

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет міського господарства
імені О. М. Бекетова
Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної
та транспортної інфраструктури
Кафедра Нафтогазової інженерії і технологій

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»

на тему: «Автоматизація обліку виробничо - технологічних витрат газу під час експлуатації магістрального газопроводу»


Виконав: студент 4 курсу групи НІТ2022-2 спеціальності 185 – Нафтогазова інженерія та технології, освітньої програми «Нафтогазова інженерія та технології»

Хорошевський Євген Антонович _____


(підпис)

Керівник: доц. Ільченко Б.С. _____

Рецензент доц. Ромашко О.В. _____


(прізвище та ініціали)

м. Харків – 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Найменування етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Одержання завдання на виконання дипломного проекту	28.05.2026	
2	Аналіз проектних матеріалів і вихідних даних	28.05.2026	
3	Опис існуючої технологічної схеми ГРС в цілому та її основних вузлів, обсяги витрат газу на обслуговування ГРС під час експлуатації (власні потреби).	28.05.2026	
4	Опис автоматизованої системи обліку та звітності щодо використання газу на власні потреби ; технологія автоматизованого обліку газу на ВП.	02.06.2026	
5	Експлікація обладнання. ГРС. Схема алгоритму роботи автоматизованої системи.	04.06.2026	
6	Розробка Схеми інформаційної моделі автоматизованої системи (структура баз даних НДІ, оперативної диспетчерської інформації.)	06.06.2026	
7	Опис технології автоматизованого обліку газу на ВТП.	08.06.2026	
8	Розробка Схеми алгоритму роботи автоматизованої системи. Обліку і контролю витрат газу на власні потреби ГРС	12.06.2026	
9	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях Проведення аналізу небезпечних і шкідливих факторів під час реконструкції і будівництва ГРС і лінійної частини газопроводів	14.06.2026	
	Попередній захист дипломного проекту	15.06.2026	
	Рецензування дипломного проекту	14.06.2026	
	Здача закінченого дипломного проекту в ДЕК	15.06.2026	

Здобувач освіти

(підпис)

(Хорошевський Є.А.)

Керівник проекту

(підпис)

..... (проф. Ільченко Б. С.)

РЕФЕРАТ

Дана кваліфікаційна робота (обсягом 84 сторінки, що містить 10 ілюстрацій, 5 тематичних таблиць та базується на аналізі 9 профільних джерел) присвячена вирішенню актуальної науково-технічної задачі — оптимізації процесів експлуатації газорозподільних станцій (ГРС).

Метою дослідження є підвищення показників надійності та загальної експлуатаційної ефективності газорозподільної станції шляхом впровадження інтелектуальних засобів автоматизації обліку природного газу, що спрямовується на власні технологічні потреби об'єкта.

У ході реалізації проєктних рішень було виконано комплексне дослідження, що охоплює наступні етапи:

Технологічний аналіз: представлено детальний опис актуальної технологічної схеми функціонування газорозподільних станцій; проведено порівняльну характеристику сучасного промислового обладнання та специфічних агрегатів станції.

Проектування системи обліку: розроблено концепцію автоматизованої системи моніторингу та звітності щодо використання енергоресурсів на власні потреби, а також сформовано алгоритми технології автоматизованого контролю витрат.

Розробка програмного забезпечення: приділено увагу технічному проектуванню, архітектурній побудові, а також логічному та фізичному дизайну спеціалізованого програмного комплексу (ПК) «Розрахунок виробничо-технологічних витрат природного газу при експлуатації газорозподільних станцій та технічному обслуговуванні ЛЧМГ.

Функціональне призначення розробленої системи спрямоване на досягнення таких стратегічних цілей:

Автоматизація процесів обліку: перехід до цифрового контролю виробничо-технологічних витрат (ВТВ) з урахуванням динаміки фактичних умов експлуатації та поточного технічного стану газотранспортного обладнання.

Оптимізація нормативної бази: зниження фактичних показників галузевих норм ВТВ завдяки підвищенню метрологічної точності розрахункових операцій та мінімізації похибок.

Аналітична підтримка: забезпечення оперативного формування консолідованої звітності про стан енерговитрат лінійного виробничого управління за довільні часові проміжки.

Окремим структурним блоком роботи виступає розділ «**Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**», у якому обґрунтовано заходи щодо створення безпечних умов життєдіяльності персоналу та захисту технічних засобів в умовах виникнення критичних станів.

Ключові слова: АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА, ГАЗОРОЗПОДІЛЬНА СТАНЦІЯ, ТЕХНОЛОГІЧНІ ВУЗЛИ ГРС, ВИРОБНИЧО- ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИТРАТИ.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень та скорочень.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ.....	10
1.1 Основні напрямки розвитку автоматизації газорозподільних станцій.....	10
1.2. Призначення газорозподільних станцій	10
2 РОЗРАХУНКОВО – ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	19
2.1 Опис існуючої технологічної схеми ГРС.....	19
3 ПК РОЗРАХУНКУ ВИРОБНИЧО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ГАЗУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГРС.....	21
3.1 Структура ВТВ газу при експлуатації ГРС.....	21
4 ЦІЛІ, ЗАДАЧІ, ОБСЯГ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ПРОЕКТУ.....	24
5 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ	26
6 ПРОЕКТ ВИРІШЕННЯ ПОСТАВЛЕНИХ ЗАВДАНЬ.....	30
6.1 Загальна схема функціоналу програмного комплексу...	30
6.2 Опис функціональності сервісу.....	30
7 ОПИС ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ ПК.....	34
7.1 Вимоги до експлуатації комплексу.....	34
7.2 Необхідне апаратне і програмне забезпечення.....	35
8 ІНФРАСТРУКТУРА ПК.....	37
8.1 Архітектура програмного комплексу.....	37
9 ТЕХНОЛОГІЯ ОБЛІКУ ВТВ ГАЗУ З ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	43
11 ОХОРОНА ПРАЦІ	76
11.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час реконструкції і будівництва ГРС і лінійної частини газопроводів.....	78
11.2 Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці.....	81
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

ВСТУП

У сучасних умовах функціонування енергетичного сектору України питання модернізації систем моніторингу та контролю за станом газотранспортної системи (ГТС) набуває стратегічного значення. Експлуатація магістральних газопроводів супроводжується неминучими виробничо-технологічними витратами (ВТВ), обсяг яких безпосередньо впливає на економічну ефективність функціонування оператора ГТС та екологічну безпеку регіонів. Впровадження комплексних систем автоматизації обліку зазначених витрат дозволяє не лише мінімізувати суб'єктивний чинник при зборі даних, а й забезпечити високу точність вимірювань у режимі реального часу. Це, у свою чергу, створює підґрунтя для переходу до інтелектуальних мереж управління ресурсами, де автоматизований контроль стає інструментом предиктивного аналізу та оперативного реагування на будь-які відхилення від технологічних регламентів.

Газорозподільні станції (ГРС) є критично важливими об'єктами у структурі газотранспортної системи, які зводяться безпосередньо на газопроводах-відгалуженнях. Їх функціональне призначення полягає у забезпеченні безперебійної подачі блакитного палива кінцевим споживачам із чітким дотриманням регламентованих параметрів: цільового рівня робочого тиску, належного ступеня механічного очищення та необхідної інтенсивності одоризації палива.

Ключовим фактором ефективності сучасних газорозподільних станцій є впровадження комплексних систем автоматизації, пріоритетним завданням яких є безперервний збір та обробка телеметричної інформації, а також дистанційне та автоматичне управління функціональними вузлами станції. Структура такої системи автоматизації є багаторівневою та охоплює моніторинг і контроль наступних підсистем та технологічних одиниць:

Комплекс запірної та регулювальної арматури: забезпечує герметичне перекриття потоків та керування напрямками транспортування газу в штатному та аварійному режимах.

Блоки редукування тиску: відповідають за зниження високого тиску магістрального газу до встановлених значень, необхідних для безпечної експлуатації розподільних мереж.

Системи очищення газу: призначені для видалення рідких фракцій та твердих домішок, що запобігає зносу обладнання та підвищує якість енергоносія.

Вузли введення одоранту (одоризації): забезпечують надання газу специфічного запаху з метою оперативного виявлення можливих витоків на стадії споживання. Це обов'язково для безпеки при використанні особливо для побутових споживачів.

Інфраструктурні підсистеми життєзабезпечення: включають комплекси гарантованого електропостачання, охоронну сигналізацію, а також системи вентиляції та опалення технологічних приміщень.

Комплекси промислової безпеки: інтегровані системи сигналізації про небезпечну концентрацію газу (загазованість) та засоби електрохімічного захисту (ЕХЗ) трубопроводів від корозійних процесів.

Інтелектуальні вузли обліку витрат газу: здійснюють прецизійне вимірювання обсягів спожитого ресурсу, що є базисом для автоматизації обліку виробничо-технологічних витрат та фінансових розрахунків.

Окрім базового моніторингу, сучасна інтелектуальна система автоматизації газорозподільної станції має забезпечувати реалізацію низки критично важливих функцій, що гарантують безпеку та економічну доцільність експлуатації об'єкта. Зокрема, до пріоритетного функціоналу відносяться:

Багаторівневий захист споживачів: впровадження алгоритмів автоматичного контролю та предиктивного управління запірною арматурою. Це дозволяє миттєво локалізувати аварійні ділянки та попередити виникнення позаштатних ситуацій, що можуть загрожувати цілісності газорозподільної мережі.

Комплексний облік енергоресурсів: система повинна інтегрувати засоби комерційного обліку газу (враховуючи витрати на власні технологічні потреби

станції), а також здійснювати прецизійний технічний облік електроспоживання та витрат одоранту. Такий підхід забезпечує прозорість балансу енергоносіїв та оптимізацію експлуатаційних витрат.

Телемеханізація та диспетчеризація: організація надійних каналів обміну даними з вищими рівнями ієрархії управління (ДПС — диспетчерськими пунктами керування), що забезпечує цілісність інформаційного поля газотранспортного підприємства.

На етапі проектування та підготовки до інтеграції програмно-апаратного комплексу, окрім суворого дотримання нормативних вимог (державних стандартів), враховується комплекс специфічних експлуатаційних чинників:

Ергономічність та компактність: оптимізація розміщення апаратних засобів у межах обмеженого простору технологічних приміщень газорозподільчої станції.

Відмовостійкість та резервування: наявність блоків автономного ручного керування запірною арматурою. Це критично важливо для збереження контролю над об'єктом у разі виходу з ладу ключових компонентів автоматики — контролерів, модулів вводу-виводу або засобів візуалізації.

Апаратна сумісність: підтримка існуючого парку обладнання замовника, зокрема коректорів об'єму газу від різних виробників та інших пристроїв з цифровими інтерфейсами.

Адаптація до каналів зв'язку: забезпечення стабільної передачі сигналів в умовах низької пропускної здатності ліній, наявності великої кількості ретрансляторів та ризику тимчасової втрати зв'язку.

Масштабованість: можливість гнучкої модифікації та нарощування потужностей системи без значних капітальних інвестицій під час подальшої експлуатації.

Архітектурне виконання програмно-технічного комплексу «Каскад-САК» передбачає інтеграцію вбудованого автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора безпосередньо у конструктив станції. Апаратною базою автоматизованого робочого місця виступає обчислювальний вузол

промислового типу, візуалізаційний блок якого інтегровано у лицьову панель центральної системної шафи. Використання монітора з високочутливою сенсорною панеллю дозволяє реалізувати інтуїтивно зрозумілий інтерфейс «людина-машина» (НМІ) без залучення додаткових периферійних пристроїв введення.

Таке конструктивне рішення забезпечує низку суттєвих переваг:

Оптимізація виробничого простору: значна економія корисної площі технологічних приміщень газорозподільчої станції завдяки відсутності необхідності облаштування стаціонарного робочого столу оператора – це додає вільний простір.

Висока адаптивність візуалізації: застосування динамічних мнемосхем для відображення технологічного стану об'єкта дозволяє оперативно корегувати алгоритми управління залежно від специфіки встановленого обладнання. Можливість гнучкої модифікації складу та структури мнемосхем на програмному рівні гарантує швидку адаптацію системи до будь-яких змін у конфігурації газорозподільчої станції.

Мобільність та оперативність: оператор отримує можливість прямої взаємодії з комплексом безпосередньо біля щита управління, що прискорює реакцію на технологічні події.

Завершальним етапом формування комплексної системи автоматизації газорозподільчої станції є реалізація багаторівневої підсистеми електроживлення. Джерело енергозабезпечення систематизованого автоматизованого управління газорозподільчої станції спроектовано як сукупність автономних і взаємопов'язаних модулів, що здійснюють трансформацію, стабілізацію та розподіл необхідних рівнів напруги між усіма вузлами системи. Така розгалужена структура гарантує високу відмовостійкість контролерів, засобів зв'язку та сенсорних панелей, мінімізуючи ризики припинення обліку виробничо-технологічних витрат газу через перебої в електромережі.

1 ОГЛЯД СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Основні напрямки розвитку автоматизації газорозподільних станцій

З огляду на тривалі терміни експлуатації та поточний технічний стан об'єктів газотранспортної системи, комплексна автоматизація газорозподільних станцій постає як стратегічно важливий напрямок модернізації вітчизняної енергетичної інфраструктури. Впровадження інноваційних систем автоматичного керування дозволяє досягти суттєвого підвищення експлуатаційної надійності та оптимізації кадрового ресурсу. Зокрема, автоматизація парку ГРС сприяє значному скороченню штатної чисельності персоналу, задіяного у безпосередньому обслуговуванні станцій, за рахунок дистанційного моніторингу та самодіагностики систем.

Для розв'язання задач гарантованого енергозабезпечення технологічного обладнання в проекті передбачено використання спеціалізованого розподільного щита (РЩ), який виступає окремим опціональним компонентом системи. Функціональне призначення РЩ полягає у забезпеченні споживачів змінного струму електроенергією з нормативними показниками якості, селективному розподілі навантаження та веденні точного обліку спожитої потужності. Апаратна реалізація системи базується на використанні високоякісних джерел безперебійного живлення (ДБЖ) виробництва компанії APC. У разі критичного зникнення напруги в основній мережі, архітектура розподільного щита дозволяє підтримувати працездатність комплексу протягом 72 годин (залежно від сумарної потужності критичного навантаження). Конструктивно центральний та розподільний щити виконані у промислових шафах компанії Rittal, що забезпечує належний рівень захисту від зовнішніх факторів та ергономіку розміщення компонентів.

Інтеграція первинних датчиків та виконавчих механізмів ГРС у загальну систему автоматизації реалізована через проміжний рівень — блоки швидкознімних реле та спеціалізовані клемні колодки. Таке рішення забезпечує надійну гальванічну розв'язку (ізоляцію) сигналів, захищаючи чутливі входи

технологічного контролера від перешкод та кидків напруги. Зв'язок із об'єктом здійснюється через модулі вводу-виводу контролера, при цьому для керування запірною арматурою передбачено дублювання каналів:

Інформаційні канали: дані про стан кранів надходять на технологічний контролер для програмної обробки.

Канали ручного керування: сигнали паралельно виводяться на фізичні блоки управління, розміщені у крейтах, що гарантує можливість оперативного втручання навіть у разі відмови цифрової частини системи.

Для забезпечення інформативності на лицьових панелях виконавчих блоків встановлено світлосигнальну індикацію, що відображає поточний стан запірної арматури («Відкрито», «Закрито», «Аварія/Відмова»), а також селективну кнопку вибору конкретного агрегату.

Інтерфейс центрального блоку управління оснащений ергономічною панеллю з органами прямого маніпулювання. Ключовим елементом безпеки є перемикач режимів «Ручний / Автоматичний», який детермінує пріоритет управління кранами. Безпосередня комутація з виконавчими соленоїдами вузлів керування кранами здійснюється через спеціалізовані блоки ручного управління (БРУ), що забезпечують необхідну потужність керуючого імпульсу та зворотний зв'язок із системою.

Конструктивна компоновка шафи автоматизації передбачає можливість масштабування системи шляхом встановлення до трьох крейтів (каркасів), що функціонують під управлінням єдиного центрального процесорного блоку та відповідної кількості виконавчих модулів. Така модульна архітектура дозволяє гнучко адаптувати комплекс до конкретних потреб газорозподільної станції різної потужності.

Процес збору та обробки первинної інформації здійснюється **програмно-технічним комплексом на базі технологічного контролера**. До його складу інтегровано високопродуктивний процесорний блок та розгалужену мережу модулів вводу-виводу сигналів. Взаємодія між центральним процесором та периферійними пристроями реалізується через циклічне опитування лінійки

блоків вводу-виводу, що забезпечує актуальність даних про стан зовнішніх об'єктів та технологічних параметрів у режимі реального часу.

Типове інженерне рішення системи передбачає підтримку широкого спектра інформаційних каналів. Інформаційна ємність однієї стандартної лінійки блоків вводу-виводу дозволяє опрацьовувати наступні типи сигналів:

Канали телеуправління (ТУ): реалізовані через дискретні виходи для передачі керуючих команд на виконавчі механізми (електромагнітні приводи кранів, реле тощо).

Канали телесигналізації (ТС): базуються на дискретних входах і призначені для моніторингу станів об'єктів («відкрито/закрито», «ввімкнено/вимкнено», спрацювання датчиків безпеки).

Канали поточних телевимірювань (ТТ): використовують аналогові входи для отримання безперервних даних про фізичні параметри процесу (тиск, температура, витрата).

