCF) на основі даних про температуру продукту та його поточну густину.

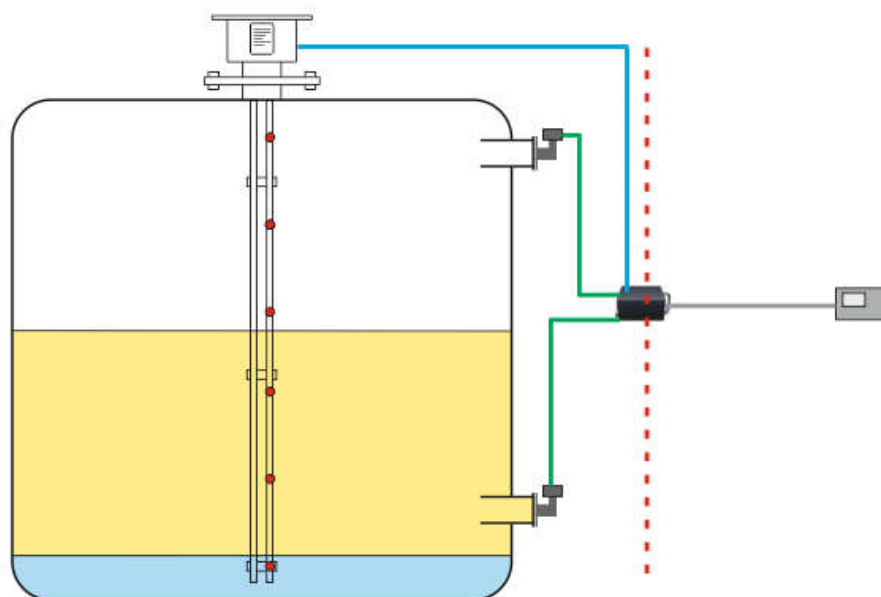


Рис. 4.5 – Приклад використання датчиків системи для гібридного способу обчислення маси

Надалі, за значеннями об'єму та густини продукту розраховується маса продукту (МП).

Для зручності користувачів програмне забезпечення розраховує як значення маси продукту «в вакуумі», так і «в повітрі» згідно до таблиць 8, 26 та 56 ASTM D 1250.

Опис вимірювальних каналів рівня та температури

Вимірювальні канали рівня та температури системи побудовані на базі цифрових рівнемірів серії «MIRA+». Рівнемір працює за принципом імпульсної рефлектометрії, не містить рухомих частин та має можливість вимірювання міжфазного рівня продукту. Рівнемір також може використовуватися для вимірювання температури продукту (містить багатоточковий датчик температури із можливістю обчислення середнього значення температури продукту)

В якості інтерфейсу та протоколу зв'язку для рівнемірів серії «MIRA+» використовується RS-485, Modbus RTU.

Вимірювальні канали тиску парової фази (опція)

В якості датчиків тиску парової фази продукту повинні використовуватися датчики тиску сумісні із контрольованою рідиною/газами (у сенсі корозійної сумісності, розмірів отворів та мембран, стійкості до забруднення), відповідним діапазоном вимірювання та допустимою похибкою. Для використання із зрідженими вуглеводневими газами використовуються датчики тиску з діапазоном вимірювання 0..2.5 МПа та граничною допустимою похибкою $\pm 0.25\%$ повної шкали, вихідний сигнал 0..20/4..20 мА.

Вимірювальні канали густини (опція)

Для вимірювання поточного значення густини продукту можуть використовуватися датчики різних принципів дії. Найчастіше використовуються густиноміри, що базуються на вимірюваннях гідростатичного тиску стовпа рідини та обчислюють середню густину продукту. Діапазон вимірювання таких густиномірів повинен обиратися в залежності від властивостей рідин та процесу що контролюються. Наприклад, у випадку застосування системи із зрідженими вуглеводневими газами рекомендовано використовувати густиномір із діапазоном вимірювання 400..700 кг/м³ та межею похибки що не перевищує $\pm 0.1\%$. Для світлих нафтопродуктів рекомендується використовувати густиномір із калібруванням у діапазоні 650..950 кг/м³ та межею похибки що не перевищує $\pm 0.1\%$.

Для використання результатів вимірювання для подальшого обчислення маси нафтопродуктів абсолютна похибка вимірювання густини не повинна перевищувати значення ± 0.5 кг/м³.

4.4 Типові схеми підключення обладнання

Під час монтажу обладнання що входить до складу системи в небезпечних зонах необхідно суворо дотримуватися вимог місцевих норм і відповідних сертифікатів.

При встановленні рівнемірів, датчиків тиску або іншого обладнання у потенційно вибухонебезпечних зонах підключення виконується виключно через бар'єри іскрозахисту – див. рис. 4.6, що знаходяться у щитах вводу цифрових та аналогових сигналів та мають відповідні параметри та маркування як на панелі кабельних ввів, так і безпосередньо на клеммах де виконується підключення.

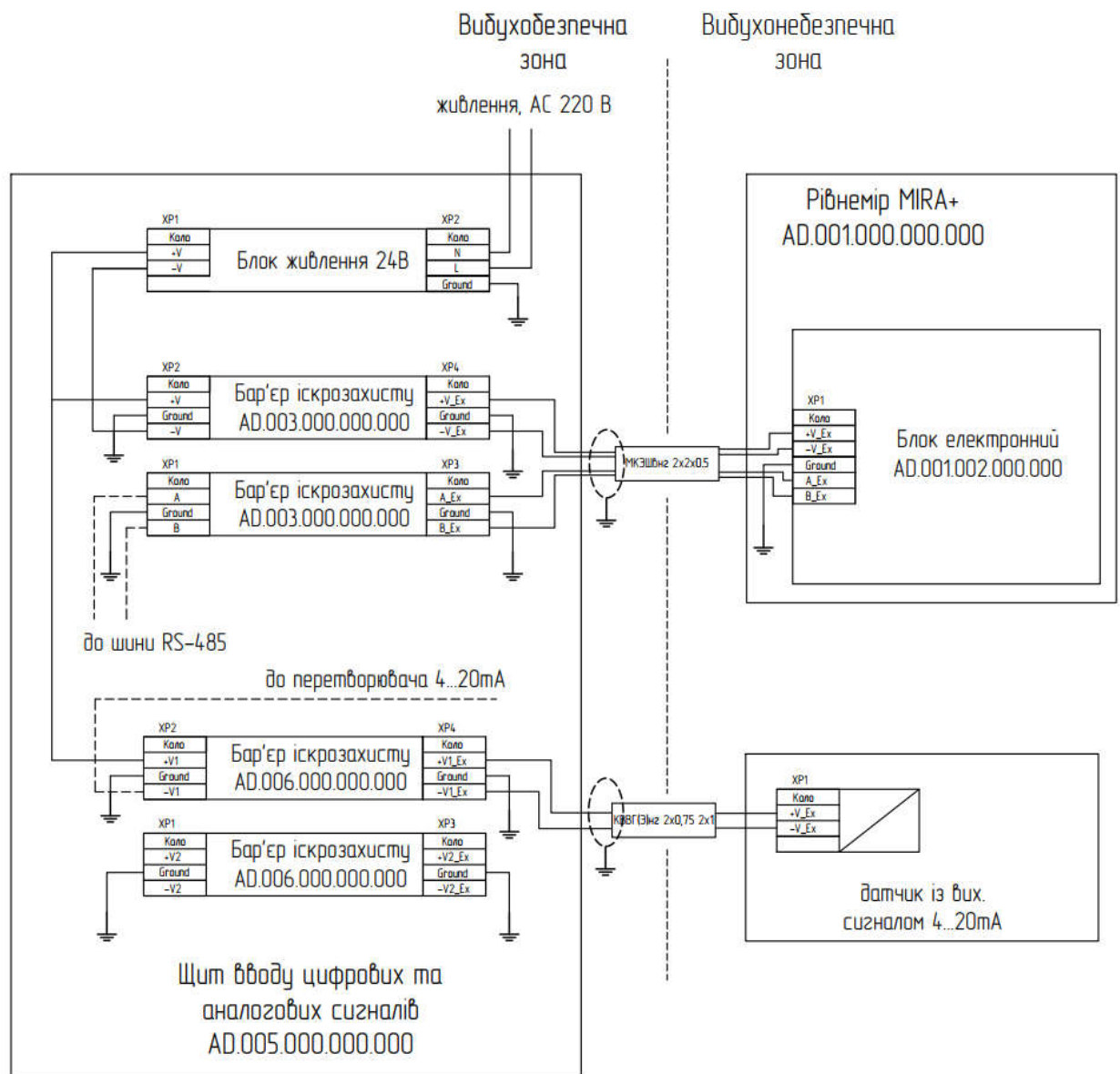


Рис. 4.6 – Спрощена схема підключення датчиків через бар'єри іскрозахисту

Перед підключенням будь-якого обладнання необхідно заземлити його корпус (бонка для заземлення розміщена на корпусі щитів або датчиків).

Електричний опір заземлення за постійним струмом не повинен перевищувати 4 Ом.

Щодо під'єднання рівнемірів – електронний блок з'єднується з щитом вводу цифрових та аналогових сигналів за допомогою щонайменше 4-жильного кабелю. Для зниження падіння напруги на лініях живлення рекомендується об'єднувати провідники «витих пар» (стосується кола живлення). Для цього відповідні провідники можуть бути об'єднані в відповідній частині роз'єму.

Висновки за розділом 4

У четвертому розділі виконано розробку концепції інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) моніторингу параметрів рідин, зокрема нафтопродуктів, що забезпечує комплексний підхід до автоматизованого вимірювання, обліку та віддаленого контролю технологічних процесів зберігання та транспортування.