Канали інтегральних телевимірювань (ТІ): призначені для накопичення та обробки сумарних показників, зокрема для розрахунку спожитих обсягів енергоресурсів за певний період.

Канали телерегулювання (ТР): забезпечують функціонування контурів автоматичного підтримання заданих технологічних параметрів (наприклад, стабілізація тиску газу на виході).

Зазначена конфігурація є базовою для типових проектів автоматизації газорозподільної станції і може бути розширена шляхом нарощування кількості модульних лінійок вводу-виводу, що забезпечує високу живучість та гнучкість системи при зміні технологічної схеми об'єкта.

Архітектурна гнучкість системи автоматизації дозволяє масштабувати інформаційну ємність шляхом каскадного підключення декількох лінійок модулів. Кожна окрема лінійка здатна вміщувати до 15 блоків вводу-виводу різних модифікацій, що обираються відповідно до специфіки об'єкта. Наприклад, при використанні конфігурації з 15 модулів телесигналізації (ТС), де кожен блок оснащений 14 дискретними каналами, сумарна потужність

системи лише за одним типом сигналів становить 210 каналів телесигналізації. Аналогічний принцип нарощування потужностей застосовується і до інших типів інформаційних каналів (ТУ, ТТ, ТР), що дозволяє створювати прецизійні системи моніторингу навіть для найбільш складних вузлів магістральних газопроводів.

На етапі проектування та розробки обчислювального ядра системи було проведено ґрунтовний порівняльний аналіз материнських плат для процесорного блоку. У процесі лабораторного тестування було апробовано декілька конфігураційних модулів від провідних виробників промислової електроніки, що дозволило обрати найбільш стабільне рішення, оптимізоване для роботи в умовах безперервного технологічного циклу.

Окрему увагу в проекті приділено забезпеченню надійного дистанційного зв'язку між процесорним блоком газорозподільної станції та центральним пунктом диспетчерського управління. Комунікаційна взаємодія реалізується через спеціалізований **блок зв'язку**, інтегрований у загальну структуру систематизованого автоматичного управління. Ключові характеристики комунікаційного каналу включають:

Фізична стійкість сигналу: використаний протокол та параметри фізичного рівня сигналу адаптовані для роботи в умовах реальної інфраструктури, що містить проміжні аналогові фільтри-підсилювачі та ретранслятори.

Гібридні лінії зв'язку: система демонструє високу завадостійкість при проходженні сигналу через ділянки радіорелейного зв'язку та інше проміжне комунікаційне обладнання.

Граничне охоплення: завдяки високій адаптивності передавального обладнання стає можливим встановлення стабільного з'єднання з об'єктами газорозподільної станції, що віддалені від диспетчерського пункту на відстань до 100 кілометрів.

Така організація каналів передачі даних гарантує цілісність телеметричної інформації про виробничо-технологічні витрати газу, незалежно від технічного стану та розгалуженості існуючих ліній зв'язку оператора ГТС.

Архітектура системи передбачає можливість групового використання каналів зв'язку, що дозволяє підключати декілька блоків зв'язку від різних системах автоматизованого керування газорозподільної станції до єдиної магістральної лінії, яка сполучає об'єкти з центральним диспетчерським пунктом. Для забезпечення високої живучості обладнання в умовах наведених завад або стрибків напруги, між вводом фізичної лінії та входом блоку зв'язку інтегровано спеціалізований модуль грозозахисту та захисту від перенапруг.

Внутрішня мережева взаємодія між процесорним блоком, вбудованим автоматизованим робочим місцем (АРМ) та периферійними лінійками модулів вводу-виводу реалізується через промисловий комутатор. Функціональні можливості даного комутатора дозволяють інтегрувати в систему додаткові інтелектуальні пристрої, а також використовувати переносний термінальний пристрій (ПТП). Використання ПТП забезпечує інженерному персоналу мобільність при виконанні наступних операцій:

Дистанційний моніторинг та управління технологічними агрегатами;

Конфігурування та програмне налаштування параметрів на об'єкті;

Проведення прецизійної калібровки вимірювальних каналів для забезпечення метрологічної точності обліку газу.

Апаратна реалізація вбудованого автоматизованого робочого місця базується на сучасному промисловому комп'ютері та рідкокристалічних (РК) моніторах, які інтегровані в лицьову панель системної шафи. Використання вбудованих обчислювальних систем із розширеними характеристиками відеоінтерфейсу дозволяє підвищити загальну надійність комплексу та забезпечити стабільну роботу в умовах промислових вібрацій та температурних коливань.

Програмний базис АРМ побудований на поєднанні системи управління базами даних (СУБД) та модулів спеціалізованого середовища розробки.

Ключовим призначенням виконавчого середовища «Каскад-САК» є візуалізація технологічного процесу в режимі реального часу та глибока архівація даних, що надходять від технологічного контролера. На монітор АРМ у повноекранному форматі виводяться інтерактивні мнемосхеми, які містять:

Детальну технологічну схему об'єкта з поточною топологією потоків;

Динамічну візуалізацію положення запірної арматури (кранів);

Актуальні показники датчиків тиску, температури та сигналізаторів загазованості з чіткою прив'язкою до точок їхнього встановлення;

Діагностичні параметри стану самого комплексу автоматизації.

Такий підхід до організації інтерфейсу дозволяє оператору миттєво оцінювати ситуацію на станції, оперативно виявляти відхилення від норми та забезпечувати точний облік виробничо-технологічних витрат газу.

Додатковим рівнем оперативного інформування в системі виступає підсистема голосового оповіщення. Вона забезпечує генерацію та трансляцію звукових повідомлень у разі виникнення детермінованих подій, таких як вихід технологічних параметрів за межі встановлених уставок або виникнення аварійних ситуацій. Це дозволяє мінімізувати час реакції персоналу на позаштатні стани об'єкта.

Ергономіка управління реалізована завдяки використанню монітора з інтегрованою **сенсорною панеллю**. Застосування технології *Touch Screen* дозволяє оператору здійснювати навігацію між мнемосхемами та безпосереднє управління виконавчими механізмами без залучення стандартних маніпуляторів («миші») чи клавіатури, що є критично важливим для роботи в умовах обмеженого простору та підвищених вимог до оперативності.

Функціональне навантаження обчислювального вузла вбудованого автоматизованого робочого місця не обмежується лише візуалізацією даних. Комп'ютер одночасно виконує ролі **конфігураційного та архівного серверів**. Для структурованого зберігання інформації застосовується архітектура баз даних (БД), що поділяються за цільовим призначенням:

Конфігураційна база даних: містить вичерпний опис системної архітектури, включаючи параметризацію точок вводу-виводу, граничні значення технологічних уставок, програмні коди логічних алгоритмів управління, а також графічні структури мнемосхем.

Архівна база даних: акумулює ретроспективну інформацію про динаміку технологічних процесів, події в системі, дані щодо комерційного та технологічного обліку витрат енергоресурсів, а також системні журнали станів обладнання (log-файли).

Показники надійності розробленої системи відповідають чинним галузевим стандартам і базуються на інтеграції перевірених часом апаратно-програмних рішень. З метою підвищення **відмовостійкості** та мінімізації ризиків системних збоїв у процесорному блоці реалізовано наступні заходи:

Енергонезалежна пам'ять: використання вбудованих модулів пам'яті для гарантованого збереження оперативних налаштувань та критично важливих даних при раптовому знеструмленні.

Апаратний таймер (Watchdog): застосування сторожового таймера для автоматичного перезавантаження системи у разі програмного зависання або виявлення логічних помилок у роботі контролера.

Резервування комунікацій: передбачена можливість дублювання ліній зв'язку між центральним процесорним блоком та модулями вводу-виводу, що забезпечує стабільність збору даних навіть при частковому пошкодженні фізичних каналів передачі.

Такий комплексний підхід до побудови системи «Каскад-САК» гарантує стабільність автоматизованого обліку витрат газу та безпеку експлуатації газорозподільної станції у довгостроковій перспективі.

Взаємодія оперативного персоналу з програмно-технічним комплексом система автоматизованого керування газорозподільної станції реалізується через уніфікований інтерфейс користувача, зосереджений на базі вбудованого автоматизованого робочого місця. Архітектура інтерфейсу спроектована таким

чином, щоб забезпечити концентрацію всієї необхідної інформації та інструментів керування в єдиному цифровому просторі.

Візуалізація технологічного процесу базується на динамічній графічній схемі станції, яка в режимі реального часу відображає:

Актуальний стан запірної арматури та силових агрегатів;

Поточні значення термодинамічних параметрів газу (тиск, температура, витрата);

Стан допоміжних систем життєзабезпечення об'єкта.

З метою підвищення оперативності реагування, на екрані виділено перманентну зону аварійної сигналізації. Вона призначена для миттєвої візуальної та текстової індикації виникнення позаштатних або критичних ситуацій, що вимагають негайного втручання персоналу.

Навігація та керування здійснюються за допомогою системи функціональних клавіш, які дозволяють користувачеві плавно переходити між різними рівнями деталізації мнемосхем. Таке рішення забезпечує швидкий доступ до вікон параметризації обладнання та налаштування технологічних уставок. Особливістю інтерфейсу є використання контекстних «карт команд», які ініціюються безпосередньо при взаємодії з графічними символами (мнемознаками) конкретного обладнання, що робить процес управління інтуїтивно зрозумілим.

Окрему увагу приділено системі розмежування прав доступу. Оскільки система автоматизованого керування газорозподільної станції є багатокористувацьким комплексом, для запобігання несанкціонованому втручання в роботу системи впроваджено механізм ідентифікації та автентифікації. Для отримання прав на керування обладнанням або зміну конфігурації, оператор зобов'язаний пройти процедуру авторизації шляхом введення унікального імені користувача та пароля через вбудований інтерфейс введення. Доступ до критичних функцій системи надається виключно персоналу, який має відповідний рівень допуску та пройшов спеціалізовану

підготовку, що гарантує високий рівень інформаційної та технологічної безпеки об'єкта.

Функціональний моніторинг та візуалізація. Візуальний контроль за роботою основних технологічних одиниць здійснюється через спеціалізовані графічні інтерфейси:

Контроль ниток редукування: Стан кожної нитки визначається на основі імовірнісного аналізу даних від прецизійних датчиків тиску, що дозволяє з високою вірогідністю оцінювати працездатність обладнання та стан системи захисту споживачів.

Допоміжні мнемосхеми: Забезпечують деталізацію технічного стану кожного окремого агрегату газорозподільної станції у режимі реального часу.

Інтерфейс метрологічних налаштувань: Відображає вичерпний перелік параметрів функціонування блоку витрат газу, що дає оператору повну картину процесів енергорозподілу.

Автоматизація комерційного та технологічного обліку. Висока інформативність системи та значна кількість параметрів налаштування обумовлені інтеграцією в комплекс «Каскад-САК» віртуальних обчислювачів об'єму газу. Наявність чинного Сертифіката затвердження типу засобів вимірювальної техніки дозволяє офіційно використовувати комплекс не лише для внутрішнього моніторингу, а й у складі систем комерційного обліку природного газу та електричної енергії.

Унікальною функціональною особливістю комплексу є можливість організації дублюючого вузла обліку. Для реалізації цієї функції на вхідні модулі системи подаються первинні сигнали безпосередньо від датчиків:

Абсолютний та надлишковий тиск газу;

Температура потоку у вузлі вимірювання;

Імпульсні сигнали від ротаційних (або турбінних) лічильників;

Показники перепаду тиску на стандартних звужуючих пристроях (діафрагмах).

Програмна обробка цих сигналів за встановленими методиками дозволяє отримувати верифіковані дані щодо обсягів транспортування енергоносія, що значно підвищує надійність системи обліку виробничо-технологічних витрат на газорозподільчу станцію.

Облік витрат електроенергії та одоранту. Для забезпечення комплексного моніторингу виробничо-технологічних витрат (ВТВ) у системі реалізовано спеціалізовані інтерфейси контролю енергоспоживання та витрат одоранту. У разі відсутності на об'єкті інтелектуального розподільного щита або цифрових лічильників електроенергії з інтерфейсними виходами (RS-485/Ethernet), система автоматизованого керування газорозподільної станції забезпечує збір даних через імпульсні виходи стандартних пристроїв обліку. Це гарантує універсальність системи та можливість її впровадження на об'єктах з різним рівнем технічного оснащення.

Процес контролю витрат одоранту базується на прецизійному моніторингу рівня речовини за допомогою рівнемірів, встановлених у витратних або підземних ємностях зберігання. Для адаптації алгоритмів розрахунку до геометричних параметрів конкретних резервуарів у системі передбачено функцію введення тарирувальних даних у спеціалізовані таблиці конфігурації. Такий підхід дозволяє досягти високої точності обліку одоранту незалежно від конфігурації ємнісного парку.

Діагностика та налагодження каналів вводу-виводу. Для проведення пусконаладжувальних робіт та періодичної перевірки метрологічних характеристик у ПТК «Каскад-САК» інтегровано інструментарій діагностики аналогових і дискретних точок вводу-виводу. У режимі налагодження користувач з найвищим пріоритетом доступу (адміністратор/інженер) має можливість:

Виконувати примусову зміну (імітацію) значень будь-яких параметрів для перевірки логіки роботи автоматики;

Викликати розширені інформаційні карти точок, де в табличній формі представлена вичерпна метаінформація: фізична та логічна адресація, поточні режими роботи, встановлені уставки та статус достовірності даних.

Комплексна самодіагностика програмно-апаратного забезпечення. Завершальним етапом ієрархії візуалізації є інтерактивна мнемосхема діагностики апаратних засобів контролера та вбудованого автоматизованого робочого місця. Даний модуль забезпечує безперервний моніторинг працездатності системи, що включає:

Поблочну діагностику: контроль стану кожного окремого модуля вводу-виводу та виявлення можливих несправностей на рівні шини передачі даних;

Статус обчислювального вузла: моніторинг ресурсів вбудованого автоматизованого робочого місця (завантаження процесора, обсяг вільної пам'яті, цілісність баз даних).

Використання таких засобів самодіагностики дозволяє значно скоротити час пошуку та усунення несправностей, що безпосередньо впливає на коефіцієнт готовності системи та надійність автоматизованого обліку газу на власні потреби газорозподільної станції.

Паралельно з локальною автоматизацією окремих об'єктів на базі ПТК «Каскад-САК», була спроектована комплексна система диспетчерського контролю та управління (СДКУ), призначена для обслуговування територіально розподіленої мережі газорозподільних станцій. Центральним вузлом ієрархії управління є системна шафа диспетчерського пункту, в якій зосереджено ключові апаратні ресурси: комунікаційний та архівно-комунікаційний сервери, блоки зв'язку, а також системи гарантованого електроживлення на базі ДБЖ.

Використання серверного обладнання у промисловому виконанні забезпечує високу відмовостійкість та безперервність циклу обробки даних. Локальна інформаційна взаємодія між серверами реалізується через високошвидкісний мережевий комутатор. До цієї ж мережевої структури інтегровані автоматизовані робочі місця (АРМ) операторів-диспетчерів, які

базуються на персональних обчислювальних машинах офісного типу та розташовані за межами апаратної шафи.

Процес збору телеметричної інформації здійснюється шляхом прямого звернення до технологічних контролерів кожної окремої газорозподільної станції. Алгоритм циклічного опитування об'єктів є адаптивним та оптимізованим для вирішення наступних пріоритетних задач:

Миттєва трансляція аварійної телесигналізації: пріоритетна доставка повідомлень про позаштатні стани, що вимагають негайного реагування диспетчерської служби.

Ретроспективний аналіз (передісторія): автоматизований збір масивів даних про динаміку зміни параметрів (ТСА), що дозволяє відновити повну картину функціонування станції за будь-який період.

Верифікація комерційних даних: збір та консолідація показників щодо фактичного обліку витрат природного газу для формування звітності.

Інформаційні потоки, що надходять від віддалених газорозподільчих станцій, проходять первинну обробку на комунікаційному сервері. Після верифікації та структурування, дані передаються до архівного сховища для довгострокового зберігання, що формує єдину інформаційну базу для аналізу ефективності роботи газотранспортної мережі та планування виробничо-технологічних витрат.

Особливості програмно-апаратної уніфікації. Характерною рисою запропонованого рішення є те, що як локальна система автоматизації ГРС, так і система диспетчерського контролю та управління (СДКУ) побудовані на єдиній платформі комплексу «Каскад-САК». Використання ідентичних програмно-апаратних засобів на всіх рівнях ієрархії управління забезпечує повну сумісність даних, спрощує технічне обслуговування та знижує витрати на навчання персоналу.

Потенціал програмного забезпечення комплексу дозволяє розгорнути повнофункціональні диспетчерські центри з глибокою інтеграцією телеметричних даних. Функціональні можливості «Каскад-САК» не лише

повною мірою відповідають актуальним нормативним вимогам до автоматизації об'єктів газотранспортної системи, а й мають необхідний технологічний запас для подальшої модернізації та масштабування системи.

Функціональне призначення газорозподільних станцій. Газорозподільні станції (ГРС) є ключовими вузлами газотранспортної мережі, що забезпечують перерозподіл природного газу з магістральних трубопроводів високого тиску до кінцевих промислових підприємств, об'єктів комунально-побутового сектору та житлової інфраструктури.

Основним завданням газорозподільної станції є трансформація фізико-хімічних параметрів газового потоку для його безпечного та ефективного використання споживачами. У процесі функціонування станції забезпечуються наступні технологічні операції:

Механічне очищення: видалення твердих домішок та рідких фракцій для захисту обладнання споживачів та запобігання ерозії трубопроводів.