У процесі роботи над розділом:

- визначено призначення та функціональні можливості ІВС, яка забезпечує безперервний збір, обробку та збереження даних про рівень, температуру, тиск і густину контрольованих рідин;
- розроблено загальну структуру системи, що включає первинні вимірювальні перетворювачі (датчики), щити сполучення, консоль (обчислювальний модуль) та клієнтські робочі станції, об'єднані інтерфейсами RS-485 (Modbus RTU/TCP);
- запропоновано алгоритм функціонування системи, який передбачає періодичне опитування вимірювальних каналів, розрахунок вторинних параметрів (густина, маса, об'єми, приведені до стандартних температур), а також формування звітів і протоколів вимірювань;
- описано способи реалізації непрямих методів вимірювання маси продукту, що базуються на гідростатичному принципі та стандартах ДСТУ 7094:2009, ДСТУ ГОСТ 33335:2017, ДСТУ ГОСТ 8.599:2016;

- розроблено типові схеми підключення обладнання з урахуванням вимог вибухозахисту, електробезпеки та електромагнітної сумісності, включно з використанням бар'єрів іскрозахисту;
- визначено вимоги до параметрів та точності вимірювальних каналів, зокрема для рівнемірів серії «MIRA+», датчиків тиску та густиномірів.
- Розроблена концепція дозволяє реалізувати масштабовану та модульну систему, придатну до розширення кількості вимірювальних каналів, модернізації програмного забезпечення та інтеграції з корпоративними системами управління (АСУТП, АСУП).

У підсумку, інформаційно-вимірювальна система забезпечує:

- підвищення точності та оперативності контролю параметрів нафтопродуктів;
- автоматизацію процесів обліку і ведення технічної документації;
- зменшення людського фактору під час проведення вимірювань;
- можливість віддаленого моніторингу та інтеграції з іншими технологічними системами;
- дотримання вимог метрологічних і безпекових стандартів під час експлуатації.

Таким чином, розроблена концепція ІВС є основою для подальшого створення програмно-апаратного комплексу, здатного забезпечити сучасний рівень автоматизації контролю технологічних параметрів нафтопродуктів і підвищити ефективність виробничих процесів підприємства.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРИЧНОГО ЩИТА З БАР'ЄРОМ ІСКРОЗАХИСТУ

Правильне проектування щитів з бар'єрами іскрозахисту важливе для забезпечення безпеки та ефективності електричних систем. На початку сформуємо основні вимоги при проектуванні щитів з бар'єрами іскрозахисту:

1. Матеріали та конструкція: Вибір матеріалів повинен бути таким, щоб вони були несприйнятливі до розрядів та іскр. Використання металевих корпусів з мінімальною кількістю потенційно іскронебезпечних елементів є ключовим.

2. Електромагнітна сумісність: Ретельна перевірка на електромагнітну сумісність усіх складових частин важлива. Електромагнітні поля можуть викликати іскри або перешкоди в роботі обладнання.

3. Заземлення: Ефективна система заземлення є обов'язковою для відведення надлишкового струму та уникнення статичної електрики, яка може викликати іскри.

4. Ізоляція: Щити повинні мати ефективну ізоляцію для уникнення проникнення вологи або інших джерел, які можуть спричинити коротке замикання чи іскри.

5. Вентиляція та теплорозсіювання: Достатня вентиляція та системи тепловідведення допоможуть уникнути перегріву, який може створити умови для виникнення іскор.

6. Проводка та установка: Всі проводи та електричні компоненти повинні бути ретельно встановлені та захищені від механічних пошкоджень, що можуть призвести до короткого замикання.

7. Регулярна перевірка: Проведення регулярних перевірок щитів для виявлення потенційних проблем або пошкоджень важливо для попередження виникнення іскр та несправностей.

8. Відповідність нормативам та стандартам: Всі щити повинні відповідати вимогам електробезпеки та стандартам для запобігання можливих іскрових розрядів.

На рисунку 5.1 наведено зовнішній вигляд щита сполучення для 16 цифрових каналів з відкритою дверкою

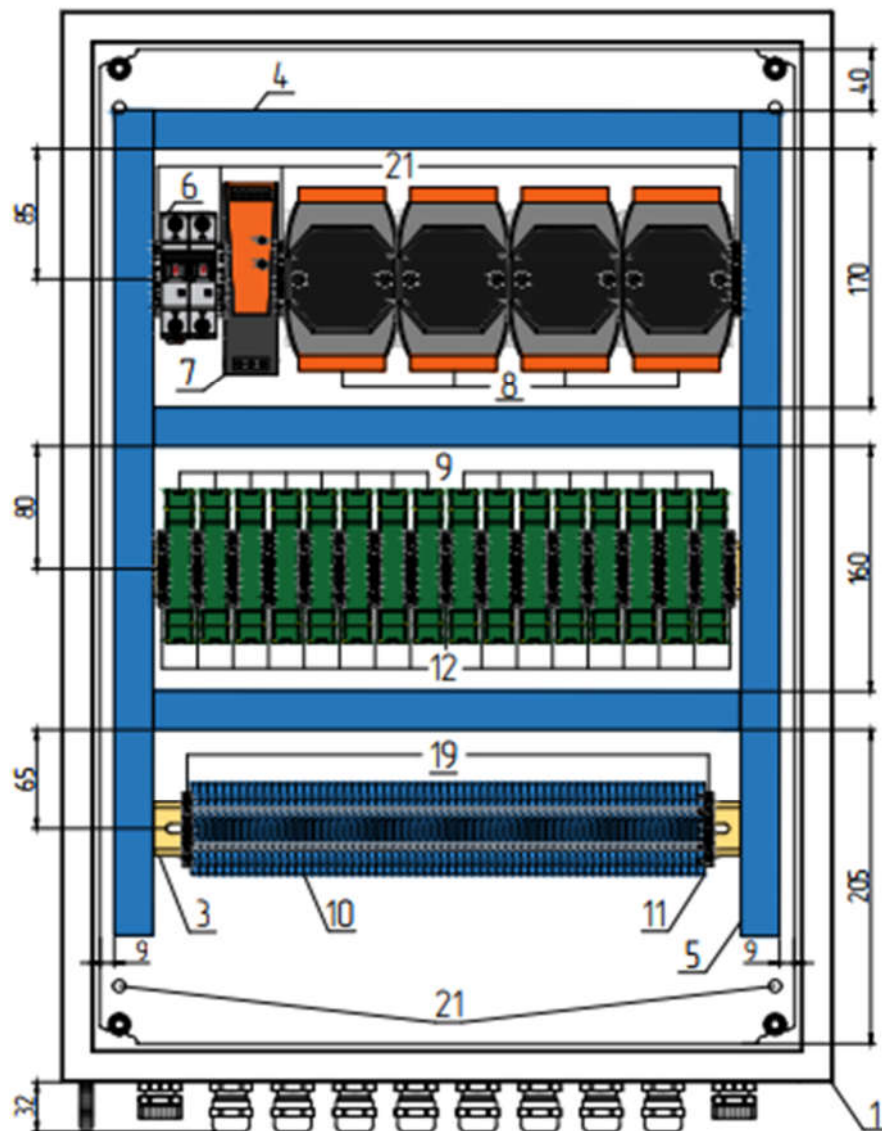


Рис. 5.1 – Зовнішній вигляд щита на 16 цифрових каналів
Для захисту при підключенні до мережі 220В використовується захисний автомат на 2А та з кривою спрацювання С.

Для живлення електроніки та рівнемірів, що підключаються використовується постійний струм з напругою 24 В. Для забезпечення необхідної потужності за захисту від електромагнітних завад використовується блок живлення на 72Вт від німецької компанії Weidmuller.

Можливість підключення рівнемірів, розташованих на відстані до 1000 м від щита (щитів) сполучення забезпечується за рахунок використання розгалуживачів RS-485.

Також реалізовано можливість підключення рівнемерів з видом вибухозахисту іскробезпечне коло за рахунок використання бар'єрів іскрозахисту. Іскробезпека вихідних електричних кіл бар'єрів забезпечується шляхом обмеження напруги і струму до іскробезпечних рівнів при дії на вхідні іскронебезпечні кола бар'єру аварійної напруги до 250В або короткого замикання іскробезпечних кіл.

До іскробезпечних електричних кіл бар'єрів може підключатися обладнання з видом вибухозахисту «іскробезпечне електричне коло» згідно до ДСТУ EN 60079-11 і пройшло необхідні процедури оцінки відповідності згідно з вимогами Технічного регламенту (постанова КМУ від 28 грудня 2016 № 1055). Рівень вибухозахисту (EPL) і група такого обладнання не повинні перевищувати EPL і групу вихідних іскробезпечних кіл бар'єрів, а іскробезпечні параметри такого устаткування, з урахуванням електричних параметрів лінії зв'язку, не повинні порушувати іскробезпеку.

При експлуатації або виконанні будь-яких інших операцій з бар'єрами іскрозахисту необхідно виконувати «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів» і «Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів», вимоги гл. 4 НПАОП 40.1-1.32 ПУЕ, а також національні та місцеві вимоги, що регламентують застосування електрообладнання, розміщеного у вибухонебезпечних зонах і з'єднаного іскробезпечними електричними зовнішніми колами з електротехнічними пристроями, встановленими за межами вибухонебезпечних зон.

На рисунку 5.2 наведено розташування роз'ємів та гермоводів для щита сполучення 16 цифрових каналів.

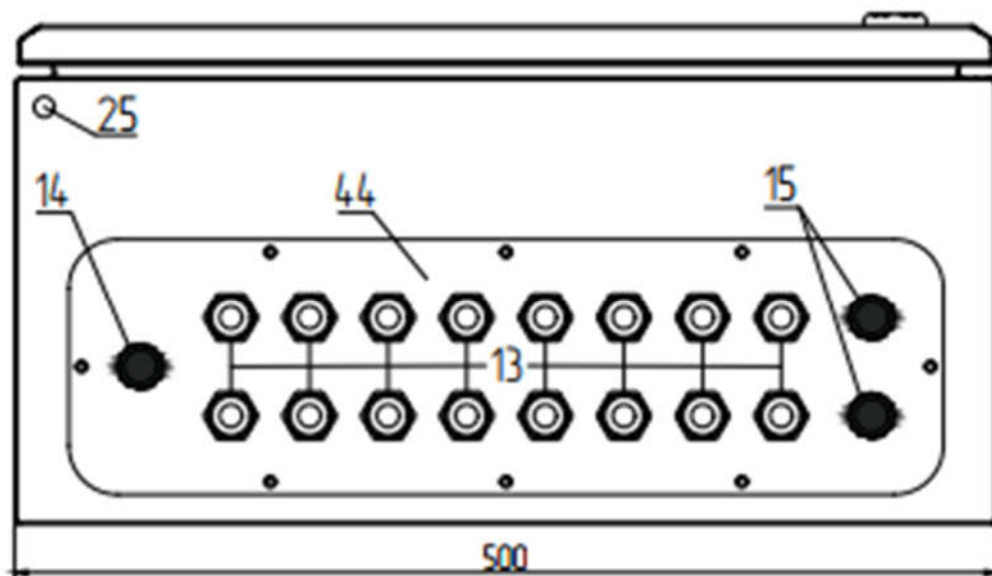


Рис. 5.2 – Розташування роз'ємів та гермоводів на нижній панелі щита

Висновки за розділом 5

У п'ятому розділі розроблено конструкцію щита сполучення на 16 цифрових каналів із бар'єрами іскрозахисту, призначеного для безпечної роботи вимірювального обладнання у вибухонебезпечних зонах. Визначено основні вимоги до матеріалів, заземлення, ізоляції, вентиляції та електромагнітної сумісності.

Розроблений щит живиться постійною напругою 24 В від блоку живлення Weidmuller потужністю 72 Вт, що забезпечує стабільну роботу електроніки та захист від завад. Передбачено підключення рівнемірів на відстані до 1000 м через інтерфейс RS-485, а також використання бар'єрів іскрозахисту, які обмежують напругу й струм до безпечних рівнів.

Конструкція відповідає вимогам стандартів ДСТУ EN 60079-11, технічного регламенту вибухознахисту та правил експлуатації електроустановок. Запропоновані технічні рішення забезпечують іскробезпеку, надійність і відповідність системи сучасним вимогам промислової безпеки.

РОЗДІЛ 6 РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ

Поведінка більшості об'єктів реальних систем можна розглянути з погляду теорії кінцевих автоматів, тобто поведінка об'єкта відбивається у його станах. Для цього використовуються два види діаграм: Statechart diagram (діаграма станів) та Activity diagram (діаграма активності).

Алгоритми роботи функціональних модулів при розрахунку та утримання плати за харчування зручно подати у вигляді діаграм активностей UML.

6.1 Алгоритм приймання нафтопродуктів

Менеджер створює нове розпорядження про приймання. У формі заповнює обсяг, тип НП і номер резервуара. Оператор ІВСКНП переглядає розпорядження, звіряє з даними ІВСКНП. Якщо все нормально, то проводить приймання та підтверджує розпорядження. Якщо ж ні, звертається до менеджера.

Алгоритм приймання нафтопродуктів представлений рис. 6.1.

6.2 Алгоритм зберігання (перевалки) нафтопродуктів

Менеджер переглядає інформацію про наявність нафтопродуктів у резервуарах нафтобази. На основі отриманої інформації він створює нове розпорядження про перевалку. У формі заповнює обсяг, тип НП, номер резервуара-джерела, резервуара-приймача та іншу інформацію. Оператор ІВСКНП переглядає розпорядження, звіряє з даними ІВСКНП. Якщо все нормально, то проводить перевалку та підтверджує розпорядження. Якщо ж ні, звертається до менеджера.

Алгоритм зберігання (перевалки) нафтопродуктів зображена на рис. 6.2

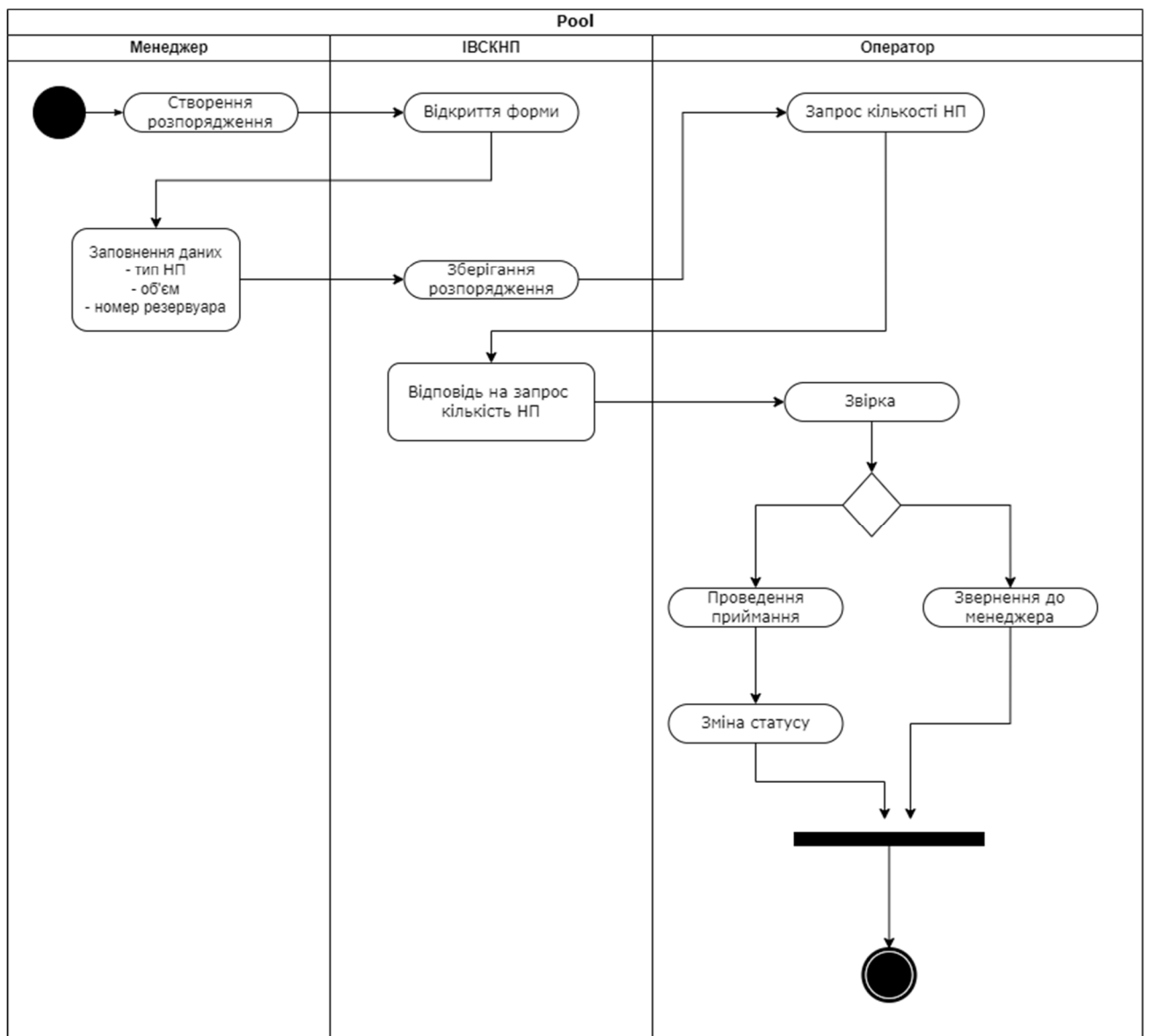


Рис. 6.1 – Алгоритм приймання нафтопродуктів

6.3 Алгоритм відвантаження нафтопродуктів

Менеджер створює нове розпорядження про відвантаження. У формі заповнює обсяг, тип НП, номер резервуара інформацію про замовника. Оператор ІВСКПН переглядає розпорядження, звіряє з даними ІВСКПН. Якщо все нормально, то проводить відвантаження та підтверджує розпорядження. Якщо ж ні, звертається до менеджера.

Алгоритм відвантаження нафтопродуктів представлений рис. 6.3.