Редукування тиску: зниження вхідного високого тиску магістрального газу до регламентованого стабільного рівня, необхідного для розподільних мереж.

Одоризація: надання газу специфічного сигналізаційного запаху, що є обов'язковою умовою безпеки при виявленні можливих витоків.

Прецизійне вимірювання: високоточний облік об'ємних витрат газу, що є базою для комерційних розрахунків та контролю виробничо-технологічних витрат.

Безпосереднє постачання природного газу на об'єкти споживання реалізується через мережу газорозподільних станцій, які виконують роль ключової технологічної ланки між магістральним газопроводом та кінцевим користувачем. Функціонування газорозподільної станції базується на реалізації циклу послідовних технологічних процесів, до яких відносяться:

Багаторівневе очищення: видалення механічних домішок та рідких фракцій з газового потоку для забезпечення експлуатаційної надійності обладнання.

Технологічне редукування: кероване зниження тиску газу до цільових значень, визначених технічними умовами споживачів.

Одоризація енергоносія: введення спеціальних домішок для надання газу характерного запаху, що є обов'язковою вимогою безпеки.

Прецизійний облік: фіксація об'ємних витрат палива перед його транспортуванням у розподільні мережі споживачів.

Технічні характеристики роботи станцій варіюються в широких діапазонах: вхідний тиск газу зазвичай становить 50–77 кгс/см², тоді як вихідний тиск регулюється в межах 2–23 кгс/см² відповідно до індивідуальних регламентів об'єктів.

Пріоритетним завданням газорозподільної станції є безперервне підтримання вихідних параметрів газового потоку на заданому рівні з високим ступенем стабільності. Параметризація системи залежить від категорії споживача. Наприклад, робочий тиск енергоносія, що спрямовується на потреби великих промислових об'єктів, теплоелектроцентралей (ТЕЦ) або автомобільних газонаповнювальних компресорних станцій (АГНКС), зазвичай удвічі перевищує аналогічні показники для місцевих газорегуляторних пунктів міських мереж. При цьому сучасні вимоги до систем автоматизації газорозподільної станції передбачають високу метрологічну точність: допустиме відхилення показників тиску на виході не повинно перевищувати 10% від встановленого номіналу.

Забезпечення високого рівня експлуатаційної безпеки та безперебійної роботи технологічного обладнання газорозподільної станції досягається шляхом реалізації комплексного підходу, що включає наступні заходи:

Безперервний моніторинг та діагностика: здійснення системного контролю за поточним станом вузлів газорозподільної станції та допоміжного устаткування в режимі реального часу.

Підтримка експлуатаційної придатності: проведення регулярного технічного обслуговування для підтримки всіх компонентів системи у справному стані відповідно до регламентів.

Технологічне оновлення: систематична модернізація та реновація морально застарілого обладнання з метою впровадження інноваційних засобів автоматизації та контролю.

Поряд із заходами з підтримки працездатності, регламент експлуатації передбачає сценарії екстреного припинення функціонування станції. Повна зупинка ГРС та відсікання потоків газу здійснюються за наявності таких критичних чинників:

Критичний стан обладнання: виявлення аварійних дефектів у вузлах редукування, очищення або обліку, що загрожують стабільності роботи.

Пожежна небезпека: виникнення загорянь на території промислового майданчика ГРС або в безпосередній близькості до технологічних споруд.

Масштабний витік енергоносія: неконтрольований та суттєвий викид газу в атмосферу, що створює загрозу вибуху або екологічної шкоди.

Диспетчерське розпорядження: примусове припинення подачі палива за офіційною вимогою споживача або оператора ГТС у зв'язку з технологічною необхідністю.

Технологічний цикл обробки природного газу на газорозподільній станції являє собою послідовну систему етапів, спрямованих на підготовку енергоносія до безпечного споживання. Потік газу з вхідного магістрального газопроводу першочергово спрямовується до вузла перемикання, який забезпечує оперативне керування напрямками потоків та можливість відсікання станції від магістралі.

Подальший рух газу відбувається за таким алгоритмом:

Очищення та сепарація: У вузлі очищення здійснюється видалення механічних домішок та рідких фракцій, що є критичним для захисту регулювальної арматури.

Термічна підготовка: Через колектор газ потрапляє до вузла запобігання гідратоутворенням (система підігріву або введення інгібіторів), що виключає ризик замерзання вологи при різкому зниженні тиску.

Технологічне редукування: У вузлі редукування відбувається кероване зниження тиску газу до цільових параметрів споживача.

Метрологічний контроль: Пройшовши стадію редукування, газ надходить до вузла обліку, де здійснюється високоточне вимірювання його витрати та сумарного об'єму.

Фінальна підготовка: У вузлі одоризації газу надається специфічний запах для забезпечення безпечної експлуатації кінцевими споживачами.

Через вихідний вузол перемикання підготовлений газ подається у газопровід-відгалуження. Таким чином, сучасна архітектура газорозподільної станції базується на інтеграції наступних функціональних блоків:

Основні технологічні вузли: блоки перемикання, очищення, запобігання гідратоутворенням, редукування та одоризації.

Інформаційно-вимірювальний комплекс: пункт прецизійного вимірювання об'єму газу.

Системи інфраструктурного забезпечення: комплекс допоміжного устаткування та підсистеми життєзабезпечення об'єкта.

Комплекс інтелектуального управління: система автоматичного керування (САК), засоби протиаварійного захисту та телекомунікаційні вузли зв'язку.

Загальна структурна схема ГРС наведена на рисунку 1.1

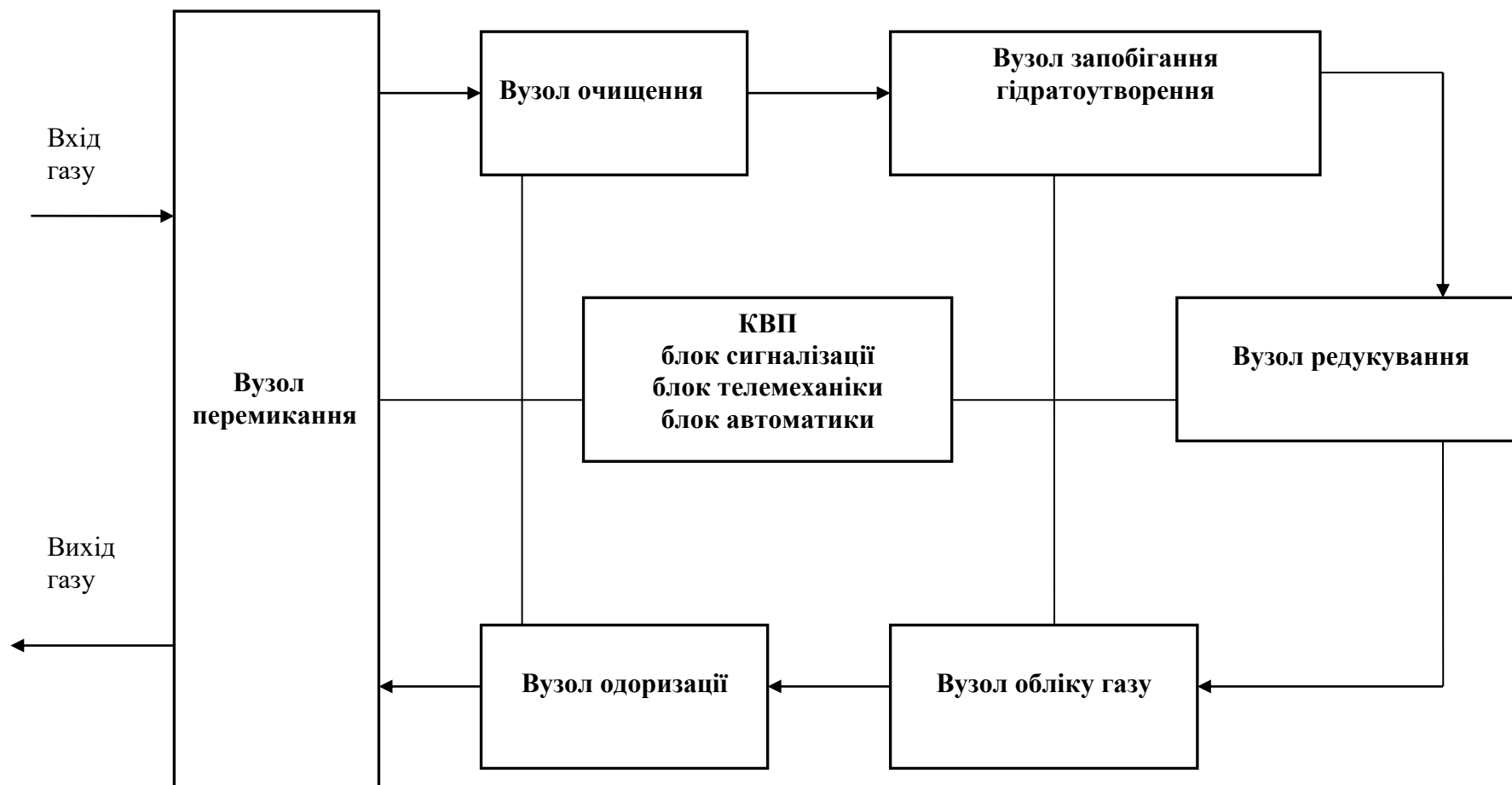


Рисунок 1.1 - Структурна схема ГРС

2 РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис існуючої технологічної схеми газорозподільчої станції

Транспортування природного газу високого тиску, робочі параметри якого становлять $(P_{\text{вх}} = 0,9 \dots 1,8)$ МПа, здійснюється за допомогою двох незалежних газопроводів-відгалужень з умовними діаметрами $(DN=200)$ мм та $(DN=150)$ мм. Первинне приймання потоку реалізується через систему вхідної запірної арматури (крани поз. 1/150 та 1а/200), після чого енергоносій спрямовується спільним трубопроводом $(DN150)$ до спеціалізованого цеху редукування.

Технологічний цикл обробки газу в межах будівлі ГРС охоплює наступні ключові етапи:

Промислове очищення: З метою видалення механічних домішок та забезпечення експлуатаційної безпеки подальшого обладнання, газ проходить стадію фільтрації на блоці вісцинових пиловловлювачів (група ПУ1...ПУ3). Використання вісцинових фільтрів дозволяє досягти високого ступеня сепарації твердих часток та аерозольних сполук.

Дроселювання та регулювання тиску: Очищений потік надходить до вузла редукування, де забезпечується кероване зниження надлишкового тиску до регламентованих значень $0,1 \dots 0,3$ МПа. Це дозволяє стабілізувати вихідні параметри палива перед його подачею в розподільні мережі нижчого тиску.

Інформаційно-вимірювальний контроль: Після стадії редукування газ транспортується трубопроводом $(DN300)$ до вузла метрологічного обліку. Визначення об'ємних витрат енергоносія базується на використанні стандартного звужуючого пристрою (діафрагми СУ-1), що забезпечує необхідну точність вимірювань для комерційних розрахунків.

Фінальна підготовка та вихід: Перед безпосереднім спрямуванням до комунальних та промислових споживачів газ проходить процес одоризації за допомогою автоматизованої установки УОГ-3, що забезпечує надання паливу специфічного запаху згідно з нормами безпеки.

Вихід підготовленого газу в мережу споживача контролюється запірним пробковим краном (поз. 8/300) з ручним приводом, який виконує роль фінального бар'єра та забезпечує можливість механічного відсікання станції від вихідного колектора в разі технологічної необхідності.»

Первинна підготовка енергоносія до процесу дроселювання здійснюється у вузлі очищення газу, де відбувається видалення твердих механічних домішок та вологи. Цей етап є критично важливим для забезпечення зносостійкості регулювальної арматури та запобігання пошкодженню внутрішніх поверхонь трубопроводів.

Процес очищення реалізується в цеху редукування за допомогою каскаду з трьох вісцинових пиловловлювачів (ПУ1...ПУ3). Дані апарати мають діаметр корпусу $\varnothing 630$ мм та внутрішній об'єм $0,33$ м³ кожен. Використання вісцинових фільтрів дозволяє досягти високої ефективності сепарації завдяки адгезійним властивостям вісцинової оливи, яка надійно утримує дрібні фракції пилу та інші контамінанти, що містяться у вхідному потоці газу високого тиску.

Для забезпечення безперервного циклу очищення та екологічної безпеки об'єкта, на території ГРС передбачено систему дренажу та накопичення відходів. Усі вилучені з газу компоненти — конденсат, рідкі фракції та механічні домішки — самопливом або під тиском транспортуються до спеціалізованої підземної ємності (ЕК). Даний резервуар об'ємом 2 м³ виконує роль збірника-накопичувача, забезпечуючи надійну ізоляцію відходів від навколишнього середовища до моменту їх подальшої утилізації.»

Вузол редукування тиску газу

Вузол редукування є ключовим функціональним сегментом ГРС, відповідальним за стабілізацію та зниження тиску енергоносія до регламентованих параметрів споживача. Для забезпечення високої надійності та можливості проведення регламентних робіт без зупинки станції, вузол спроектований за тринитковою схемою (основна, резервна та контрольна нитки).

Кожна з трьох технологічних ліній має ідентичну послідовну структуру компонування обладнання:

Вхідна запірна арматура: представлена кульовим краном DN 100 з пневматичним приводом (поз. 2/100...4/100), що забезпечує можливість дистанційного перекриття потоку системою автоматизації.

Блок первинної підготовки: вісциновий пиловловлювач, інтегрований у загальну систему очищення для захисту регулювальних клапанів від абразивного зносу.

Регулювальна арматура: безпосереднє зниження тиску здійснюється регуляторами тиску газу. На першій нитці встановлено регулятор типу РД-100-64, а на другій та третій лініях — РД-50-64, що дозволяє гнучко варіювати пропускну здатність вузла.

Скидна система: крани на свічку (поз. с1/20...с3/20) для безпечного стравлювання газу під час проведення ремонтних або налагоджувальних робіт.

Вихідна фіксація: пробкові крани DN 200 (поз. 5/200...7/200) з ручним приводом для остаточного відсікання лінії від вихідного колектора.

Інформаційно-вимірювальний вузол обліку витрат газу

Метрологічний контроль обсягів транспортування газу здійснюється вузлом вимірювання, який територіально розміщений між блоком редукування та вихідним вузлом перемикачів. В основу розрахунку витрати покладено метод змінного перепаду тиску на стандартному звужуючому пристрої.

До складу апаратного забезпечення вузла входять:

Первинний перетворювач: звужуючий пристрій (діафрагма) типу ДКС (СУ-1), що відповідає чинним метрологічним стандартам.

Вимірювальна ділянка: прямолінійні сегменти трубопроводу діаметром DN 300, розташовані до та після діафрагми. Дотримання регламентованої довжини цих ділянок є критично важливим для стабілізації профілю швидкості потоку та мінімізації похибки вимірювання об'ємної витрати газу.

Дані з датчиків перепаду тиску, абсолютного тиску та температури, встановлених на цьому вузлі, передаються до обчислювального комплексу для формування звітів щодо комерційного та технологічного обліку.»

Вузол перемикачів є вхідною та вихідною ланкою ГРС, що забезпечує комутацію потоків газу, захист обладнання від надлишкового тиску та можливість функціонування станції в особливих режимах. Конструктивна схема вузла включає такі компоненти:

Вхідна група складається з двох ліній підведення газу (DN 150 та DN 200). На першому ввіді встановлено пробковий кран (поз. 1/150) з ручним приводом, на другому — кран (поз. 1а/200) з пневмогідравлічним приводом. Для запобігання поширенню блукаючих струмів та захисту від електрохімічної корозії обидва вводи оснащені спеціалізованими ізолюючими муфтами.

Вихідна група представлена трубопроводом DN 300, на якому розташований вихідний кран (поз. 8/300) з ручним приводом. На виході зі станції встановлено ізолюючий фланець DN 400, що забезпечує електричне секціонування ГРС від розподільної мережі споживача.

Система протиаварійного захисту реалізована на базі двох пружинних запобіжних клапанів (ПК-1 та ПК-2) типу ППК-4-100. Їх підключення до вихідного колектора здійснюється через триходовий кран (поз. 13/100), що дозволяє проводити технічне обслуговування або перевірку одного з клапанів без виведення системи захисту з експлуатації.

Байпасна (обвідна) лінія: Спеціалізована магістраль DN 150, що безпосередньо з'єднує вхідні та вихідні комунікації. Вона включає запірну арматуру (поз. 10/100, 11/100) та кульовий кран (поз. 12/150) з пневмогідроприводом. Наявність байпаса дозволяє здійснювати короткочасне постачання газу споживачам у режимі ручного регулювання при повному відключенні основних ліній редукування та обліку.

3 РОЗРАХУНОК ВИРОБНИЧО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГРС

У даному розділі представлено розгорнутий опис функціональних вимог до спеціалізованого сервісу «Розрахунок виробничо-технологічних витрат природного газу при експлуатації ГРС та технічному обслуговуванні ЛЧМГ». Наведено детальне обґрунтування проєктного рішення, описано архітектурні особливості програмного комплексу та аспекти його інтеграції в існуючу інформаційну структуру підприємства.

Методологія обліку та нормування виробничо-технологічних витрат (ВТВ) природного газу базується на суворому дотриманні галузевих нормативних стандартів та внутрішніх регламентів ПАТ «УКРТРАНСГАЗ». Під терміном ВТВ слід розуміти сукупний обсяг енергоресурсу, витрати якого безпосередньо обумовлені специфікою технологічного циклу транспортування, розподілу та зберігання газу.