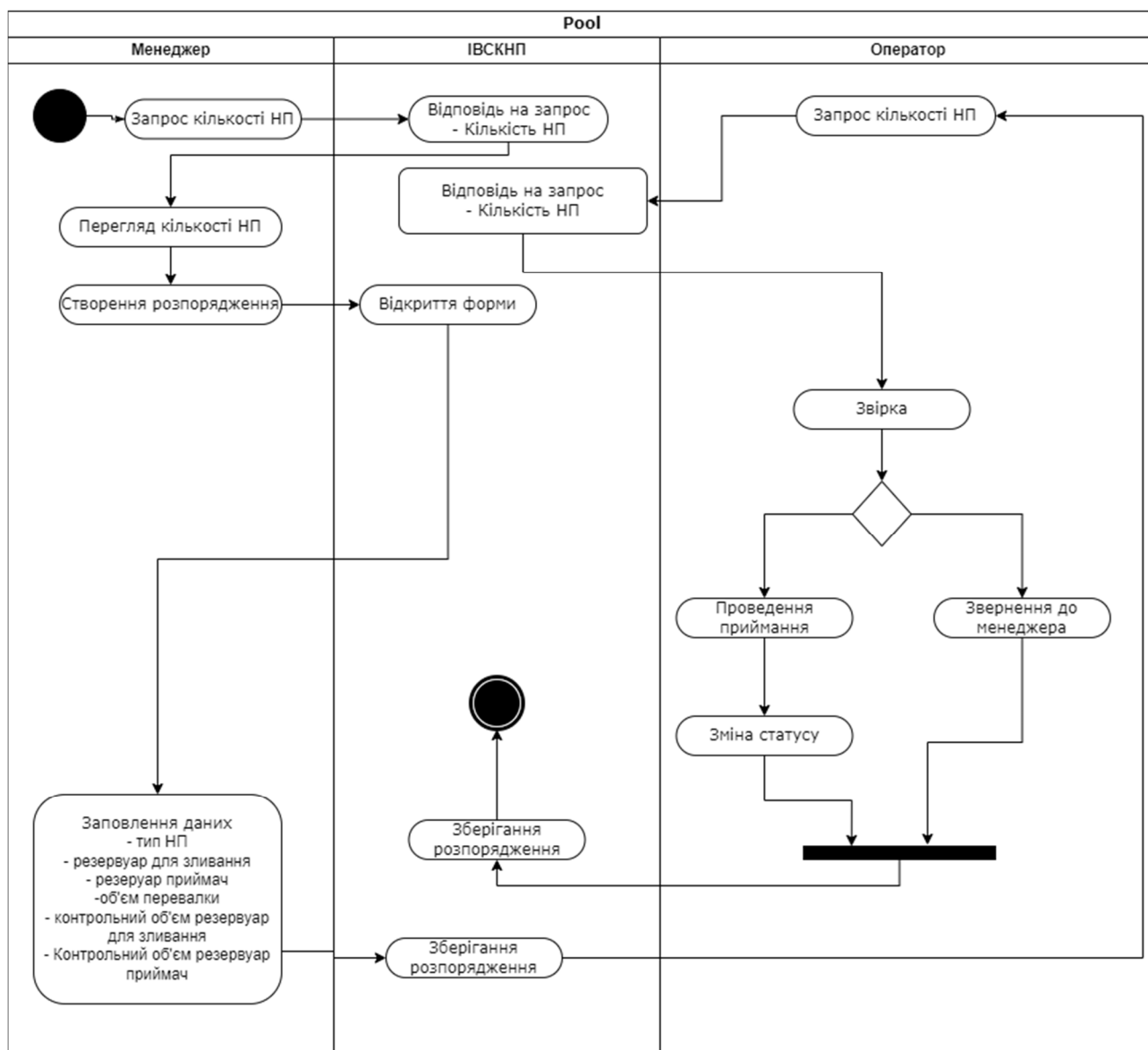


Рис. 6.3 – Алгоритм зберігання (перевалки) нафтопродуктів

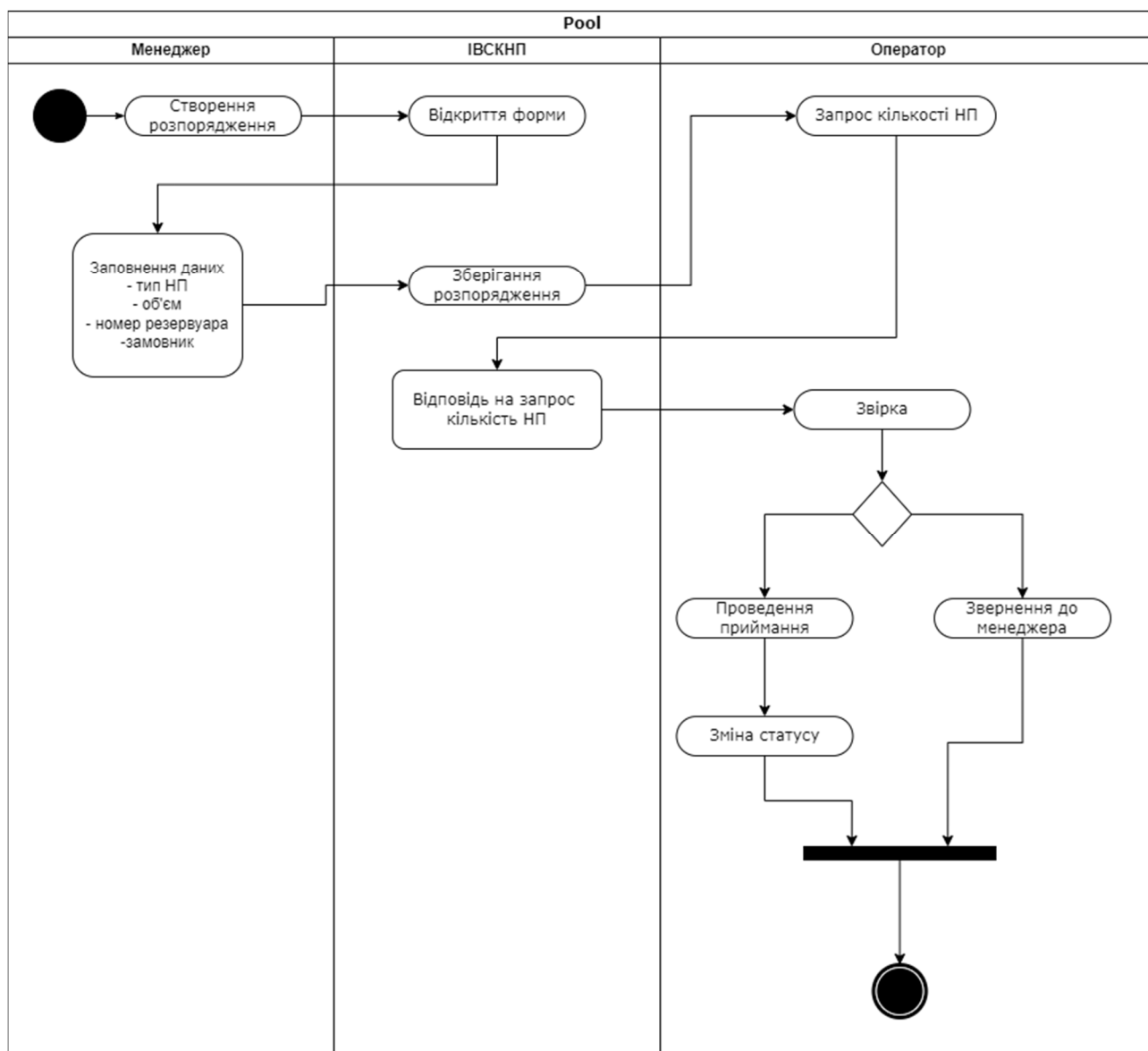


Рис. 6.3 – Алгоритм відвантаження нафтопродуктів

6.4 Розробка інтерфейсу оператора програмного забезпечення системи

Програмне забезпечення системи має 2 виконання, в залежності від продуктів що контролюються системою. Відмінності між версіями програмного забезпечення полягають у порядку розрахунків та таблиць що використовуються для перерахунку густини продукту.

В більшості випадків можливості та відповідні віконні інтерфейси програм співпадають.

Програмне забезпечення системи має модульну структуру та складається з декількох підпрограм, кожна з яких призначена для виконання окремої категорії функцій:

- програма-сервер – що забезпечує безпосередню комунікацію із первинними перетворювачами та отримання інформації від датчиків про поточні значення первинних параметрів: рівнів рідин у резервуарі, температур, тиску та густини тощо;
- програма обробки та збереження вимірювальної інформації, відображення результатів вимірювальної інформації (клієнтський інтерфейс користувача);
- програма перегляду журналу, формування звітів про параметри та події – для відображення історичних даних що зберігаються у окремій базі даних.

Сервер вимірювань – програма для циклічного опитування вимірювальних каналів та обладнання системи. Серверна частина забезпечує отримання інформації про поточні значення вимірювальних параметрів та організацію комунікації із обладнанням. Програма виконує опитування усіх вимірювальних каналів, параметри опитування яких конфігуруються попередньо (співставлення адрес щитів вводу цифрових та аналогових сигналів, адрес обладнання і т.ін.). Конфігурування повинно здійснюватися представниками виробника відповідно до проекту встановлення обладнання та перевірятися під час пусконаладжувальних робіт. Програма автоматично стартує із запуском консолі/ПК на якій встановлена. Результати вимірювання доступні та можуть бути отримані іншим програмним забезпеченням використовуючи захищений інтерфейс. Важливо відзначити, сервер вимірювань виконує виключно опитування вимірювальних каналів для отримання актуальної інформації та не зберігає значень отриманих від датчиків первинної інформації.

Інтерфейс користувача містить в собі 2 окремі частини: програму поточних вимірювань та журнал.

Програма поточних вимірювань отримує від серверу вимірювань дані про параметри вимірювання та виконує відповідні розрахунки другорядних параметрів, відображає результати вимірювань та розрахунків у зручному вигляді. Вона відображає поточні значення рівня та температури по кожному з резервуарів, тиску/густини і т.ін.

Також відображаються другорядні параметри, що розраховуються на базі поточних параметрів та історії їх зміни: швидкості зміни рівня, об'єми, густину, масу.

Програма поточних вимірювань розраховує похідні параметри використовуючи налаштування та змінні що можуть задаватися оператором. Наприклад, оператор може вносити дані про заміри густини для автоматичного розрахунку маси, або вносити зміни до налаштувань резервуарів.

У випадку налаштування програми поточних вимірювань як «головної» – результати вимірювання та розрахунків цієї програми будуть записуватися до відповідної бази даних (що може бути як локальною – розташовуватися на консолі/ПК або використовувати окрему БД у мережі).

Оскільки програма поточних вимірювань отримує дані за допомогою мережевого інтерфейсу і може бути налаштована для одночасної роботи на декількох ПК, що дозволяє зручно організувати роботу окремих операторів/підрозділів у випадку необхідності.

Панель кнопок керування

Панель кнопок керування показана на рис. 6.4. Вона знаходиться у верхній частині вікна програми безпосередньо під її заголовком. Панель забезпечує можливість переключення між різними вікнами для керування відображенням.



Рис. 6.4 – Панель керування програмою

Панель містить наступні кнопки:

- «Таблиця» – відображення поточних параметрів вимірювань та розрахунків у табличному вигляді.

- «Резервуар» – відображення резервуарного парку та головних параметрів вимірювання у графічному вигляді.
- «Журнал» - запускає програму просмотру журналу вимірювань та подій.
- «Звіти» - формування звітів по резервуарам, продуктам і т.і.
- «Вихід». Закриття та вихід з інтерфейсу користувача.

При наведенні курсору миші на кнопку відображається підказка де вказано клавіша або клавіатурна комбінація для натиснення кнопки за допомогою клавіатури.

Головний екран програми

За замовчуванням програма відображає вкладку резервуари, що містить розташовані згідно до налаштувань резервуари із нанесеними на них показниками вимірювань та розрахунків.

Зовнішній вигляд та перелік параметрів що відображаються для кожного резервуару може бути налаштовано згідно до вимог користувача. Головний екран програми має вигляд що наведено на рис. 6.5.

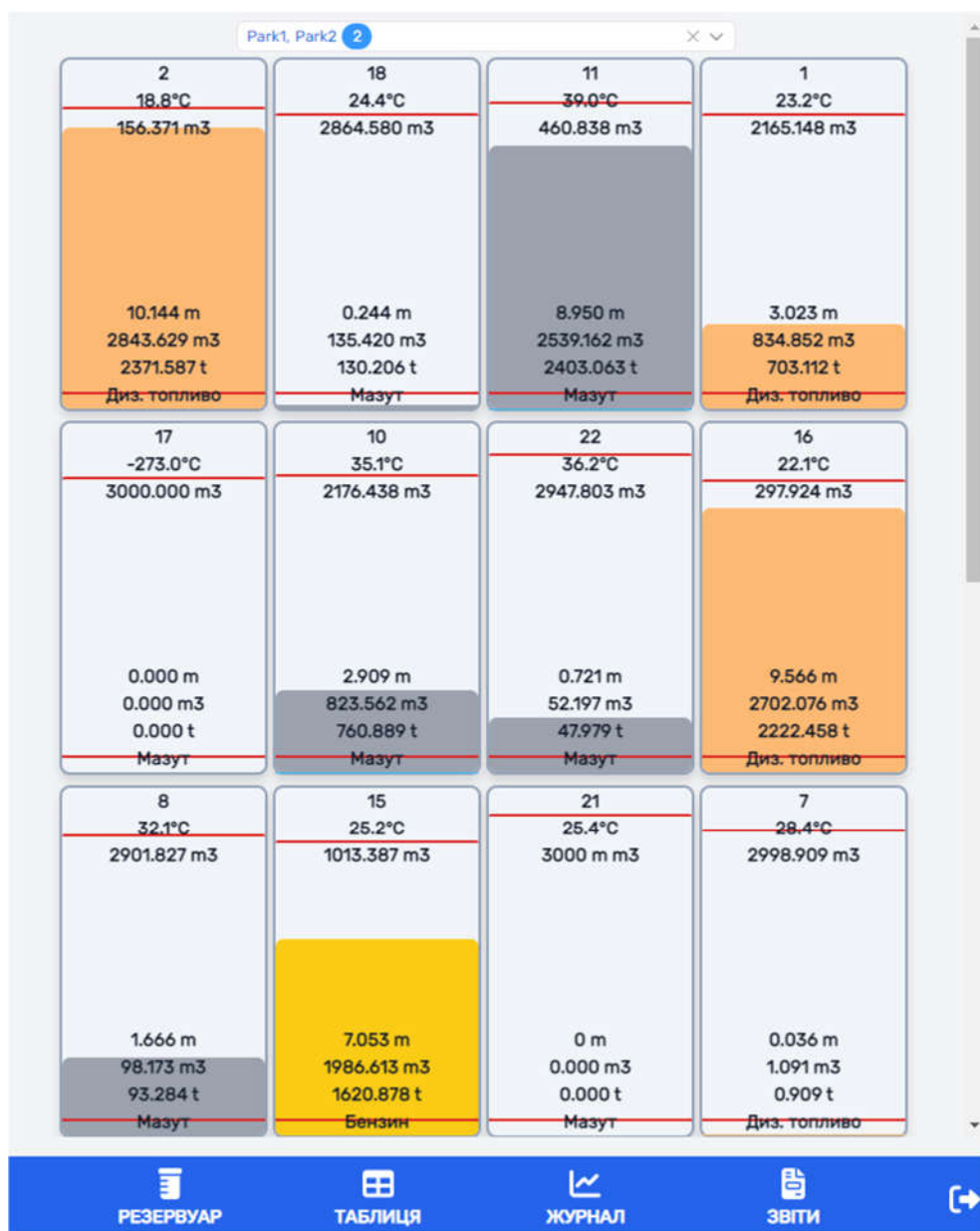


Рис. 6.5 – Головний екран Інтерфейсу користувача

Основні параметри що відображаються – назва резервуару та тип продукту, поточні значення рівня, об’єму та маса продукту, температури продукту, вільного об’єм у резервуарі. Додатково відображаються граничні рівні заповнення резервуару та піктограми що сповіщають користувача про рух рідини у резервуарі, швидкість зміни об’єму/маси продукту. У випадку наявності води/осадку у резервуарі відображається індикатор наявності води.

Головний екран програми також містить статус-панель із відображенням останніх подій у нижній частині вікна програми, що містить повідомлення та відповідну мітку вимірювального каналу. У нижній правій частині вікна

відображаються індикатори зв'язку із основною базою даних програми та базою даних журналів.

Процес оновлення даних вимірювальних каналів відображається рамкою що підсвічується для поточного резервуару у момент оновлення будь-яких показів датчиків первинної інформації.

Таблиця резервуарів

Вікно «Таблиця резервуарів» є найбільш інформативним оскільки відображає найбільшу кількість параметрів та має велику кількість опцій для відображення – див. рис. 6.6.

Перенесіть сюди, щоб згрупувати

☒ Excel Export ☐ CSV Export Колонки ▼

Назва	Статус	Па...	Дата і час	Продукт	Рівень, %	Об'єм, %	L-прод, м	V _{за}
T0	🔒	Park 1	20.12 11:35:21	Petrol	65.9%	65.9%	6.194	1.385
T1	✖	Park 1	20.12 11:35:21	Petrol	47.2%	47.2%	6.417	1.178
T2	🟢	Park 2	20.12 11:35:21	Petrol	26.9%	26.9%	4.624	1.218
T3	⚠	Park 1	20.12 11:35:21	Oil	11.6%	11.6%	1.233	2.864
T4	⬆	Park 1	20.12 11:35:21	Diesel	31.7%	31.7%	4.884	2.013
T5	⚠	Park 2	20.12 11:35:21	Diesel	66.9%	66.9%	8.696	1.096
T6	✖	Park 2	20.12 11:35:21	Oil	20.9%	20.9%	3.089	1.411
T7	⬆	Park 1	20.12 11:35:21	Petrol	30.0%	30.0%	3.902	2.821
T8	🟢	Park 1	20.12 11:35:21	Petrol	34.4%	34.4%	4.191	1.577
T9	🔒	Park 1	20.12 11:35:21	Diesel	39.6%	39.6%	5.301	1.881
T10	🟢	Park 1	20.12 11:35:21	Petrol	51.2%	51.2%	8.904	1.625
T11	⬆	Park 2	20.12 11:35:21	Petrol	55.2%	55.2%	8.054	2.390
T12	🟢	Park 2	20.12 11:35:21	Petrol	36.0%	36.0%	5.576	1.123
T13	🟢	Park 2	20.12 11:35:21	Petrol	24.8%	24.8%	2.705	1.396
T14	🔒	Park 2	20.12 11:35:21	Petrol	14.7%	14.7%	1.607	1.842
T15	⬆	Park 1	20.12 11:35:21	Oil	43.8%	43.8%	4.860	2.155
T16	⬆	Park 2	20.12 11:35:21	Oil	59.2%	59.2%	8.519	2.498
T17	⚠	Park 2	20.12 11:35:21	Diesel	42.9%	42.9%	4.378	1.264
T18	⚠	Park 2	20.12 11:35:21	Oil	51.1%	51.1%	7.772	1.814

Σ: 55.7

РЕЗЕРВУАР ТАБЛИЦЯ ЖУРНАЛ ЗВІТИ

Рис. 6.6 – Таблиця параметрів для групи резервуарів

Основна частина інформації в цьому вікні подана у вигляді таблиці, у якій для кожного резервуара окремо і для резервуарного парку в цілому показані такі параметри:

- номер резервуара;
- назва резервуара;
- тип продукту;
- поточний рівень продукту (м);
- максимальний рівень наповнення (м);
- швидкість закачування/відкачування (мм/хв);
- час, що залишився до завершення поточної активної операції (повного заповнення/звільнення) (год:хв:сек);
- швидкість закачування/відкачування (м3/год);
- обсяг продукту (м3);
- вільний об'єм у резервуарі (м3);
- тиск (кПа/бар/МПа), якщо під'єднані датчики тиску;
- маса продукту (т);
- зміна маси (т);
- швидкість закачування/відкачування (т/год);
- "вільна маса" (м3);
- час останнього опитування датчика (години: хвилини: секунди);
- задана густина (при 15/20 °С);
- поточна густина, перерахована за середньою температурою;
- розрахункова густина (за рівнем і тиском);
- датчиків температур (зверху вниз);
- рівень підтоварних вод (м);
- обсяг підтоварних вод (м3);
- висота резервуара, мінімальний і максимальний рівні;
- ознака постановки в режим зберігання і допуск (м) (у разі ввімкненого режиму зберігання);
- зафіксований рівень у режимі зберігання.