З метою підвищення точності моніторингу та аналізу, виробничо-технологічні витрати структуровані за наступними категоріями:

Витрати паливного газу: обсяги палива, що використовуються для забезпечення роботи енергетичних та теплогенеруючих установок станції (наприклад, системи опалення приміщень та підігріву технологічного потоку).

Витрати на технічне обслуговування та експлуатацію: газ, що витрачається під час проведення регламентних робіт, продувок обладнання, випробувань систем захисту та інших маніпуляцій, передбачених правилами технічної експлуатації.

Технологічні втрати та метрологічний небаланс: сукупність неминучих втрат газу (наприклад, через мікровитоки в запірній арматурі), а також розрахунковий небаланс, що виникає внаслідок допустимих похибок засобів вимірювальної техніки та систем обліку.

Автоматизація розрахунку цих складових за допомогою розробленого сервісу дозволяє не лише мінімізувати вплив людського чинника, а й

забезпечити високу оперативність формування звітності, що є критично важливим для оптимізації енергобалансу газотранспортного підприємства.»

Процес нормування в автоматизованій системі враховує наступні чинники:

Технологічну періодичність: обсяги газу розраховуються відповідно до планових графіків огляду, продування та випробування обладнання.

Таким чином, інтеграція регламентних вимог у програмний комплекс дозволяє автоматизувати контроль за цільовим використанням газу на власні технологічні потреби та забезпечити прозорість енергобалансу підприємства.»

3.1 Структура виробничо-технологічних витрат природного газу під час експлуатації газорозподільчої станції:

Класифікація та характеристика основних складових технологічних витрат газу

Структура технологічних витрат природного газу на об'єктах ГРС є багатокомпонентною та визначається специфікою функціонування кожної підсистеми станції. У межах розробки автоматизованого сервісу розрахунку, всі витрати класифікуються за функціональним призначенням та джерелами виникнення:

1 Витрати на забезпечення термодинамічних параметрів та запобігання гідратуутворенням:

Витрати паливного газу на вогневі підігрівачі: зумовлені необхідністю підвищення температури вхідного потоку газу перед стадією редукування для компенсації ефекту Джоуля-Томпсона.

Витрати на підігрів технічної води: використання паливного газу в спеціалізованих ємностях для забезпечення теплом вузлів, що потребують локальної ліквідації кристалогідратних сполук.

2. Витрати на регламентне обслуговування та метрологічне забезпечення:

Метрологічні операції: витрати газу, пов'язані з процедурою заміни сезонних діафрагм (звужуючих пристроїв) на комерційних вузлах обліку, що вимагає розгерметизації та продування вимірювальних ділянок.

Вогневі та газонебезпечні роботи: витрати, що виникають при повному технологічному зупиненні ГРС для проведення планових ремонтів або аварійно-відновлювальних робіт.

3. Технологічне обслуговування допоміжних підсистем (одоризація та очищення):

Обслуговування вузла очищення: витрати на регламентне продування пиловловлювачів з метою видалення накопиченого шламу та механічних домішок.

Забезпечення процесу одоризації: витрати газу на створення надлишкового тиску для витіснення одоранту з транспортних контейнерів у підземні сховища, а також на заправлення робочих бачків дозувальних установок.

Експлуатація метанольного господарства: витрати газу під час процедури заправлення метанольниць інгібіторами гідратоутворення.

4. Витрати при експлуатації запірної арматури та систем збору конденсату:

Функціонування арматури: витрати газу, що супроводжують циклічну роботу пневматичних приводів запірних пристроїв, а також операції з набивання ущільнювальних мастил для забезпечення герметичності вузлів.

Видалення рідкої фракції: газ, що використовується як робоче тіло для витіснення накопиченого конденсату з підземних дренажних ємностей у транспортні цистерни.

5. Комунально-побутове забезпечення та інфраструктурні втрати:

Власні потреби об'єкта: споживання газу побутовими приладами станції та системами автономного опалення виробничих і допоміжних приміщень ГРС.

Технічні втрати: неминучі втрати газу через мікровитоки в з'єднаннях трубопроводів та запірній арматурі, а також технологічний небаланс, що враховується в загальному звіті ПТВ.»

Обґрунтування впровадження автоматизованої системи розрахунку ВТВ

Складність процесів прецизійного обліку, моніторингу та нормативного регулювання даної категорії виробничо-технологічних витрат обумовлена значною масштабністю та багатофакторністю об'єктів газотранспортної системи (ГТС). Трудомісткість аналітичних операцій у традиційному (ручному) форматі спричинена такими чинниками:

Гетерогенність технічного парку: експлуатація широкої номенклатури технологічного обладнання, що включає різні типи запірної та регулювальної арматури, сепараційні установки (пиловловлювачі), вогневі підігрівачі та інше специфічне устаткування;

Різноманітність регламентної бази: необхідність врахування великої кількості галузевих стандартів та індивідуальних регламентів технічного обслуговування для кожної одиниці обладнання;

Динамічність експлуатації: висока частота проведення технологічних заходів, що вимагають оперативного фіксування фактичних витрат енергоресурсу.

З огляду на сучасні вимоги щодо енергоефективності та прозорості енергобалансів, критично необхідною постає автоматизація зазначених процесів. Це дозволяє досягти принципово нової точності нормування та забезпечити можливість оперативного коригування загальновиробничих показників витрат газу в режимі реального часу.

Концепція автоматизації базується на створенні інтегрованого програмного комплексу, функціональне ядро якого охоплює:

Формування та верифікацію баз даних: наповнення системи детальною інформацією про технічні характеристики обладнання та актуальну нормативно-регламентну базу.

Інформаційну інтеграцію: забезпечення постійного оновлення даних на основі оперативної диспетчерської інформації про виконані технологічні цикли.

Аналітичну підтримку: автоматизований розрахунок обсягів спожитого газу на основі фактично проведених робіт, що виключає суб'єктивізм та мінімізує похибки при звітності.

Таким чином, розробка та впровадження спеціалізованого сервісу розрахунку ВТВ стає фундаментом для переходу до інтелектуального управління витратами газу на власні потреби ГРС та ЛЧМГ.

З метою ефективного вирішення окреслених вище науково-технічних та експлуатаційних завдань, було спроектовано та наразі здійснюється поетапна інтеграція у виробничу інфраструктуру об'єктів газотранспортної системи (ГТС) України спеціалізованого програмного комплексу «Розрахунок виробничо-технологічних витрат природного газу при експлуатації ГРС та технічному обслуговуванні ЛЧМГ».

4 ЦІЛІ, ЗАВДАННЯ, ОБСЯГ І РЕЗУЛЬТАТИ ПРОЕКТУ

Функціональні цілі та стратегічні завдання програмного комплексу

Впровадження програмного комплексу «Розрахунок виробничо-технологічних витрат природного газу при експлуатації ГРС та технічному обслуговуванні ЛЧМГ» спрямоване на досягнення ряду критично важливих цілей, що охоплюють технологічний, економічний та управлінський аспекти функціонування ГТС:

Інтелектуальна автоматизація облікових процесів: перехід до цифрового моніторингу виробничо-технологічних витрат на об'єктах ГРС та ЛЧМГ. Система дозволяє виконувати розрахунки не за середніми показниками, а з урахуванням динаміки фактичних умов експлуатації та реального технічного стану кожної одиниці обладнання.

Оптимізація та мінімізація енерговитрат: створення передумов для зниження фактичних галузевих норм ВТВ. Це досягається завдяки

впровадженню прецизійних алгоритмів обчислення, які суттєво підвищують метрологічну точність та нівелюють розбіжності в енергобалансі.

Аналітична оперативність та гнучкість звітності: реалізація інструментарію для миттєвого формування верифікованої звітності про стан ВТВ на рівні лінійного виробничого управління. Система забезпечує можливість генерації аналітичних звітів за будь-який обраний дискретний часовий проміжок (зміна, доба, місяць тощо).

Інформаційна підтримка вертикалі управління: побудова єдиного інформаційного простору для забезпечення фахівців диспетчерських служб ЛПУ, профільних підрозділів УМГ та центрального апарату ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» актуальною та достовірною інформацією. Це дозволяє приймати обґрунтовані управлінські рішення на основі оперативних даних про структуру та обсяги витрат енергоресурсів.»

4.2 Задачі програмного комплексу.

Програмний сервіс «Розрахунок виробничо-технологічних витрат природного газу при експлуатації ГРС та технічному обслуговуванні ЛЧМГ» розроблений як комплексне рішення для автоматизації інженерних розрахунків. Виконання поставлених цілей реалізується через розв'язання наступних функціональних завдань:

Адміністрування нормативно-технічної бази: формування та постійна актуалізація інтегрованих баз даних, що містять нормативно-довідкову інформацію та детальні паспортні характеристики всього парку технологічного обладнання ГРС. Це забезпечує метрологічну відповідність розрахунків технічним паспортам агрегатів.

Моніторинг технологічних циклів: наповнення та підтримка оперативних баз даних щодо фактично проведених регламентних та аварійно-відновлювальних робіт. Система реєструє кожен захід, що супроводжується витратами природного газу, забезпечуючи прозорість експлуатаційного процесу на об'єктах ГРС та ЛЧМГ.

Акумулявання та аналітична обробка даних: створення централізованого сховища інформації для довгострокового зберігання результатів розрахунків. Це створює базу для подальшої статистичної обробки, ретроспективного аналізу та науково обґрунтованого коригування загальногалузевих норм витрат газу.

Генерація уніфікованої звітності: автоматизоване формування консолідованих звітних форм про обсяги витраченого газу. Алгоритми побудови звітів повністю синхронізовані з чинними регламентами та затвердженими формами документації ПАТ «УКРТРАНСГАЗ», що виключає помилки при поданні звітності до контролюючих структур.

5 ФУНКЦІОНАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

Функціонал спеціалізованого програмного комплексу «Розрахунок виробничо-технологічних витрат природного газу при експлуатації ГРС та технічному обслуговуванні ЛЧМГ» базується на інтеграції декількох ключових модулів, що забезпечують повний цикл обробки даних — від первинного збору інформації до формування фінальної звітності.

До основних функціональних можливостей системи належать:

Моніторинг та реєстрація технологічних циклів: забезпечення безперервного ведення баз даних оперативної диспетчерської інформації. Система фіксує всі проведені технологічні заходи на об'єктах ГРС та ЛЧМГ, що супроводжуються споживанням або втратами природного газу, забезпечуючи ретроспективний аналіз експлуатаційних подій.

Управління нормативно-технічним базисом: автоматизована актуалізація баз даних, що містять нормативно-довідкову та паспортну інформацію про встановлене технологічне обладнання. Це гарантує використання коректних технічних коефіцієнтів та характеристик кожної одиниці обладнання (кранів, підігрівачів, вузлів очищення) при виконанні розрахунків.

Інтелектуальне обчислювальне ядро: проведення прецизійних розрахунків обсягів виробничо-технологічних витрат газу в режимі реального часу. Алгоритми системи опрацьовують вхідну диспетчерську інформацію, базуючись на діючих галузевих методиках, що дозволяє мінімізувати вплив людського чинника та підвищити точність нормування.

Генерація консолідованої звітності: автоматизоване формування зведених звітів про витрати енергоресурсу. Модуль звітності дозволяє структурувати дані відповідно до корпоративних стандартів підприємства, забезпечуючи наочність результатів для фахівців різних рівнів управління.»

Для забезпечення високої точності та достовірності результатів розрахунку виробничо-технологічних витрат (ВТВ) у програмному комплексі реалізовано багатофакторну модель аналізу. Процес обчислення обсягів газу при експлуатації ГРС та обслуговуванні ЛЧМГ базується на інтеграції наступних груп даних:

Техніко-паспортні метрики обладнання: врахування індивідуальних характеристик кожної одиниці встановленого устаткування (номінальна потужність, внутрішній об'єм апаратів, характеристики запірних пристроїв), що зафіксовані в заводських паспортах та формулярах.

Експлуатаційна зношеність та надійність: аналіз поточного технічного стану та загального терміну експлуатації обладнання. Це дозволяє вводити коригуючі коефіцієнти, що враховують вікові зміни характеристик вузлів та реальні показники герметичності систем.

Нормативно-регламентне забезпечення: суворе дотримання технологічних карт та регламентів проведення робіт, що супроводжуються споживанням або стравлюванням газу. Це забезпечує відповідність розрахунків офіційним методикам ПАТ «УКРТРАНСГАЗ».

Фізико-хімічні параметри робочого середовища: автоматизоване врахування термодинамічних параметрів газу (робочий тиск, температура) та його компонентного складу. Ці показники мають детермінуючий вплив на розрахунок густини та об'єму газу, приведеного до стандартних умов.

Оперативні технологічні індикатори: фіксація фактичних показників проведення робіт, а саме: тривалість виконання конкретних операцій, їх періодичність, кількість циклів спрацювання пневмоприводів тощо.

Уся вищезазначена інформація систематизується за функціональною ознакою та зберігається у реляційних таблицях бази даних. Така архітектура дозволяє не лише проводити прецизійні поточні розрахунки, а й формувати ретроспективну статистику для подальшого аналізу та оптимізації загальновиробничих витрат енергоресурсу.

Формування інформаційного фонду програмного комплексу базується на використанні верифікованих даних, що забезпечує достовірність розрахунків виробничо-технологічних витрат. Процес наповнення баз даних (БД) здійснюється з двох основних джерел:

1. Формування бази паспортно-технічних характеристик: Фундаментом для заповнення БД паспортної інформації виступають офіційно затверджені відомості технічної інвентаризації технологічного устаткування ГРС ПАТ «УКРТРАНСГАЗ». Дана процедура інвентаризації та подальше структурування даних реалізуються у суворій відповідності до положень «Інструкції про заповнення відомості наявного технологічного обладнання». Такий підхід гарантує точність врахування конструктивних об'ємів, технічних параметрів запірної арматури, регуляторів та фільтруючих систем, що є критично важливим для коректного моделювання технологічних процесів.

2. Наповнення оперативної бази даних технологічних заходів: Основним джерелом актуалізації таблиць оперативної інформації щодо фактично проведених робіт, пов'язаних із витратами енергоресурсу на ГРС та ЛЧМГ, є диспетчерська звітність та оперативні журнали. До системи в режимі реального часу (або за регламентом) вносяться дані про:

Виконання планово-попереджувальних ремонтів;

Проведення продувок та дегазації обладнання;

Спрацювання систем аварійного захисту;

Зміну режимів роботи станції.

Інтеграція статичних паспортних даних із динамічною диспетчерською інформацією дозволяє програмному комплексу формувати прецизійну картину енергоспоживання об'єкта, мінімізуючи розбіжності між нормативними та фактичними показниками ВТВ.

Процес обчислення обсягів виробничо-технологічних витрат у системі побудований на принципі інтеграції даних із декількох джерел. Це дозволяє досягти максимальної об'єктивності результатів за рахунок поєднання автоматизованих запитів та експертного введення інформації.

Системні запити: основна частина характеристик автоматично витягується з реляційних таблиць паспортної інформації бази даних;

Специфічні параметри або дані про нещодавно модернізоване обладнання можуть вноситися фахівцем у ручному режимі для забезпечення актуальності розрахункової моделі.

Оперативні показники, що безпосередньо характеризують виконання технологічного процесу (тривалість конкретних операцій, фактична кількість проведених маніпуляцій певного типу, число задіяних агрегатів тощо), вносяться користувачем вручну через інтерфейс введення оперативної інформації. Такий підхід дозволяє верифікувати кожен етап робіт, пов'язаних із витратами газу, та створює документально підтверджену базу для формування звітності про ВТВ.

Програмний комплекс забезпечує користувачеві широкий спектр інструментів для інтерактивної взаємодії з даними та автоматизації обчислювальних процесів. Ергономіка інтерфейсу та архітектура бази даних дозволяють реалізувати наступний функціонал:

Користувач наділений правами на здійснення операцій перегляду, верифікації, редагування (коригування) та видалення записів, а також на розширення інформаційної бази. Це стосується всіх категорій таблиць: від статичної нормативно-довідкової та паспортної інформації до динамічних масивів оперативних даних.

За допомогою ієрархічного меню екранних форм користувач має можливість самостійно обирати специфічний вид технологічних робіт. Система автоматично ініціює відповідні алгоритми розрахунку ВТВ, адаптовані під обраний тип операцій. Програмне забезпечення підтримує можливість збереження результатів обчислень безпосередньо у реляційній базі оперативної інформації. Додатково реалізовано модулі експорту даних у загальноприйняті офісні формати (MS Word та MS Excel), що забезпечує гнучкість при підготовці документації та можливість подальшого виведення результатів на друк.

Система дозволяє формувати комплексні зведені звіти про виробничо-технологічні витрати газу, що виникають як під час безпосередньої експлуатації ГРС, так і в процесі технічного обслуговування об'єктів ЛЧМГ.

Для забезпечення довгострокового зберігання та подальшого аналізу передбачено функцію архівації зведених звітів у форматах електронних таблиць та текстових документів із збереженням первинного форматування.

Важливою методичною особливістю ПК є те, що математичне ядро системи дозволяє проводити розрахунки споживання газу для всіх видів технологічних робіт, які регламентовані чинними галузевими стандартами та типовим регламентом технічної експлуатації ГТС України.