Для версії для сріджених газів також відображається панель підсумків, що містить сумарні дані по парку:

- усереднені температури рідкої та парової фаз;
- об'єми рідкої та парової фаз;
- вільний об'єм;
- маса рідкої та парової фаз;
- загальна вага в повітрі.

У разі наповнення резервуара виводиться індикатор цього стану у вигляді стрілки, спрямованої вгору. У полі "Залишилося" виводиться прогноз часу, що залишився, який розраховується як відношення вільного об'єму до поточної швидкості наповнення. В разі спорожнення виводиться стрілка вниз. Час, що залишився, розраховується як відношення різниці поточного об'єму та об'єму за мінімального рівня (за якого спрацьовує сигналізація мінімального рівня) до поточної швидкості спорожнення. Товщина ліній стрілки пропорційна швидкості зміни об'єму продукту.

Частина перерахованих вище параметрів може бути прихована на етапі налаштування для зручності та виключення горизонтального скролінгу вікна таблиці.

Попередження про ймовірні аварійні ситуації

У разі появи нової аварії або попередження спрацьовує звукова сигналізація, з'являється повідомлення на червоному (для попередження жовтому) фоні. Аварії та попередження реєструються в журналі подій. У разі виникнення аварії в резервуарі його назва підсвічується прямокутником червоного кольору. Досягнення попереджувального рівня відображається прямокутником жовтого кольору.

Система передбачає наступні типи аварійних подій що фіксуються:

- Досягнення максимального рівня в резервуарі
- Зниження рівня в резервуарі нижче мінімального
- Перевищення максимальної температури зберігання продукту

- Відмова датчика рівня або температури
- Таймаут приходу нових даних по резервуару
- Додатково виконується та фіксується попередження про наступні події:
- Досягнення попереджувального рівня в резервуарі
- Порушення режиму зберігання

Тип продукту що завантажується, густина (за 15/20°C), критичні рівні для кожного резервуара змінюються у вікнах відповідних резервуарів на робочому місці із встановленим клієнтським програмним забезпеченням що має на це права, "диспетчерське робоче місце". У мережі може бути тільки один диспетчер.

Повний обсяг продукту рахується за калібрувальними таблицями резервуарів за вирахуванням підтоварних вод. Товарний об'єм продукту рахується від мінімально-допустимого рівня продукту і завжди менший за повний.

Для кожного резервуара можна ввімкнути або вимкнути режим розрахунку зміни маси по відношенню до початкової маси продукту в резервуарі.

Швидкість заповнення / спорожнення резервуара розраховується за останні дві хвилини. Час, що залишився до завершення поточної операції, розраховується, виходячи з вільного або товарного об'єму і швидкості заповнення / спорожнення резервуара. Якщо час завершення поточної операції більше доби, він не виводиться (вважається несуттєвим).

Вільний об'єм у резервуарі розраховується як різниця між максимальним об'ємом у резервуарі (обчислюється за максимальним рівнем наповнення резервуару) та об'ємом рідкої фази продукту. У випадку використання програми для зріджених газів за замовчуванням вільний об'єм розраховується як 85% місткості резервуара мінус об'єм, що займає рідка фаза продукту. Прогноз часу, що залишився в разі наповнення резервуара розраховується як відношення вільного об'єму до поточної швидкості наповнення. У разі спорожнення як відношення різниці поточного об'єму та об'єму за мінімального рівня (за якого спрацьовує сигналізація) до поточної швидкості спорожнення.

6.5 Журнали подій та вимірювань

У процесі роботи системи ведеться реєстрація параметрів зберігання. Глибина архіву задається під час первинного налаштування системи. Типове значення - 10 років. Для перегляду журналів призначена програма, до функцій якої входить відображення в табличному та графічному вигляді параметрів зберігання за вказаний період часу;

Журнал результатів вимірювань та розрахунків містить дані щодо історії зміни всіх параметрів зберігання що контролює система.

Вікно програми перегляду журналів відображає журнал вимірювань у табличному вигляді і додаткові панелі, що вмикаються з меню "Вид":

- панель представлення параметра в графічному вигляді;
- результатів вимірювань;
- панель із зображенням резервуара.



Рис. 6.7 – Вікно журналу вимірювань

Розміри частин вікна, що відводяться для відображення графіка і журналу подій, можуть бути змінені за допомогою миші, також розміри вікон можуть бути встановлені в початковий стан за допомогою пункту меню "Вид".

Вибір потрібного резервуара здійснюється зі списку, що випадає при натисканні на "Резервуар".

У полях введення "Дата від/до" і "Час від/до" задаються початок і кінець періоду часу для виведення даних журналу. Дата може бути задана в полі введення безпосередньо, або обрана зі спадного елемента керування "Календар". Натискання кнопки "Сьогодні" дає змогу швидко перейти на сьогоднішнє число. Слід врахувати, що вибір даних за великий інтервал часу може привести до затримки викликані запитом великого обсягу інформації – в цьому випадку буде виведене інформаційне повідомлення.

Параметр для візуалізації на графіку потрібно обирати із списку. Можна наблизити окремі частини графіку – для цього потрібно виділити потрібну область графіку прямокутним виділенням. Повернення до первинного масштабу графіка здійснюється виділенням справа-наліво.

Зважаючи на постійне надходження в журнал вимірювань нових записів, інформація в таблиці і на графіку через деякий час стає неповною. Для отримання нових даних слід натиснути кнопку «Оновити». Також можна увімкнути автоматичне оновлення журналів із меню "Дані → Автооновлення", тоді таблиця і графік оновлюватимуться в момент додавання нового запису. Під час оновлення масштаб графіку буде скинуто.

Запис до журналу вимірювань додається в разі появи різниці між поточною масою продукту в резервуарі та раніше вже записаною, а також незалежно від цього через гарантований інтервал часу. Цей інтервал задається під час налаштування системи, типові значення - 15 хвилин. Індивідуальні показання кожного з датчиків температури фіксуються зі своїм інтервалом, типові значення становить 1 годину. Тому для перегляду розподілу температури по висоті резервуара слід переміщатися по записах журналу до появи індикаторів,

що свідчать про наявність показів температури. Дані з таблиці журналу вимірювань можна скопіювати в аркуш Excel або у буфер обміну.

Висновки за розділом 6

У шостому розділі розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення системи автоматизованого контролю процесів приймання, зберігання і відвантаження нафтопродуктів. Запропоновано алгоритми роботи основних модулів системи, подані у вигляді UML-діаграм, що забезпечують логічну узгодженість дій менеджера та оператора.

Створено структуру програмного забезпечення, яка включає сервер збору вимірювальної інформації, клієнтський інтерфейс користувача та модуль формування звітів. Реалізовано інтерфейс оператора із зручним відображенням параметрів резервуарів, попереджень та журналів подій.

Розроблені програмні засоби забезпечують стабільний обмін даними з первинними перетворювачами, збереження історії вимірювань, автоматичне оновлення даних і формування аналітичних звітів. Структура системи є масштабованою, модульною та відповідає сучасним вимогам до промислових інформаційно-вимірювальних систем.

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці - система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів і засобів забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Як відомо, цілком безпечних і нешкідливих виробництв не існує, тому основною задачею охорони праці є зведення до мінімуму імовірність поразки чи захворювання працюючого з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Комплекс організаційних і технічних заходів і засобів, що запобігають нещасні випадки, що виникають при впливі на працюючого небезпечних виробничих факторів, називається технікою безпеки. Виробнича санітарія містить у собі комплекс організаційних, гігієнічних і санітарно-технічних заходів, що запобігають виробничі шкідливості.

Турбота про охорону праці являється справою державної важливості. 14 жовтня 1992 року був прийнятий Закон України "Про охорону праці", у якому закріплені найважливіші положення в області охорони праці, і який поширюється на всіх суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності. Основними пунктами в цьому законі є: стаття про гарантію прав громадян на охорону праці, стаття про відшкодування моральної шкоди, статті про охорону праці жінок, неповнолітніх, інвалідів.

У Законі "Про охорону праці" зазначені органи, покликані здійснювати нагляд і контроль за дотриманням законодавства про працю і правил по охороні праці. До них відносяться спеціально уповноважені на те державні органи й інспекції, що не залежать у своїй діяльності від адміністрації підприємств, установ, організацій і їхніх вищих органів.

Державне керування органами охорони праці здійснюють: Кабінет Міністрів України, державний комітет України по нагляду за охороною праці, міністерство й інші централізовані органи, місцеві ради народних депутатів і їхні

виконавчі комітети. Державний нагляд за дотриманням законодавства й інших нормативних актів по охороні праці здійснюють: державний комітет України по нагляду за охороною праці, державний комітет України по атомній і радіаційній безпеці, органи державного пожежного нагляду, органи і служби санітарно епідемічного нагляду. А трудові колективи в особі своїх уповноважених і профспілки здійснюють суспільний контроль за охороною праці.

Вищий нагляд за точним виконанням законів про працю міністерствами і відомствами, підприємствами, установами, громадянами і посадовими особами покладений на Генерального Прокурора України.

Велике значення в створенні здорових і безпечних умов праці має стандартизація. Вона дозволяє вжити діючих заходів по підвищенню технічного рівня й упорядкуванню розробки нормативно-технічної документації по безпеці праці. З 1972 року створюється Система стандартів по безпеці праці (ССБТ), що являє собою комплекс великого числа взаємозалежних стандартів, спрямованих на забезпечення безпеки праці. Ця система встановлює загальні вимоги і норми по видах небезпечних і шкідливих виробничих факторів, загальні вимоги безпеки до виробничого устаткування і процесів, вимоги до засобів захисту працюючих, методи оцінки безпеки праці.

7.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів у приміщенні відділу для роботи з ІВСКПН

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

До небезпечних виробничих факторів відносяться фактори, вплив яких приводить до травми, фактори, що приводять до професійного захворювання працюючого. По природі дії небезпечні і шкідливі фактори за Дст 120.003-74 діляться на:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;

— психологічні.

Впровадження обчислювальної техніки в усі сфери народного господарства привело до значного розширення парку ПЕВМ. У зв'язку з цим виникла проблема організації робочих місць користувачів ПЕВМ відповідно до вимог нормативів охорони праці.

Робота з персональним комп'ютером зв'язана з низкою шкідливих і небезпечних факторів, що можуть впливати на організм людини.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, професійна діяльність зв'язана з роботою на ПЕОМ може в окремих випадках приводити до порушень з боку зорового аналізатора, кістково-м'язовим (змушена поза) порушенням, нервово-емоційною напругою при роботі, шкірним захворюванням і ін. Високий відсоток (92%) складають скарги на зорове стомлення. Дослідження показали, що професія користувача ЕОМ являє собою модель розумової праці, що виконується в одноманітній позі в умовах обмеження загальної м'язової активності при рухливості рук, при високій напрузі зорових функцій і нервово-емоційній напрузі в умовах впливу різноманітних фізичних факторів. Дослідження умов праці показали, що на більшості підприємств користувачі ЕОМ працюють при несприятливому мікрокліматі, зниженій вологості повітря, нераціональному освітленні. Підвищений шум на робочому місці, унаслідок роботи комп'ютерів і принтерів, шкідливо впливає на органи слуху і на весь організм людини через центральну нервову систему, викликаючи швидку стомлюваність, головний біль, безсоння.

Під час роботи за персональним комп'ютером, організм людини піддається електромагнітному випромінюванню завдяки тому, що переважна більшість моніторів мають основний пристрій для відображення - електронно-променеву трубку (ЕПТ), хоча більшість сучасних моніторів задовольняють міжнародному стандарту MPR II, чи навіть ще більш строгому шведському стандарту TCO-92, що регламентують низькочастотне електромагнітне випромінювання, випромінюване моніторами на ЕПТ.

Вплив магнітних полів на людину, що працює з персональним комп'ютером, залежить від режиму і характеру роботи, від конструктивних особливостей випромінюючих пристроїв (в основному від моніторів), розташування робочого місця, технічного стану устаткування.

Спектр випромінювання монітора характеризується наявністю рентгенівських, ультрафіолетових, інфрачервоних і інших електромагнітних коливань. Небезпека рентгенівських частини і інших випромінювань більшістю учених визнається пренебрежливо малою, їхній рівень досить невеликий і майже цілком поглинається речовиною екрана. Найбільш важка ситуація зв'язана з полями випромінювань дуже низьких частот, що здатні викликати біологічні ефекти при впливі на живі організми. Виявлено, що електромагнітні полюси з частотою 60 Гц можуть ініціювати біологічні зрушення (аж до порушення синтезу ДНК) у клітках людини. Небезпека їхнього впливу не слабшає при зниженні інтенсивності, деякі полюси діють на клітки тіла тільки при малих інтенсивностях чи на конкретних частотах. Американські вчені пояснили цей факт тим, що перемінне електромагнітне поле, що робить коливання з частотою 60 Гц, втягує в аналогічні коливання молекули будь-якого типу, незалежно від того, чи знаходяться вони в тілі чи людини в його мозку. Унаслідок цього змінюється активність ферментів і клітинного імунітету, подібні процеси відбуваються при виникненні пухлин.

Технічні характеристики дисплеїв (розрішаюча здатність, яскравість, контрастність, частота відновлення чи мелькання) у випадку, якщо на них не звертають уваги при виборі пристрою чи неправильно встановлюють, можуть у край негативно позначатися на зорі, викликати астенію, чи швидку стомлюваність очей, запалення очей, головні болі і двоїння в очах.

У зв'язку з використанням клавіатури можуть виникнути захворювання рук, спини, пліч і шиї.

Отже, підводячи підсумок, при роботі із ЕОМ можна виділити наступні фактори:

- фізичні – низькочастотне електромагнітне випромінювання моніторів, яскраві відблиски на екрані, підвищена яскравість світла монітора, недостатня освітленість робочого місця, запиленість повітря поблизу екрана дисплея через його електризацію, підвищення рівня шуму, підвищена напруженість електричних і магнітних полів, підвищення рівня статичної електрики, небезпека поразки електричним струмом;
- психофізіологічні – тривалі статичні навантаження м'язів рук, шиї, спини, зап'ясть, пліч, ніг, постійна напруга зору, нервово-емоційні перевантаження (монотонність виконуваних дій, розумова перенапруга).

Установлено наступні санітарні норми і правила:

- мікроклімат у робочій зоні приміщення (до 2 м над рівнем підлоги) для легкої роботи (витрати енергії до 150 ккал/година);
- температура 17-22 С;
- відносна вологість не більш 75%;
- швидкість руху повітря не більш 0.3 м/с.;
- припустимі коефіцієнти пульсації штучного освітлення в залежності від системи освітлення і характеру виконуваної роботи не повинні перевищувати 10-20%;
- освітленість при комбінованому освітленні 150-400 лк, при загальному освітленні - 200 лк, коефіцієнт запасу – 1.5 (для люмінесцентних ламп);
- рівень шуму - 50 дБА в кімнаті програмістів і до 65 дБА в машинному залі;
- гранично припустима напруженість електричної складової електромагнітного поля 10 В/м, магнітної складовий – 0.3 А/м;
- гранично припустима напруженість електростатичного поля при тривалому впливі на людину на робочому місці (до 1 години) – 60 кВ/м.

7.2 Розробка заходів щодо забезпечення сприятливих умов праці при роботі з персональним комп'ютером

Сьогодні фахівці в області ергономіки вже зрозуміли, що не можна знайти ідеальне положення, у якому можна перебувати і працювати протягом усього

робочого дня. Для більшості людей комфортабельним робочим місцем повинне бути таке, котре можна пристосувати не менш чим для двох позицій, при цьому положення крісла, монітора повинні щораз відповідати виконуваний роботі і звичкам. Багато хто вважають, що для роботи на комп'ютері більше підходять вертикальне і злегка похиле положення. Можливо, щоб крісло було злегка нахилене вперед.

Дисплей. Положення тіла звичайно відповідає напрямку погляду; дисплеї, розташовані занадто низько чи під неправильним кутом, є основними причинами сутулості. Відстань від дисплея до очей може варіюватися в залежності від характеру виконуваної роботи - 40-70 см. При роботі з текстом відстань від екрана до очей повинна лише небагато перевищувати відстань між книгою й очима і складати 40-45 див. Необхідно давати відпочинок очам і час від часу їх просто закривати. Не можна допускати, щоб очі увесь час були сфокусовані на одній відстані, працюючи з текстом, рекомендується установлювати великий шрифт. Дуже важливо, щоб екран монітора не мерехтів. Частота регенерації зображення повинна бути не менш 72 Гц, тому що при більш низькій частоті помітне мерехтіння, хоча люди з особливо чутливим зором можуть помітити його і при більш високій частоті. Їм доведеться підібрати графічну плату і монітор з частотою регенерації 85 Гц і вище.

Рекомендується встановлювати на екран монітора спеціальні скляні поляризаційні фільтри з заземленням. Необхідно уникати того, щоб термінал був звернений екраном убік вікна, оскільки інтенсивна освітленість області зору може затопити потоками світла очі і розмити зображення на сітківці. Якщо приходить сидіти поруч з вікном, то треба розташуватися під прямим кутом до нього, причому екран дисплея повинний бути перпендикулярний шибці - цим виключаються відблиски на екрані.

Для зниження впливу низькочастотного електромагнітного випромінювання монітора на ЕЛТ рекомендується вибирати монітор, що задовольняє стандарту MPR II, чи TCO 92-95. У протилежному випадку необхідно

установити на екран захисний фільтр, найбільш сучасні моделі, затримують до 99 % електромагнітного випромінювання.

Форма спинки крісла повинна повторювати форму спини працюючого. Крісло необхідно установити на такій висоті, щоб не почувався тиск на куприк (крісло розташоване занадто низько) на стегна (крісло розташоване занадто високо). Фахівці з ергономіки, вважали, що кут між стегнами і хребтом повинний складати 90°, однак недавно проведені дослідження показали, що більшість людей переважно сидять трохи відкинувшись.

Клавіатуру необхідно установити так, щоб не треба було до неї тягтися і нахилитися вперед. При зміні положення тіла (наприклад, з вертикального на похиле) обов'язково треба перемінити положення клавіатури і дисплея. Може виявитися корисною регульована підставка клавіатури, завдяки якій можна без усякої напруги працювати з маніпулятором "миша". Можна поставити клавіатуру і на коліна. Руки при роботі повинні бути прямими в зап'ястях і зігнуті в ліктях приблизно під прямим кутом. Пальці також повинні бути злегка зігнуті. Удари по клавішах не повинні бути занадто сильними.

Зручна висота столу особливо важлива в тому випадку, коли на ньому розташовується клавіатура. Якщо в клавіатури немає підставки, а висоту столу не можна змінити (і він занадто високий), то треба вище підняти сидіння крісла, а під ноги підставити лавочку: чи що-небудь інше. Якщо стіл занадто низький, необхідно підкласти що-небудь під його ніжки.

Якщо при роботі часто приходить дивитися на документи, треба установити підставку з оригіналом документа в одній площині і на одній, висоті з екраном. Якщо треба частіше дивитися на оригінал, чим на екран, необхідно повернути крісло й екран таким чином, щоб оригінал розміщався прямо перед очима, а комп'ютер ледве збоку.

Щогодини необхідно робити перерву в роботі. У цей час рекомендується робити вправи для зап'ясть. Нижче описаний можливий комплекс вправ.