Програмний комплекс забезпечує автоматизований розрахунок обсягів споживання та втрат природного газу для повного переліку технологічних операцій, регламентованих нормативними актами. Всі заходи класифіковано за їх функціональним призначенням у межах виробничого циклу ГРС:

1. Обслуговування вузлів підготовки та очищення газу:

Регламентне продування: очищення внутрішніх порожнин пиловловлювачів, фільтр-сепараторів та сепараторів від шламів та домішок.

Сервісне обслуговування: продування імпульсних ліній контрольно-вимірювальних приладів для забезпечення точності передачі сигналу.

Гідратозахист: операції з планового заправлення метанольниць інгібіторами для запобігання утворенню кристалогідратів у трубопроводах.

2. Експлуатація та діагностика запірно-регулювальної арматури:

Функціональні випробування: періодична перевірка працездатності та герметичності арматури в діапазонах $D_u=50-500$ мм та $D_u=500-1400$ мм.

Технологічні перемикання: витрати газу, пов'язані з циклічною роботою пневматичних приводів кранів різних діаметрів.

Забезпечення герметичності: регламентне набивання ущільнювального мастила з використанням мультиплікаторів та пневмогармат.

Налаштування систем захисту: випробування та калібрування запобіжних клапанів для підтримання безпечних рівнів тиску.

Газонебезпечні та метрологічні роботи:

Метрологічне забезпечення: скидання газу в атмосферу при процедурі заміни сезонних діафрагм на вузлах комерційного обліку.

Ремонтні заходи: випуск газу з технологічних ділянок при проведенні вогневих та газонебезпечних робіт, що вимагають повної або часткової дегазації обладнання.

Лабораторний контроль: відбір проб енергоносія для аналізу компонентного складу та визначення точки роси за вологою.

Забезпечення процесу одоризації та збору конденсату:

Обслуговування одоризаторів: заправка витратних бачків та операції з витіснення одоранту з транспортних контейнерів у підземні сховища.

Дренажні операції: використання надлишкового тиску газу для витіснення накопиченого конденсату з підземних ємностей-збірників.

5. Паливні потреби та власне споживання об'єкта:

Теплогенерація: витрати паливного газу на роботу водогрійних котлів для опалення будівель ГРС та вогневих підігрівачів газу (для компенсації ефекту Джоуля-Томпсона).

Технологічний підігрів: споживання газу на підігрів технічної води, необхідної для ліквідації гідратуотворень у вузлах редукування.

Побутове забезпечення: витрати газу на потреби оперативного персоналу (побутові плити та водонагрівачі).

Інфраструктурні втрати: розрахункові технічні витоки газу через з'єднання комунікацій та вузли сальникових ущільнень.

Класифікація виробничо-технологічних витрат при обслуговуванні лінійної частини магістральних газопроводів (ЛЧМГ)

Алгоритми програмного комплексу охоплюють повний спектр регламентних та ремонтних операцій на лінійній частині, що супроводжуються споживанням або стравлюванням природного газу. З метою автоматизації розрахунків, дані заходи структуровані за наступними категоріями:

Роботи з очищення та діагностики внутрішньої порожнини газопроводів:

Транспортування очисних пристроїв: витрати газу, що використовується як робоче тіло для переміщення очисного поршня (скребка) під час видалення шламів та твердих відкладень.

Інспекційні заходи: забезпечення проходження внутрішньотрубних інспекційних приладів (дефектоскопів) для проведення комплексної технічної діагностики стану металу та зварних з'єднань.

Дренаж та дегазація: витрати газу на витіснення та подальшу дегазацію конденсату, вологи та продуктів очищення, що накопичуються в нижніх точках профілю траси.

Експлуатаційне обслуговування лінійного обладнання та споруд:

Продування систем збору рідини: регламентна очистка дрипів та конденсатозбірників від накопиченого рідкого залишку за допомогою енергії стисненого газу.

Робота приводної техніки: витрати газу на забезпечення функціонування силових пневмоприводів лінійної запірної арматури під час планових та аварійних перемикань.

Обслуговування арматури: періодичне продування дренажних ліній вузлів запірної арматури для видалення конденсату та забруднень із корпусів кранів.

Будівельно-монтажні та аварійно-відновлювальні роботи:

Ремонтна дегазація: випуск газу з ділянок магістралі при проведенні вогневих та газонебезпечних робіт, що вимагають повного скидання тиску для забезпечення безпеки зварювальних операцій.

Пусконаладжувальні заходи: витрати газу на первинне заповнення та витіснення повітря (продування) новозбудованих або реконструйованих ділянок газопроводів перед їх введенням в експлуатацію.

Інфраструктурні втрати енергоресурсу. Технічні витоки: сукупність нормованих втрат газу, що виникають через мікронегерметичності фланцевих, різьбових з'єднань та ущільнювальних елементів лінійної арматури в процесі тривалої експлуатації ЛЧМГ.

Методологічною та нормативно-правовою базою для функціонування обчислювальних алгоритмів програмного комплексу є чинні галузеві стандарти. Зокрема, розрахунки виробничо-технологічних витрат (ВТВ) природного газу, що виникають під час безпосередньої експлуатації об'єктів ГРС та в процесі проведення регламентних робіт на ЛЧМГ, здійснюються у суворій відповідності до методик, затверджених відповідним наказом ПАТ «УКРТРАНСГАЗ».

Інтеграція цих нормативних положень у математичне ядро системи забезпечує легітимність результатів: отримані дані мають статус офіційної звітності, придатної для використання у фінансово-господарській діяльності підприємства.

Єдність вимірювань: застосування уніфікованих коефіцієнтів та розрахункових формул на всіх рівнях управління — від лінійного виробничого управління (ЛПУ) до центрального апарату компанії.

Відповідність стандартам: автоматичний контроль за дотриманням встановлених лімітів та питомих норм витрат палива на власні потреби.»

6 ОПИС КОНЦЕПЦІЇ ТА ЛОГІЧНОГО ДИЗАЙНУ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ

6.1 Загальна схема функціональності сервісу

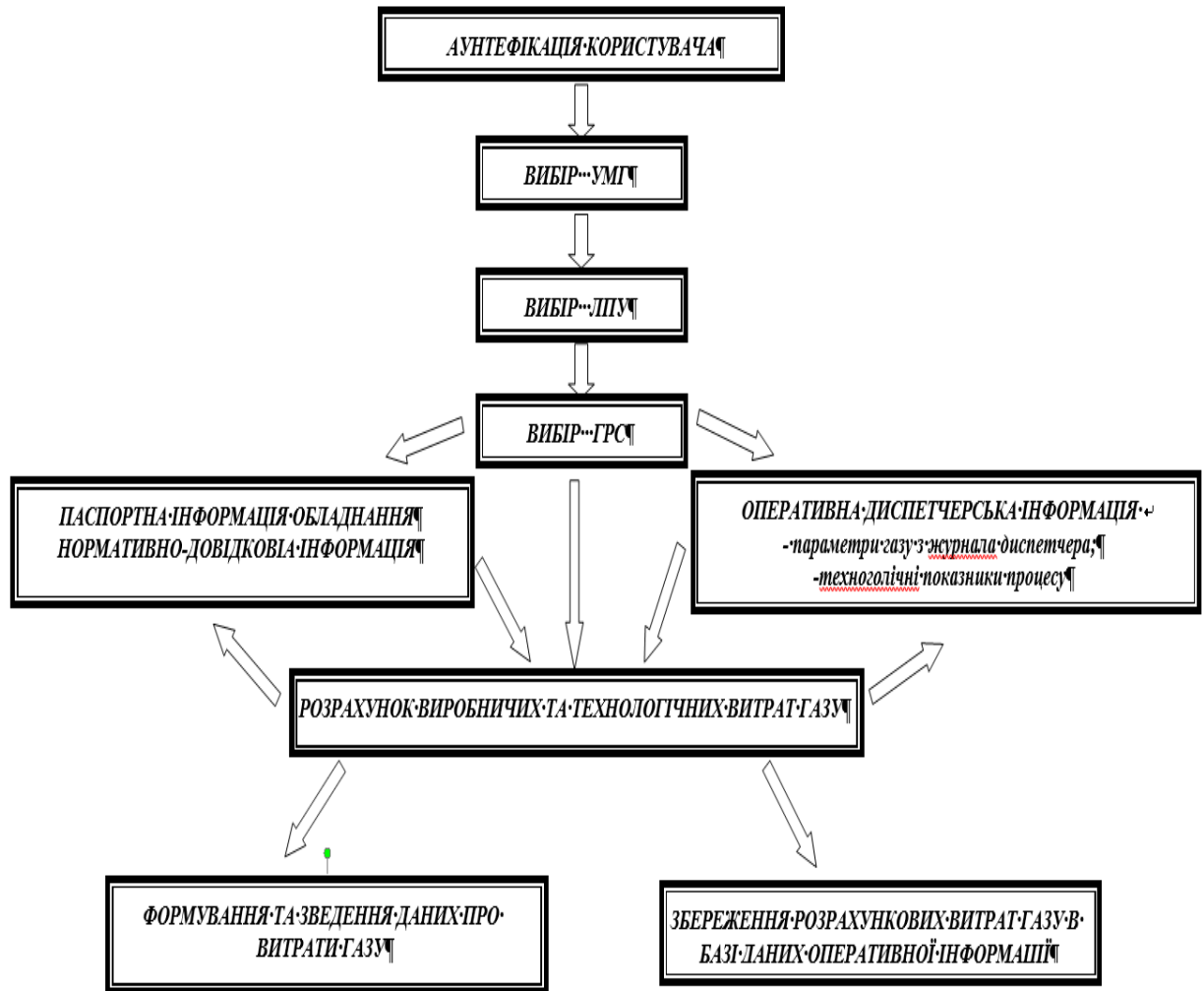


Рисунок 6.1 – Загальна схема функціональності сервісу

6.2 Опис функціональності сервісу

Організація та структура інформаційного забезпечення системи

Фундаментом інформаційного забезпечення програмного сервісу є реляційна модель зберігання даних, реалізована засобами високопродуктивної СУБД **Oracle**. Структура бази даних (БД) оптимізована для забезпечення цілісності, швидкодії та надійності при опрацюванні значних масивів технологічної інформації.

Інформаційне ядро комплексу складається з ієрархічно пов'язаних об'єктів (таблиць), що класифікуються за функціональним призначенням:

Адміністративно-організаційний модуль:

Реєстр організаційної структури ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» (ієрархія підрозділів УМГ та ЛВУМГ);

База даних зареєстрованих користувачів із розмежуванням рівнів доступу.

Технологічний та нормативний базис:

Паспортно-технічний реєстр: детальна специфікація та експлуатаційні характеристики всього парку встановленого обладнання;

Нормативно-довідковий масив: систематизовані дані про геометричні параметри комунікацій (вхід/вихід ГРС), а також регламентовані питомі норми споживання газу для пневмоприводів, регулювальної арматури та інших вузлів.

Операційний моніторинг та аудит:

Журнал технологічних подій: оперативна база даних про фактично виконані регламентні заходи на ГРС та ЛЧМГ, що супроводжуються витратами енергоресурсу;

Система логування (Auditing): автоматизований облік усіх транзакцій та дій користувачів у програмному середовищі для забезпечення простежуваності операцій.

Архітектура програмного забезпечення базується на модульній взаємодії з БД Oracle через спеціалізовані функціональні блоки:

Блок консолідації та обробки: забезпечує загальну валідацію та синхронізацію потоків даних.

Модуль безпеки та авторизації: реалізує механізми автентифікації та рольового управління доступом (RBAC), базуючись на відповідних системних таблицях Oracle.

Обчислювальний конвеєр: відповідає за логіку введення-виведення інформації та безпосереднє виконання математичних алгоритмів розрахунку ВТВ із записом результатів у результуючі таблиці даних.»

Програмна архітектура комплексу базується на модульній структурі, де кожен блок виконує чітко визначений набір операційних завдань, забезпечуючи стабільну та безпечну роботу всього сервісу.

Блок загальної обробки даних та координації

Даний модуль виступає центральним ядром системи, виконуючи функції диспетчеризації та інтерфейсної взаємодії:

Динамічна генерація Web-інтерфейсу: Забезпечує адаптивне формування графічної оболонки для зручної взаємодії кінцевого користувача з програмним комплексом через браузер.

Системна координація: Виконує роль керуючого вузла, що синхронізує роботу всіх інших функціональних блоків, забезпечуючи цілісність обчислювальних процесів.

Блок автентифікації та розмежування прав доступу

Система безпеки базується на багаторівневій перевірці повноважень користувача для запобігання несанкціонованому доступу:

Інтеграція з корпоративним середовищем: Первинна верифікація здійснюється через зіставлення облікових даних із Active Directory (Активним каталогом) ПАТ «УКРТРАНСГАЗ».

Ієрархія прав доступу побудована за територіально-адміністративним принципом:

Рівень ЛПУ: Обмежений доступ до інформації виключно свого лінійного виробничого управління.

Рівень УМГ: Можливість роботи з даними всіх підпорядкованих ЛПУ в межах свого управління магістральних газопроводів.

Аудит безпеки: Для моніторингу дій користувачів та розслідування інцидентів ведеться автоматизований журнал логів.

Блок організації вводу-виводу та обчислювальних операцій

Цей блок відповідає за математичне ядро та візуалізацію результатів:

Спеціалізовані розрахункові модулі: Набір програмних засобів, адаптованих під конкретні види технологічних робіт. Модулі використовують процедури БД Oracle, що дозволяє проводити складні обчислення безпосередньо на стороні сервера бази даних.

Операційний інтерфейс: Забезпечує інструментарій для введення вихідних даних, їх візуалізації у зручній формі та виведення результатів.

Аналітична обробка: Розрахунок витрат газу за кожною статтею технологічних робіт та автоматичне формування зведених таблиць ВТВ для експлуатації ГРС та ЛЧМГ.

Для досягнення високого рівня автоматизації та нівелювання ризиків, пов'язаних із людським чинником (помилки ручного введення, суб'єктивізм), у проєкті реалізовано механізм міжсистемної інтеграції. Ключовим етапом стало налагодження автоматизованого обміну даними між розробленим програмним комплексом та корпоративним сервісом «Журнал диспетчера».

Процес інтеграції та імпорту оперативних параметрів робочого середовища базується на наступних технічних рішеннях:

Розробка шлюзів доступу: Створено комплекс спеціалізованих збережених процедур на рівні бази даних, які забезпечують санкціонований доступ та безпечне вилучення інформації з масивів сервісу «Журнал диспетчера».

Автоматизація збору параметрів: Завдяки інтеграції, показники тиску та температури природного газу на вхідних і вихідних колекторах ГРС транслюються безпосередньо в розрахункові модулі.

Напівавтоматичний режим верифікації: Отримані дані автоматично розподіляються за відповідними реляційними таблицями бази даних ПК «Розрахунок виробничо-технологічних витрат...». Це дозволяє оператору працювати з уже сформованими масивами актуальних технологічних значень, що значно прискорює процес підготовки звітності та підвищує її достовірність.

Впровадження цього інтеграційного рішення дозволило створити єдиний інформаційний простір для обліку енергоресурсів, забезпечивши високу швидкість обробки інформації та метрологічну точність розрахунків ВТВ на об'єктах магістрального транспорту газу.

Програмний комплекс «Розрахунок виробничо-технологічних витрат газу при експлуатації ГРС і технічному обслуговуванні ЛЧМГ» реалізований за

архітектурою тонкого клієнта, що нівелює необхідність встановлення спеціалізованого програмного забезпечення на локальні робочі станції користувачів та значно спрощує процес адміністрування.

Системне середовище та апаратно-програмна база комплексу включають наступні рівні:

Серверний рівень (Backend):

Вебсервер: Функціонування додатка забезпечується платформою Internet Information Services (IIS), яка відповідає за обробку запитів, хостинг вебсервісів та логіку взаємодії з клієнтською частиною.

Сервер баз даних: Зберігання та інтелектуальна обробка масивів інформації реалізовані на базі СУБД Oracle.

Централізація ресурсів: Вебсервер IIS та СУБД Oracle територіально та логічно розміщені на серверних потужностях ІТГ, що гарантує високу доступність та надійне збереження даних.

Клієнтський рівень (Frontend):

Доступ до функціональних модулів системи здійснюється через стандартний веббраузер кінцевого користувача (зокрема, Internet Explorer або інші сумісні браузери). Це забезпечує кросплатформенність та мобільність персоналу при виконанні розрахунків.

Інтеграційне середовище та комунікації:

Для забезпечення повноцінного функціонування механізмів імпорту оперативних даних та взаємодії з сервісом «Журнал диспетчера», архітектура ПК передбачає стабільне мережеве підключення до серверного вузла УМГ «Харківтрансгаз». Дана інтеграція реалізується на рівні протоколів передачі даних СУБД, що дозволяє отримувати технологічні параметри в режимі реального часу.

Завдяки використанню сучасних вебтехнологій, комплекс не потребує специфічних налаштувань операційних систем на місцях, що забезпечує низьку вартість володіння та високу масштабованість системи в межах ГТС України.»

7 ОПИС ТЕХНІЧНОГО ПРОЕКТУ ПК

Сервіс для розрахунку виробничо-технологічних витрат (ВТВ) газу на ГРС та ЛЧМГ спрямований на автоматизацію обліку з урахуванням фактичних умов експлуатації та підвищення точності розрахунків для зниження галузевих норм. Система забезпечує оперативне формування звітності та надає достовірні дані для диспетчерських служб та управління енергозбереження ПАТ «Укртрансгаз».

«Практичне впровадження та промислова експлуатація даного сервісу здійснюється на базі структурних підрозділів лінійних виробничих управлінь УМГ «Харківтрансгаз».