- Покласти руку на край столу долонею вниз. Взявшись, за пальці, іншою рукою відвести кисть назад і утримувати протягом 5 секунд. Повторити для іншої руки.
- Злегка упертися рукою в стіл і на 5 секунд напружити пальці в зап'ястя. Повторити іншою рукою.
- Сильно зжати пальці, а потім розпрямити їх. Виконання приведених рекомендацій дозволяє скоротити вплив шкідливих, виробничих: факторів на організм людини.

7.3 Розрахунок загального освітлення

Розрахунок освітлення робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначенню необхідного числа світильників, їхнього типу, розміщення, а також загальної потужності освітлення. Виходячи із цього, розрахуємо параметри штучного освітлення для приміщення, де буде розташований оператор, що керуватиме системою.

Звичайно штучне освітлення створюється за допомогою електричних джерел світла двох видів: ламп накаливання й люмінесцентних ламп. Будемо використовувати лампами накаливання.

Приміщення має ширину 2,5 м, довжину 5 м, висоту 3 м. Висота робочого місця – 1 м. Напруга мережі 220 В. Схема приміщення представлена на рис. 4.1. Виберемо світильник типу УПМ15 для ламп накаливання.

Визначимо світловий потік ламп за формулою:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K_Z \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (7.1)$$

де рівень мінімальної освітленості за нормою становить $E_{\min} = 100 \text{ лк}$; площа приміщення $S = 12.5 \text{ м}^2$; коефіцієнт запасу, що враховує експлуатаційне зниження освітленості в порівнянні із запроектованою, внаслідок забруднення ламп, перегородок, зниження світлового потоку в процесі їхньої експлуатації – $K_Z = 1.3$; коефіцієнт мінімального освітлення $Z = 1.15$.

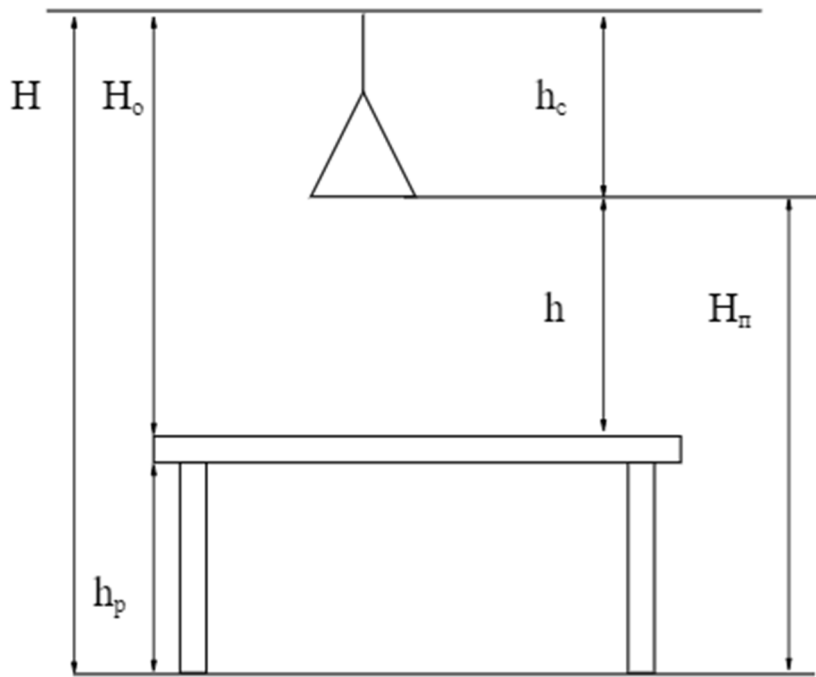


Рис. 4.1 – Схема розміщення світильника у приміщенні де H – висота приміщення; h_p – висота робочого місця; h – висота від робочої поверхні до світильника; h_c – довжина підвісу світильника; H_0 – відстань від стелі до робочої поверхні; H_n – висота над підлогою світильника.

Визначимо H , h_p , h , h_c , H_0 , H_n :

$$H_0 = H - h_p = 3 - 1 = 2 \text{ м}, \quad (7.2)$$

$$h_c = 0.2 \cdot H_0 = 0.4 \text{ м}, \quad (7.3)$$

$$h = H_0 - h_c = 2 - 0.4 = 1.6 \text{ м}, \quad (7.4)$$

$$H_n = h + h_p = 1.6 + 1 = 2.6 \text{ м}. \quad (7.5)$$

Величина H_n перебуває в межах норми.

Для досягнення більшої рівномірності освітлення приймаємо $\frac{L}{h} = 1.5$,

де L - відстань між центрами світильників.

$$L = 1.5 \cdot h = 1.5 \cdot 1.6 = 2.4 \text{ м}. \quad (7.6)$$

Визначимо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{S}{L^2} = \frac{12.5}{2.4^2} = 2.1 \approx 2. \quad (7.7)$$

Індекс приміщення дорівнює:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A + B)} = \frac{12.5}{1.6 \cdot (5 + 2.5)} = 1.04. \quad (7.8)$$

Визначимо коефіцієнт використання світлового потоку лампи, установленної у світильник – $\eta = 0.49$.

Тепер за формулою (1) визначимо світловий потік:

$$\Phi = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K_Z \cdot Z}{N \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 12.5 \cdot 1.3 \cdot 1.15}{2 \cdot 0.49} = 1907 \text{ лм.} \quad (7.9)$$

По знайденому світловому потоку вибираємо лампу Г216-225-150 потужністю 150 Вт, що має світловий потік 2090 лм.

Фактична освітленість визначимо за формулою:

$$E_{\phi} = E \cdot \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{р}}} = 100 \cdot \frac{1907}{2090} = 91,24 \text{ лк.} \quad (7.10)$$

Загальна потужність освітленої установки:

$$P = P_{\text{л}} \cdot N = 150 \cdot 2 = 300 \text{ Вт.} \quad (7.11)$$

Висновки за розділом 7

У розділі проведено аналіз умов праці у приміщенні відділу, де експлуатується інформаційно-вимірювальна система. Визначено основні небезпечні та шкідливі фактори, пов'язані з роботою за персональним комп'ютером – електромагнітне випромінювання, підвищена зорове та нервово-емоційне навантаження, статичні пози, шум і недоліки мікроклімату. Наведено нормативні параметри мікроклімату, освітленості, рівня шуму й електромагнітних полів, що забезпечують безпечні умови праці.

Розроблено рекомендації щодо створення комфортного робочого місця: правильне розташування монітора, клавіатури та освітлення, використання

ергономічного крісла, дотримання режиму праці та відпочинку, а також застосування захисних фільтрів для зменшення впливу випромінювання.

Виконано розрахунок штучного освітлення робочого приміщення із застосуванням ламп розжарювання, визначено необхідну кількість світильників, їхню потужність і розміщення. Отримані результати підтверджують відповідність розрахованого рівня освітленості нормативним вимогам, що забезпечує безпечні та комфортні умови роботи оператора.

ВИСНОВКИ

В роботі була розроблена інформаційно-вимірювальна система контролю параметрів нафтопродуктів з забезпеченням віддаленого доступу до даних у вигляді додатку та даних у хмарі.

Була сформована загальна концепція інформаційно-вимірювальної системи.

Для виконання цієї задачі були розглянуті протоколи передачі даних, стеки технологій, види та типи БД.

Для обробки використовуються розподілені додатки використані за допомогою різних технологій та мов програмування та для збереження інформації була обрана БД TimescaleDB.

Для можливості роботи без доступу до інтернету розроблено локальний сервер для обробки та зберігання даних. Були розроблені алгоритми програм та інтерфейси користувача.

Також був розроблений щит для вводу сигналів в інформаційно-вимірювальну систему.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Теоретичні основи інформаційно-вимірювальних систем [Електронний ресурс] : підручник / В. П. Бабак, С. В. Бабак, В. С. Єременко та ін. – 2-е вид., перероб. і доп. – Київ : Ун-т новітніх технологій; НАУ, 2017.
2. Новітні системи та технології. Частина I. Загальні питання побудови та опрацювання даних в комп'ютерно-інтегрованих системах НКТД / Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко, А. С. Момот ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.
3. Комп'ютерно-інтегровані системи технічної та медичної діагностики; уклад. Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко.— Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.
4. Математичне моделювання і цифрова обробка інформації; уклад. Р. М. Галаган ; відп. ред. А. Г. Протасов. – Електронні текстові дані (1 файл: 112,52 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017.
5. Конструювання елементів приладів. Частина 1; уклад. Ж. О. Павленко, Г. А. Богдан – Київ : НТУУ «КПІ», 2016.
6. П. Орнатский, Теоретические основы информационно-измерительной техники, Киев, Украина: Вища школа, 1983.
7. ISO 10012:2003 Measurement management systems - Requirements for measurement processes and measuring equipment.
8. В. Яцук, П. Малачівський, Методи підвищення точності вимірювань, Львів, Україна: Бескид-Біт, 2008.
9. Васілевський, О. М. Непевність результатів вимірювань, контролю та випробувань : підручник/ О. М. Васілевський, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020
10. Вимірювальні перетворювачі (сенсори) : підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець та ін. ; за ред. Є.С. Поліщука, В.М. Ванька. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2015.
11. Засоби та методи вимірювання неелектричних величин / Дорожовець М.М., Стаднік Б.І., Івахів О.В., Бойко Т.Г., Ковальчук А. – Львів, 2008.

12. Нестерчук Д.М. Методи і засоби вимірювань електричних та неелектричних величин: навчальний посібник / Д.М.Нестерчук, С.О.Квітка, С.В.Галько. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017.
13. Кухарчук В.В. Основи метрології та електричних вимірювань: підручник / [В.В. Кухарчук, В.Ю. Кучерук, Є.Т.Володарський, В.В.Грабко] – Херсон: Олді-плюс, 2013.