З технічної точки зору програмний комплекс (ПК) реалізований як багатокомпонентний вебдодаток, архітектура якого базується на використанні промислової системи управління базами даних Oracle. Програмна логіка та обчислювальні алгоритми побудовані на поєднанні мов програмування високого рівня: С# (для розробки інтерфейсної частини та бізнес-логіки) та PL/SQL (для реалізації серверних процедур та маніпуляцій з даними). Стабільна робота системи забезпечується за рахунок інтеграції вебсервера Internet Information Services (IIS) та відповідних обчислювальних потужностей серверів бази даних Oracle.»

7.1 Вимоги до експлуатації комплексу

«Архітектурна гнучкість розробленого сервісу дозволяє здійснювати його розгортання без необхідності виділення ексклюзивних (монопольних) апаратних чи програмних потужностей. Програмний комплекс демонструє високу сумісність із існуючими обчислювальними мережами, серверами та операційними системами загального призначення.

Конфігурація серверної компоненти передбачає можливість як централізованого розміщення на одиничному сервері, так і децентралізованого розподілу модулів між кількома обчислювальними вузлами залежно від

навантаження. Потенційна кількість одночасних клієнтських підключень не регламентується жорстко програмним кодом сервісу, а визначається виключно технічними лімітами та продуктивністю встановленої СУБД **Oracle**, а також пропускнуою здатністю вебсервера **Internet Information Services (IIS)**.»

7.2. Необхідне апаратне і програмне забезпечення

Функціонування сервісу базується на використанні реляційної моделі даних під управлінням СУБД Oracle. Для забезпечення стабільної працездатності серверних компонентів та клієнтських інтерфейсів визначено диференційовані вимоги до апаратної конфігурації.

Апаратні ресурси системи:

Технічні характеристики обчислювальної техніки розділені на два рівні: гранично допустимі (мінімальні) та оптимальні (рекомендовані).

Серверний сегмент: Мінімальна працездатність забезпечується процесорами з тактовою частотою від 800 МГц та об'ємом оперативної пам'яті не менше 512 Мбайт. Однак для промислової експлуатації рекомендується використання серверних рішень із частотою 3000 МГц, ОЗП об'ємом 2000 Мбайт та дисковим масивом місткістю 1000 Гбайт, організованим за технологією RAID для підвищення відмовостійкості.

Клієнтський сегмент: Кінцеві термінали користувачів вимагають базової потужності від 100 МГц (ЦП) та 256 Мбайт (RAM). Оптимальним для комфортної взаємодії з вебінтерфейсом є використання станцій із тактовою частотою 1000 МГц та об'ємом ОЗП від 512 Мбайт. Обов'язковою умовою для обох частин системи є наявність мережевого інтерфейсу (LAN або модемне з'єднання) для забезпечення обміну даними.

Програмна інфраструктура:

Для розгортання та коректної роботи програмного комплексу необхідне середовище, що включає наступні компоненти:

Системне ПЗ: Операційна система сімейства Windows Server (версії 2003 або новішої актуальної редакції).

Середовище обробки даних: СУБД Oracle версії 10.0 і вище, а також відповідне клієнтське ПЗ для організації надійного каналу зв'язку з базою даних.

Сервіси публікації та середовище виконання: Вебсервер Internet Information Services (IIS) версії 6.0 або новішої. Виконання логіки серверної частини базується на платформі .Net Framework 4.0, яка є обов'язковою для інтеграції всіх модулів системи.

З метою забезпечення цілісності архітектури програмного комплексу та спрощення процесів його подальшої підтримки, у проєкті впроваджено єдину систему іменування об'єктів бази даних та програмних модулів. В основу цього підходу покладено принцип семантичної відповідності, де назва кожного елемента чітко відображає його функціональне призначення.

Ключові аспекти стратегії іменування включають:

Структури даних: Для реляційних таблиць у СУБД Oracle, що акумулюють інформацію щодо пунктів головного меню системи, застосовуються назви, які безпосередньо корелюють із сутністю відповідного розділу інтерфейсу.

Програмні модулі та простори імен: Аналогічна номенклатура зберігається для функціональних модулів, відповідальних за візуалізацію та інтерактивне редагування даних, а також для програмних регіонів, що групують класи відповідного логічного спрямування. Така ідентичність назв на різних рівнях архітектури дозволяє розробнику оперативно простежувати зв'язок між інтерфейсом та програмним кодом.

Обчислювальні алгоритми: Спеціалізовані збережені процедури, інтегровані в БД Oracle для розрахунку обсягів паливного газу, іменуються за загальним шаблоном із додаванням ідентифікаційного префікса COUNT_. Це дозволяє чітко виділити розрахункове ядро системи серед інших процедур

маніпуляції даними та забезпечити прозорість алгоритмічного забезпечення комплексу.

Така уніфікація позначень сприяє мінімізації помилок при розробці, підвищує читабельність коду та забезпечує високу швидкість навігації в межах складної структури об'єктів бази даних.

8 ІНФРАСТРУКТУРА СЕРВІСА

Архітектура програмного комплексу базується на модульній декомпозиції, що дозволяє розділити функціональні обов'язки між незалежними, але взаємопов'язаними структурними одиницями. До складу сервісу інтегровано такі ключові блоки:

Модуль системної обробки та координації: відповідає за базові операції з даними та взаємодіє з відповідними реляційними структурами в СУБД Oracle.

Підсистема безпеки та автентифікації: реалізує механізми ідентифікації та рольового розмежування прав доступу, спираючись на спеціалізовані процедури та захищені таблиці бази даних.

Сервіс аудиту та логування: здійснює безперервну фіксацію активності користувачів у системному журналі подій для забезпечення простежуваності дій.

Обчислювально-інтерфейсний вузол: забезпечує логіку введення-виведення інформації та виконання математичних алгоритмів розрахунку через збережені процедури на стороні сервера.

Інтеграційний шлюз: відповідає за автоматизований імпорт технологічних параметрів із зовнішнього сервісу «Журнал диспетчера».

Технологічний стек системи охоплює три основні середовища взаємодії: вебсервер Internet Information Services (IIS), обчислювальне ядро Oracle та клієнтський веббраузер.

Серверна компонента (IIS та БД) виконує роль генератора динамічного контенту та забезпечує централізовану обробку бізнес-логіки. Взаємодія з кінцевим споживачем інформації будується за моделлю «тонкого клієнта», де браузер виступає лише засобом візуалізації інтерфейсу, що значно знижує вимоги до апаратних ресурсів робочих станцій та спрощує розгортання системи в межах газотранспортної мережі.

Функціонування програмного комплексу базується на використанні надійної апаратної бази та стандартизованого системного ПЗ. Нижче наведено детальні характеристики інфраструктурних рішень, інтегрованих у проект.

Підсистема збереження та накопичення інформації.

Для підтримки операційної діяльності сервісу задіяно систему зберігання даних (СХД), архітектура якої базується на накопичувачах на жорстких магнітних дисках (HDD). Обсяг дискового простору, необхідного для розгортання реляційних структур даних, варіюється в діапазоні 1–4 Гб. Кінцевий розмір сховища детермінується масштабом конкретної бази даних та специфікою встановленої версії СУБД Oracle. На логічному рівні дисковий простір структуровано у розділ «С», який забезпечує оптимальну продуктивність операційної системи та бази даних. Директорії призначення та шляхи розміщення файлів визначаються конфігураційними параметрами серверного середовища під час інсталяції.

Географічна та фізична реалізація. Усі критично важливі апаратні пристрої, що забезпечують працездатність сервісу, розміщені централізовано. Зокрема, серверні потужності, що виконують функції веб-хостингу (IIS) та управління базами даних (Oracle), локалізовані в межах інфраструктури ІТГ. Таке розміщення гарантує високу швидкість обміну даними та цілісність інформаційного середовища.

Системне програмне забезпечення. Програмний стек сервісу включає перевірені промислові рішення, що забезпечують стабільність і кросплатформенність:

Управління даними: використання СУБД Oracle версії 10.2 (або новіших релізів), що підтримує складні аналітичні процедури та збережені алгоритми.

Веб-сервіси та хостинг: застосування сервера Internet Information Services (IIS) 6.0+ для коректної візуалізації інтерфейсу в браузері користувача.

Середовище розробки та виконання: платформа Microsoft .Net Framework 4, що є основою для обчислювальної логіки комплексу.

Системна оболонка: експлуатація серверних операційних систем лінійки Windows Server 2003 або актуальних сучасних редакцій.

Для підтримки безперервного технологічного циклу необхідне стабільне функціонування фонових процесів та системних служб, перелік яких наведено нижче.

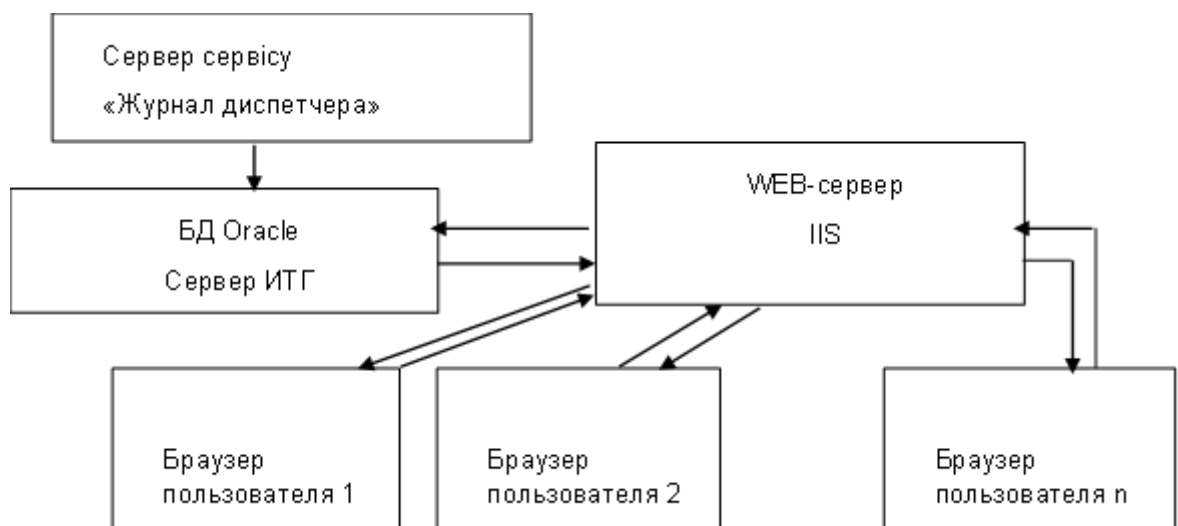


Рис 8.2 Загальна схема мереживного підключення устаткування

Процедури формування та модифікації ідентифікаційних параметрів користувачів перебувають у виключній компетенції адміністратора сервісу. Встановлена ієрархія повноважень детермінується програмним

комплексом, що гарантує суворе дотримання санкціонованих рівнів доступу до об'єктів СУБД.

Функціонал обмеження несанкціонованого входу та верифікації рольового профілю користувача реалізований через інтегрований блок автентифікації. Алгоритм допуску до робочого середовища передбачає проходження двостадійної верифікації:

Синхронізація з корпоративним каталогом: зіставлення введених облікових реквізитів із наявними записами в Active Directory (AD) підприємства.

Валідація в локальній базі даних: підтвердження наявності авторизованого профілю користувача безпосередньо в базі даних сервісу із визначенням відповідної функціональної ролі.

Система безпеки базується на індивідуальній ідентифікації кожного суб'єкта через приналежність до конкретної групи доступу. Архітектура розмежування повноважень корелює з організаційно-штатною структурою підприємства, що дозволяє диференціювати права для фахівців лінійних виробничих управлінь (ЛПУ), управлінь магістральних газопроводів (УМГ) та апарату управління ПАТ «УКРТРАНСГАЗ» відповідно до їхніх посадових обов'язків.»

У межах програмного комплексу реалізована ієрархічна модель розподілу прав доступу, що ґрунтується на виокремленні чотирьох категорій бізнес-користувачів: оперативний персонал лінійних виробничих управлінь (ЛПУ), диспетчерський склад управлінь магістральних газопроводів (УМГ), профільні фахівці апарату управління ПАТ «УКРТРАНСГАЗ», а також адміністратор сервісу.

Кожна рольова група наділена специфічним набором привілеїв, що детермінуються їхніми посадовими обов'язками в структурі газотранспортного підприємства:

Рівень оперативного персоналу ЛПУ: Дана група користувачів має право на ініціацію та коригування оперативних даних, що стосуються виключно

підпорядкованого їм виробничого підрозділу. Це забезпечує первинне наповнення інформаційної бази безпосередньо на місцях виникнення технологічних витрат.

Рівень диспетчерської служби УМГ: Функціональні можливості даної категорії розширені до права перегляду та аналітичної обробки інформаційних масивів усіх лінійних управлінь, що входять до складу відповідного УМГ. Це дозволяє здійснювати консолідацію звітності на регіональному рівні.

Адміністративно-управлінський рівень (ПАТ «УКРТРАНСГАЗ»): Фахівці центрального апарату володіють повноваженнями щодо наскрізного моніторингу та використання верифікованої інформації по всіх структурних одиницях ГТС України без обмежень за територіальною ознакою.

Системне адміністрування: Адміністратор сервісу здійснює комплексне управління конфігураціями, моніторинг цілісності бази даних та регулювання облікових записів користувачів у межах всього програмного середовища.

Така структура розмежування прав гарантує конфіденційність даних на локальних рівнях та одночасно забезпечує повноту інформації для прийняття стратегічних управлінських рішень на рівні компанії.»

Адміністратор програмного комплексу володіє розширеним спектром привілеїв, що включають повний цикл управління обліковими записами: реєстрацію нових користувачів, детермінацію їхньої рольової моделі в системі, а також анулювання прав доступу (видалення з бази даних). Адміністратор наділений статусом суперористувача, що забезпечує безперешкодний доступ до всіх інформаційних масивів і записів БД.

Аудит та моніторинг активності. З метою посилення безпекової політики та забезпечення прозорості операцій, у програмному середовищі імplementовано функціонал автоматизованого логування. Спеціалізовані програмні модулі здійснюють безперервний збір та архівацію метаданих про активність суб'єктів: ідентифікацію користувача, часові мітки та деталізацію внесених змін у структури даних. Це дозволяє здійснювати ретроспективний аудит дій персоналу та розслідування інцидентів безпеки.

Архітектурний захист файлових ресурсів. Захист конфіденційної інформації від несанкціонованого втручання та прямого доступу до серверних потужностей реалізовано через використання моделі «тонкого клієнта». Дана архітектура логічно та фізично ізолює кінцевого користувача від файлової системи сервера, обмежуючи взаємодію лише візуальним вебінтерфейсом. Безпосередня охорона файлових ресурсів на рівні сервера забезпечується штатними засобами безпеки операційної системи та мережевих екранів.

Мережева конфігурація та доступність. Технологічні параметри системних служб та мережевих портів, що необхідні для безперебійної роботи сервісу, функціонують у режимі стандартних налаштувань. Це нівелює необхідність додаткової конфігурації мережевого обладнання та знижує ризики виникнення вразливостей через помилки налаштування. Для підтримання високого коефіцієнта доступності та відмовостійкості системи застосовуються наступні інструментарії:

Процес розгортання та подальшої експлуатації програмного забезпечення передбачає чіткий розподіл обов'язків між адміністративним персоналом та фахівцями технічної підтримки.

Алгоритм інсталяції та розгортання системи: Процедура встановлення програмного комплексу (ПК) включає два основні етапи:

Розгортання вебсерверної частини: Директорія, що містить програмний код комплексу, переноситься у цільову папку на сервері, визначену адміністратором для хостингу вебресурсів під управлінням Internet Information Services (IIS).

Конфігурування середовища бази даних: У промисловій СУБД Oracle ініціюється створення нового облікового запису користувача (схема ora9). Після формування структури схеми здійснюється імпорт (розпакування) реляційного дампу, що містить архітектуру таблиць та первинні набори даних.

Ієрархія користувачів та регламент взаємодії:

Кінцевий користувач (Операційний рівень):

Використовує функціональні модулі сервісу для розрахунку ВТВ та вирішення виробничих завдань.

У разі виявлення технічних збоїв або апаратних помилок ініціює запит до ІТ-персоналу об'єкта або профільної групи підтримки.

Персонал ІТ-департаменту (Адміністративний рівень):

Забезпечення цілісності даних: Здійснює регулярне резервне копіювання бази даних (у режимі «холодного» копіювання або штатними засобами архівації СУБД).

Апаратний моніторинг: Контролює справність серверного та мережевого обладнання, що задіяне у роботі сервісу.

Конфігураційний менеджмент: Підтримує стабільність робочого середовища через актуалізацію мережевих ідентифікаторів (ІР-адрес, імен хостів) та управління правами доступу користувачів, що дозволяє уникнути надлишкового переналаштування системи.

Інцидент-менеджмент: Усуває локальні несправності в межах компетенції або забезпечує комунікацію з розробниками.

Група розробки та системної підтримки (Експертний рівень):

Реалізує комплексні заходи з відновлення працездатності сервісу у випадках критичних збоїв, що не можуть бути усунуті силами локальних фахівців.

Здійснює масштабування та функціональне вдосконалення програмного комплексу відповідно до нових вимог, виявлених у процесі промислової експлуатації.

Ефективна експлуатація програмного комплексу забезпечується багаторівневою системою супроводу, яка охоплює технічні, програмні та організаційні аспекти функціонування сервісу.

Методологічні засади підтримки системи:

Базовий рівень стабільності сервісу гарантується шляхом:

Ресурсного забезпечення: надання персоналу регламентованих прав доступу, відповідних повноважень та працездатних апаратних засобів для виконання моніторингових і сервісних операцій.

Резервування даних: впровадження політики систематичного створення резервних копій бази даних силами експлуатаційного персоналу для запобігання втраті інформації.

Класифікація рівнів супроводу за категоріями інцидентів:

Управління цілісністю та обміном даних:

Надання методичних консультацій щодо коректності внесення інформації;

Оперативне усунення мережевих та логічних помилок через інструментарій віддаленого адміністрування;

Глибокий аналіз інцидентів та їх розв'язання безпосередньо на об'єкті в межах авторського супроводу розробника.

Супровід програмного забезпечення:

Проведення консультативної підтримки щодо функціональних можливостей інтерфейсу;

Діагностика програмних збоїв, розробка специфічних патчів та виїзд експертної групи на об'єкт для проведення пусконаладжувальних робіт;

Стратегічне масштабування системи через періодичне оновлення версій ПЗ та інтеграцію нових функціональних модулів.

Аварійне відновлення (Disaster Recovery):

У разі критичної деградації або руйнування логічних структур бази даних чи програмних компонентів передбачено:

Повне відновлення робочого стану СУБД та масивів даних на основі актуальних резервних копій;

Повторна інсталяція та прецизійне налаштування параметрів сервісу для повернення до штатного режиму експлуатації.

9 ТЕХНОЛОГІЯ ОБЛІКУ ВТВ ГАЗУ З ЗАСТОСУВАННЯМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ

Розроблений програмний комплекс (ПК), орієнтований на автоматизацію процесів обчислення, моніторингу та верифікації виробничо-технологічних витрат (ВТВ) енергоресурсу, виступає інструментом модернізації системи нормування витрат газу на об'єктах ГРС та лінійної частини магістральних газопроводів.

Інтеграція даного цифрового рішення у виробничий процес забезпечує:

Високу точність обчислень: автоматизоване визначення нормативних і фактичних показників споживання палива, а також аналіз дельти між ними (виявлення економії або понадлімітних перевитрат) у ході поточної експлуатації станцій.

Операційний контроль: можливість здійснення безперервного обліку та нагляду за станом ВТВ окремих одиниць технологічного устаткування ГРС.

Звітну аналітику: автоматизовану генерацію консолідованих звітних форм про рух енергоресурсів для рівнів Управління магістральних газопроводів (УМГ) та апарату управління ПАТ «УКРТРАНСГАЗ».

Архітектура програмного забезпечення реалізує вирішення наступних функціональних завдань:

Управління базами даних: забезпечення оперативного доступу до масивів нормативно-довідкової (НДІ) та паспортно-технічної інформації про об'єкти ГТС.

Інформаційний менеджмент: систематизоване введення та безпечно зберігання динамічних масивів оперативних даних.

Обчислювальний модуль: диференційований розрахунок ВТВ ГРС за кожною регламентованою статтею технологічних витрат.

Експорт та візуалізація: можливість конвертації результатів розрахунків, паспортних характеристик та довідкових даних у поширені формати офісних додатків (MS Word, MS Excel) для подальшого документування чи друку.

Інформаційне наповнення обчислювальних модулів базується на гібридному підході: одна частина вхідних параметрів заповнюється фахівцем в інтерактивному режимі, інша — автоматично імпортується з реляційних таблиць НДІ. Деталізована логіка взаємодії компонентів та узагальнений алгоритм функціонування модулів системи візуалізовані на блок-схемі (див. рис. 9.1).



Рисунок 1 – Алгоритм функціонування програмних модулів

Активація та перехід до робочого середовища програмного комплексу здійснюються через вебінтерфейс. Процедура запуску передбачає введення уніфікованого покажчика ресурсу (URL-адреси) відповідного WEB-вузла в адресному рядку браузера (зокрема, Internet Explorer), із зазначенням стартового виконуваного файлу проекту — grs.aspx.

Після успішної авторизації та обробки запиту вебсервером, у вікні браузера ініціалізується головна діалогова форма інтерфейсу. Дана форма є центральним вузлом управління, що забезпечує оператору доступ до всіх функціональних модулів та обчислювальних алгоритмів системи. Візуальна

структура та компонування елементів головної форми ПК представлені на рисунку 9.2

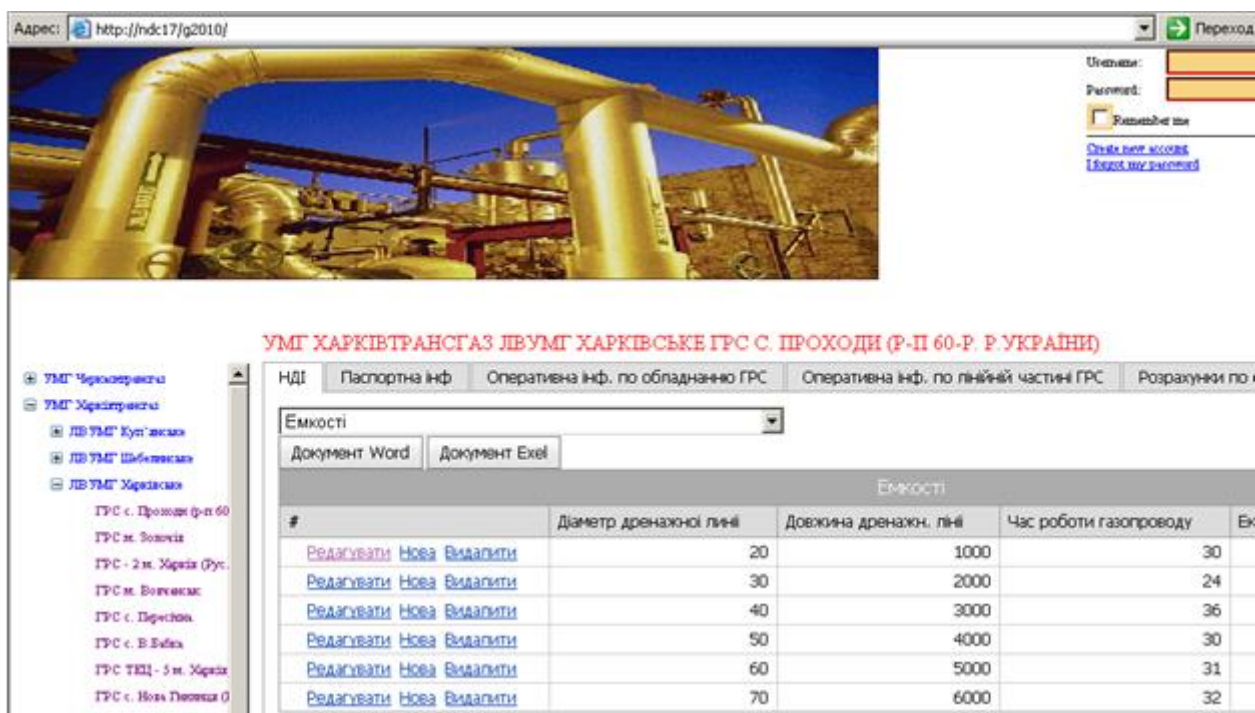


Рисунок 9.2 – Головна форма програмного комплексу

Процес вибору об'єкта дослідження реалізований за допомогою ієрархічної структури управління, що розташована в лівій частині вебінтерфейсу головної форми. Навігація здійснюється шляхом послідовної деталізації рівнів адміністративного підпорядкування за принципом «УМГ → ЛВУМГ → ГРС». Розгортання відповідних гілок інтерактивного дерева об'єктів виконується за допомогою маніпулятора шляхом активації керуючого символу розширення списку. Після ідентифікації та вибору конкретної газорозподільної станції, її повне найменування автоматично візуалізується у верхній частині центрального робочого вікна, що підтверджує готовність системи до проведення обчислювальних операцій за обраним об'єктом.

Деактивація програмного комплексу та завершення поточного сеансу роботи виконуються стандартним способом — шляхом ініціації відповідного графічного елемента закриття активного вікна браузера, розташованого у верхньому правому куті панелі управління інтерфейсом.

Верхній сегмент робочого простору програмного комплексу займає головна панель навігації, на якій згруповано основні функціональні вкладки. Архітектура меню побудована за модульним принципом і включає наступні структурні елементи:

Модулі управління даними: «НДІ» (нормативно-довідкова інформація), «Паспортна інф.», а також блоки для ведення оперативної звітності щодо технологічного обладнання та об'єктів лінійної частини ГРС.

Аналітичні модулі: блоки «Розрахунки по обладнанню» та «Розрахунки по лінійній частині», що забезпечують перехід до безпосередніх обчислювальних операцій.

Активація необхідного режиму роботи — будь то адміністрування реляційних баз даних (нормативно-довідкових, паспортних чи оперативних масивів) або виконання прецизійних розрахунків витрат енергоресурсу за конкретними технологічними статтями — реалізується шляхом інтерактивного вибору відповідної вкладки за допомогою маніпулятора. Такий ергономічний підхід дозволяє оператору швидко перемикатися між режимом конфігурування системи та режимом формування звітності, забезпечуючи високу оперативність управління виробничо-технологічними витратами.

Візуалізація робочого простору, що ініціалізується при активації відповідного елемента ієрархічного меню у вкладці «НДІ», представлена на **рисунку 9.3**. Дана екранна форма забезпечує користувачеві доступ до перегляду та адміністрування масивів нормативно-довідкової інформації, які є базисом для подальших обчислювальних операцій у програмному комплексі.

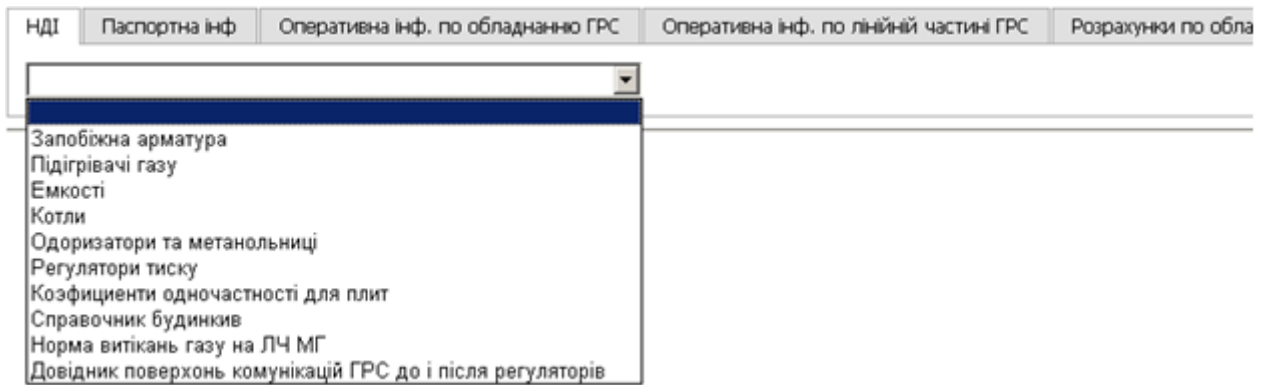


Рисунок 9.3 – Форма меню НДІ

The screenshot shows the NDІ interface with the "Запобіжна арматура" dropdown selected. Below the dropdown are buttons for "Документ Word" and "Документ Exel". The main table is titled "Запобіжна арматура" and contains the following data:

#	діаметр крану, мм	витрата, м ³
Редагувати Нова Видалити	50	0.034
Редагувати Нова Видалити	80	0.067
Редагувати Нова Видалити	100	0.16
Редагувати Нова Видалити	150	0.5
Редагувати Нова Видалити	300	1.12
Редагувати Нова Видалити	400	1
Редагувати Нова Видалити	700	3.5
Редагувати Нова Видалити	1000	5
Редагувати Нова Видалити	1200	10.5
Редагувати Нова Видалити	1400	15.5

Рисунок 9.4 –НДІ щодо запобіжної арматури

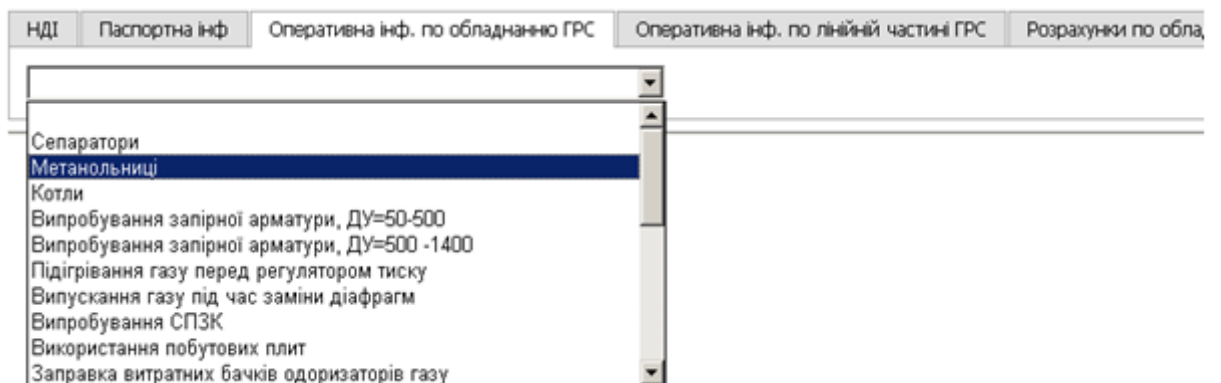


Рисунок 9.5 – Форма меню оперативної інформації.

УМГ ХАРКІВТРАНСГАЗ ЛВУМГ ХАРКІВСЬКЕ ГРС М. ЗМПВ

НДІ	Паспортна інф	Оперативна інф. по обладнанню ГРС	Оперативна інф. по лінійній частині ГРС	Розрахунки по обладнанню	Розрахунки по Л					
Сепаратори										
Документ Word										
Документ Excel										
Сепаратори										
#	дата	номер	тиск, кгс/см2	температура, гр С	густина, кг/м3	час роботи, сек	коефіцієнт К	кількість	витрати газу,	
Редагувати Нова Вилучити	01-Jun-2010	1	16.31	16	0.72	30	0.35	2	1672.08	
Редагувати Нова Вилучити	01-Jun-2010	2	16	16	0.72	60	0.35	1	1705.61	
Редагувати Нова Вилучити	10-Jun-2010	1	16.5	17	0.72	40	0.35	1	2482.71	
Редагувати Нова Вилучити	20-Jun-2010	1	16.3	18	0.72	40	0.35	1	2518.69	
Редагувати Нова Вилучити	30-Jun-2010	1	16.5	17	0.72	30	0.35	2	1655.35	

Рисунок 9.6 – Оперативна інформація щодо продування сепараторів і пиловловлювачів

Процедури модифікації та адміністрування бази даних

Процеси редагування, внесення нових записів або анулювання існуючих даних у масивах нормативно-довідкової, паспортної та оперативної інформації реалізовані за уніфікованим алгоритмом. Для взаємодії з реляційними структурами бази даних користувачу необхідно ініціювати відповідну функціональну команду (див. рис. 9.7), розташовану в лівій частині екранної форми візуалізації інформації. Активація обраної операції здійснюється за допомогою стандартного маніпулятора, що забезпечує перехід системи в режим коригування відповідного інформаційного блоку.

ВТРАНСПАЗ ЛВУМГ ХАРКІВСЬКЕ ГРС ДЕРГАЧІ

ортна інф | **Оперативна інф. по обладнанню ГРС** | Оперативна інф. по лінійній частині ГРС | Роз

тиску

Word | Документ Exel

регулятори тиску						
	номер регулятора	позначення регулятора	тип регулятора	діаметр, мм	ти	
ати	Нова	Видалити	1	РД1	РД-50-64	50

ати | Нова | Edit Form

номер регулятора: | позначення регулятора:

тип регулятора: | діаметр, мм:

тиск, кг/см2:

Update

Рисунок 9 – Вікно редагування бази даних паспортної інформації

МГ ХАРКІВТРАНСПАЗ ЛВУМГ ХАРКІВСЬКЕ ГРС С. КУТУЗІВКА (ДОСЛІДН. ТВАРИН)

НДІ | **Паспортна інф** | Оперативна інф. по обладнанню ГРС | Оперативна інф. по лінійній частині ГРС | Р

Продувка газу після заміни діафрагм

Документ Word | Документ Exel

Продувка газу під час заміни діафрагм			
#	дата	номер	об'єм, м3
Edit Form			
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Update Cancel

Рисунок 9.8 – Вікно введення нової інформації до БД оперативної інформації

Методологія та умови виконання обчислювальних операцій

Процедури визначення обсягів виробничо-технологічних витрат (ВТВ) природного газу реалізуються на основі інтегрованої обробки інформаційних масивів, що містяться в нормативно-довідковій, паспортній та оперативній базах даних. Математичне ядро системи ініціює розрахункові алгоритми лише

за умови повної верифікації та наявності актуальних записів у відповідних реляційних таблицях.

Зокрема, для коректного функціонування модуля необхідне попереднє наповнення структурних блоків, що містять технічні характеристики встановленого устаткування та деталізовану оперативну інформацію щодо конкретних статей регламентних або ремонтних робіт. Така архітектурна взаємозалежність гарантує достовірність отриманих результатів та їх відповідність фактичному стану технологічних процесів на об'єкті.

The screenshot shows a web-based application window titled "УМГ ХАРКІВТРАНСГАЗ ЛВУМГ ХАРКІВСЬКЕ ГРС С. ПРОХОДИ (Р-П 60-Р. Р. УКРАЇНИ)". The interface includes a navigation bar with tabs: "НДІ", "Паспортна інф", "Оперативна інф. по обладнанню ГРС", "Оперативна інф. по лінійній частині ГРС", and "Розрахунки пі". Below the tabs, there are two input fields: "Дата початку:" with the value "1/01/ 2009" and "Дата кінця:" with the value "1/12/ 2010". Underneath, a section titled "Вибір розрахунку:" contains a list of radio button options: "Продування пилеуловлювачів", "Заправка метанольниць", "Використання котлів", "Випробування запірної арматури, ДУ=50-500", "Випробування запірної арматури, ДУ=500 -1400", and "Підприємство газу регулює тиск".

Рисунок 9.9- Форма меню розрахунки по обладнанню

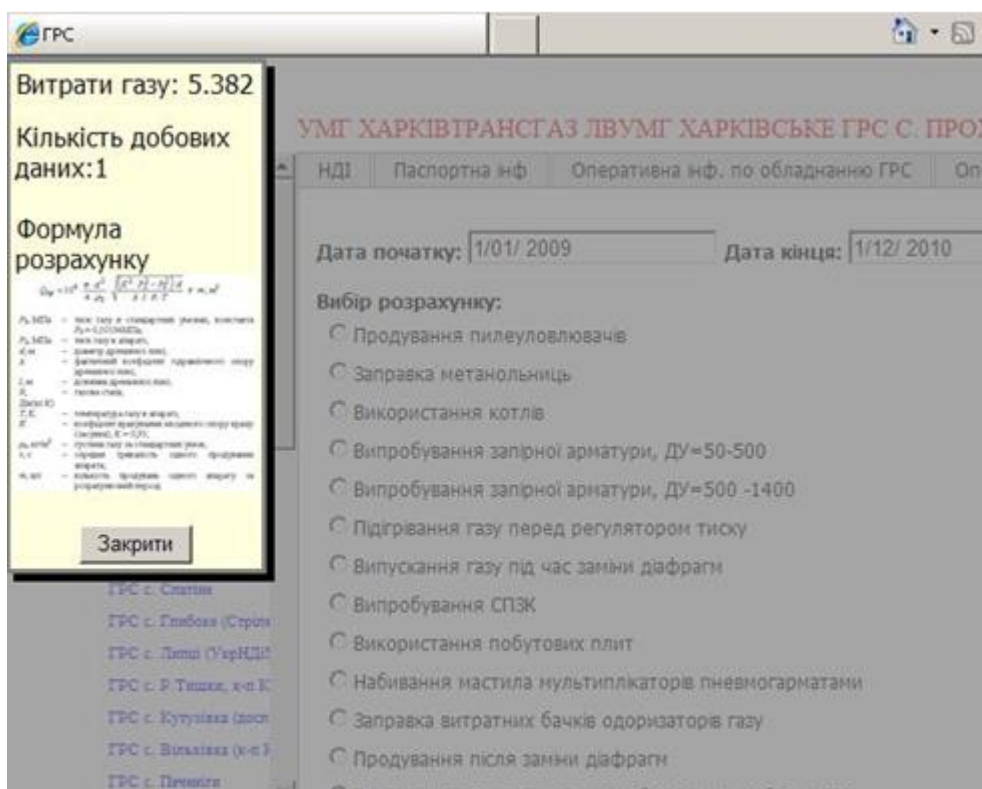


Рисунок 9.10 – Вікно результату розрахунків ВТВ газу по ГРС

ХАРКІВСЬКЕ ГРС С. ПРОХОДИ (Р-П 60-Р. Р. УКРАЇНИ)

інф. по обладнанню ГРС		Оперативна інф. по лінійній частині ГРС		Розрахунки по обладнанню		Розрахунки по ЛЧ МГ	
Сепаратори							
номер	тиск, кгс/см2	температура, гр С	густина, кг/м3	час роботи, сек	коефіцієнт К	кількість	витрати газу, м3
1	16.31	16	0.72	30	0.5	30	5.3816

Рисунок 9.11 – Занесення результатів розрахунку до таблиці оперативної інформації

Процедура комплексного тестування та контрольних випробувань програмного забезпечення охоплює перевірку критично важливих компонентів, що забезпечують взаємодію з базою даних розрахунку ВТВ. Верифікації підлягають наступні функціональні блоки та операційні можливості комплексу:

Модуль адміністрування даних: перевірка коректності виконання транзакцій при ініціації операцій внесення нових записів, модифікації

(коригування) існуючих масивів та детермінованого видалення інформації з реляційних структур БД.

Підсистема візуалізації та фільтрації: апробація алгоритмів селективного перегляду вмісту бази даних із можливістю групування та відображення інформації за специфічними категоріями та критеріями користувача.

Математичне ядро системи: тестування точності та стабільності роботи обчислювальних алгоритмів при визначенні обсягів ВТВ відповідно до регламентованих статей витрат палива.

Генератор вихідної документації: контроль якості формування результуючих форм звітності, що передбачає їх візуалізацію на інтерфейсі користувача (екранні форми), а також коректність експорту та структурування даних у форматах текстових процесорів (MS Word) та електронних таблиць (MS Excel)

11 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

11.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час реконструкції і будівництва ГРС і лінійної частини газопроводів.

Класифікація детермінантів професійних ризиків та небезпечних чинників виробництва

Відповідно до нормативів промислової безпеки, сукупність чинників виробничого середовища, що справляють деструктивний вплив на організм працівника або створюють загрозу його життю, класифікується за чотирма фундаментальними категоріями:

Фізичні чинники: енергетичні та механічні впливи технічних систем.

Хімічні чинники: токсичний вплив речовин, що використовуються у технологічному циклі.

Біологічні чинники: патогенні мікроорганізми та продукти їхньої життєдіяльності.

Психофізіологічні чинники: антропометричні та емоційні перевантаження персоналу.

Характеристика фізично небезпечних виробничих факторів

До групи фізичних детермінантів безпеки, що мають безпосередній механічний або аерозольний вплив у робочій зоні, належать:

Динамічні об'єкти та механічна дія: експлуатація рухомих агрегатів і механізмів; незахищені елементи промислового устаткування, що обертаються або здійснюють зворотно-поступальний рух; переміщення сировини, напівфабрикатів та готових виробів у межах операційного простору. Також сюди відносять ризики, пов'язані з раптовим обваленням конструктивних елементів будівель або гірських масивів у зоні виконання робіт.

Аерозольний склад робочого середовища: критичне підвищення концентрації твердих часток (запиленість) та наявність токсичних або вибухонебезпечних домішок (загазованість) у повітрі виробничих приміщень, що перевищують гранично допустимі нормативи.

Комплекс технологічних операцій на об'єктах ГРС, що передбачає проведення демонтажу, вузлового розбирання або капітального ремонту технічних систем та комунікацій, ідентифікується як роботи з підвищеним рівнем ризику. Дана категорія робіт класифікується як газонебезпечна, оскільки під час їх реалізації зберігається висока імовірність дегерметизації обладнання та наступної емісії природного газу в робочу зону.

Наявність метану в атмосфері виробничого майданчика створює потенційну загрозу формування вибухонебезпечних газоповітряних сумішей, здатних призвести до детонації або ініціювання пожежі. З огляду на зазначені ризики, планування та безпосереднє виконання таких заходів має здійснюватися у суворій відповідності до методологічних положень та безпекових вимог чинних «Правил технічної експлуатації газорозподільних станцій». Дотримання цих нормативів є обов'язковим для гарантування цілісності об'єкта та збереження життя персоналу.

11.2 Забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці

Нормативна база регламентації будівельно-монтажних операцій

«Реалізація всього спектра будівельно-монтажних заходів на об'єктах газотранспортної інфраструктури має базуватися на неухильному дотриманні положень чинної нормативно-технічної документації та державних стандартів безпеки. Основними регуляторними актами, що детермінують порядок виконання робіт, є:

Дотримання загальних стандартів галузі: вимоги НПАОП 45.2-7.02-80, що регламентують засади техніки безпеки в капітальному будівництві (згідно з методологією СНіП III-4-80).

Спеціалізована безпека на магістралях: дотримання галузевих стандартів НПАОП 60.3-1.35-03, які встановлюють суворі критерії промислової безпеки в процесі зведення та модернізації лінійної частини магістральних трубопроводів.

Загальнодержавний контроль газових систем: виконання положень НПАОП 0.00-1.20-98, що виступають фундаментальним базисом для забезпечення безаварійного функціонування та безпечної експлуатації систем газопостачання на території України.

Комплексна інтеграція цих нормативних вимог у виробничий процес дозволяє мінімізувати ризики виробничого травматизму та гарантувати технічну надійність змонтованих комунікацій ГРС.»

11.3 Пожежна безпека

Забезпечення пожежної безпеки на об'єктах ГРС

З огляду на фізико-хімічні властивості транспортованого природного газу, газорозподільні станції (ГРС) класифікуються як об'єкти з високим ступенем пожежо- та вибухонебезпеки. Забезпечення належного рівня протипожежного захисту в процесі експлуатації станцій базується на

неухильному дотриманні положень Кодексу цивільного захисту України, галузевих стандартів та суворого протипожежного режиму, встановленого безпосередньо на об'єкті.

Нормативно-правовим фундаментом пожежної безпеки на ГРС є:

ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» (прийшов на заміну застарілому ДБН В.1.1-7-2002): визначає основні критерії вогнестійкості конструкцій та вимоги до евакуаційних шляхів у промислових будівлях.

НАПБ 01.035-97 «Правила пожежної безпеки в газовій промисловості України»: встановлює специфічні вимоги до експлуатації технологічного обладнання ГТС в умовах підвищеної вибухонебезпеки.

НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» (з урахуванням змін 2026 року): виступає базовим документом, що регламентує загальні засади запобігання пожежам та організацію реагування на надзвичайні ситуації на підприємствах усіх форм власності.

Інтеграція зазначених нормативів у систему управління безпекою ГРС дозволяє мінімізувати ризики виникнення пожеж, гарантувати захист персоналу та збереження матеріальних активів газотранспортного підприємства.

11.4 Охорона навколишнього середовища в період реконструкції і будівництва об'єктів газопостачання

Екологічний менеджмент та превентивні заходи під час розширення інфраструктури газопостачання

«Реалізація заходів щодо охорони довкілля на етапах реконструкції та капітального будівництва об'єктів газотранспортної мережі покладає на підрядну організацію комплексне зобов'язання щодо дотримання принципів сталого природокористування. Крім безумовного виконання проєктних рішень, спрямованих на захист ґрунтового покриву, акваторій, а також біорізноманіття

(флори та фауни), будівельне підприємство має впроваджувати систему активних екологічних заходів.

Дана стратегія орієнтована на:

Мінімізацію антропогенного впливу: обмеження зони виконання робіт суворо відведеними межами для недопущення деградації прилеглих екосистем.

Раціональне поводження з ресурсами: впровадження технологій, що дозволяють знизити рівень техногенного навантаження на природне середовище під час проведення будівельно-монтажних операцій.

Рекультиваційну підготовку: проведення робіт у такий спосіб, щоб забезпечити подальше відновлення родючого шару ґрунту та біологічного балансу території.

Таким чином, екологічна політика в період будівництва ГРС полягає не лише у формальному дотриманні норм, а й у превентивному управлінні ризиками для забезпечення мінімального кумулятивного збитку навколишньому середовищу.»

11.5 Аналіз макрокліматичних умов у робочих приміщеннях проектувальників і користувачів ПЕОМ.

Ключовим пріоритетом даного етапу розробки є формування ергономічних та безпечних умов функціонування робочих місць фахівців-проектувальників та осіб, що здійснюють тривалу експлуатацію персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ). Для досягнення цієї мети було проведено всебічний аудит робочого простору із застосуванням методології системного підходу.

У межах дослідження виокремлено та проаналізовано інтегровану структуру «людина – обчислювальна машина – виробниче середовище», що дозволило:

Ідентифікувати потенційні загрози: виявити спектр шкідливих та небезпечних чинників (фізичного, психофізіологічного та мікрокліматичного

характеру), що генеруються апаратними засобами або зумовлені специфікою приміщень.

Оцінити параметри середовища: провести аналіз макрокліматичного фону, включаючи температурний режим, вологість та інтенсивність повітрообміну.

Обґрунтувати превентивні заходи: спроектувати комплекс рішень у сфері технічної безпеки та промислової санітарії, спрямованих на нейтралізацію виявлених деструктивних впливів та підтримку стабільної працездатності персоналу.

Така системна оцінка дозволяє створити нормативний базис для забезпечення санітарно-гігієнічного благополуччя на робочих місцях у процесі автоматизації обліку ВТВ.»

Архітектурно-планувальне рішення аналізованого приміщення передбачає використання односторонньої системи природного інсолювання. Ефективність природної освітленості в довільній точці робочого простору визначається за допомогою коефіцієнта природної освітленості (КПО). Забезпечення нормативного рівня природної інсоляції безпосередньо залежить від геометричних параметрів приміщення, зокрема від коректного співвідношення сумарної площі світлопрозорих конструкцій (віконних прорізів) до корисної площі підлоги.

Згідно з чинними санітарно-гігієнічними нормами, мінімальне значення КПО для даного типу приміщень має становити не менше 2%. Однак, за результатами проведених інструментальних вимірювань, фактичний показник КПО складає лише 1,3%, що свідчить про дефіцит природного світла та невідповідність нормативним вимогам.

Фундаментальною метою світлотехнічного розрахунку є приведення параметрів освітленості до регламентованих значень для нівелювання деструктивних чинників, що впливають на психофізіологічний стан персоналу.

Недостатня інсоляція робочого місця є критичним фактором ризику, що призводить до:

Розвитку та прогресування професійної **міопії** (короткозорості);

Виникнення астенопічних явищ (швидка втомлюваність органів зору);

Зниження концентрації уваги, появи симптомів астенії та загального погіршення самопочуття працівників.

Для проведення світлотехнічного аудиту робочого приміщення було визначено фактичні геометричні та конструктивні параметри системи природного освітлення. Об'єкт оснащений двома віконними прорізами, лінійні розміри яких становлять 1,6 м × 2,2 м. Відповідно до архітектурних особливостей, висота від площини робочої поверхні до верхньої межі віконного прорізу (h_1) складає 2,2 м, при цьому нормативна висота самої робочої поверхні (h_p) зафіксована на рівні 0,8 м. Конструкція світлопрозорих елементів представлена подвійним заскленням у дерев'яних рамах із використанням стандартного листового скла.

Алгоритм перевірконого розрахунку природної інсоляції передбачає виконання таких етапів:

Обчислення фактичної площі засклення: Визначення сумарної площі наявних віконних прорізів. На основі наданих даних поточна площа складає 7,04 м².

Розрахунок необхідної площі світлових прорізів, яка здатна забезпечити нормативне значення КПО (згідно з попереднім аналізом — не менше 2%).

Порівняння теоретично розрахованої (необхідної) площі з фактично існуючою для виявлення дефіциту світлового потоку та обґрунтування заходів щодо штучного доосвітлення приміщення.

Отримані результати стануть підґрунтям для розробки комплексної системи комбінованого освітлення, що відповідатиме санітарним нормам проектування робочих місць інженерно-технічного персоналу.

Умови праці вважаються нормальними, якщо

$$S_{\text{вікон}} \leq S_{\text{реал}}$$

де S вікон - розрахована площа вікон,

S реал - реальне значення площі.

Необхідна площа вікон визначається за формулою:

$$S_o = \frac{e_n \times K_3 \times \eta_o \times S_n}{\tau_o \times r_1 \times 100} \quad (11.1)$$

де S_o - площа світлових проїомів, яка забезпечує значення КПО за нормою;

e_n - нормоване значення КПО для 4-го поясу світлового клімату СНД,

K_3 - коефіцієнт запасу, приймаємо 1,2 (з урахуванням того, що вікна миються 2 рази на рік). Коефіцієнт запасу враховує концентрацію пилу в приміщенні і періодичність миття вікон.

η_o - світлова характеристика вікон,

S_n - площа підлоги приміщення ,

τ_o - загальний коефіцієнт світлопропускання скла, втрат світла в вікнах.

r_1 - коефіцієнт, врахування підвищення КЕО, за рахунок відображення.

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \times m \times C, \quad (11.2)$$

де e_n^{IV} - значення КЕО за нормою для споруд в 4-му поясі світлового клімату (Україна знаходиться в 4-му поясі світлового клімату, окрім Кримського півострова), а e_n^{III} - для 3-го поясу світлового (довідкова величина),

m – коефіцієнт светового клімату (довідкова величина),

C – коефіцієнт сонячного клімату (довідкова величина).

$$e_n^{IV} = e_n^{III} \times m \times C = 2 * 0,9 * 0,75 = 1,35 \quad (11.3)$$

Значення світлової характеристики вікон η_o визначається співвідношенням $L/B=7/7=1$ і $B/h_1 = 7/2,2 = 3,1$ у довіднику $\eta_o=18$. Площа підлоги $S_n = 49 \text{ м}^2$.

Для визначається загального коефіцієнту світлопропускання τ_o необхідно визначити 5 коефіцієнтів:

τ_1 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в світлопропускаючому матеріалі, дорівнює 0,8, якщо скло подвійне листове (довідник),

τ_2 - коефіцієнт, що враховує втрати в перетинах вікон, дорівнює 0,7, якщо вікна розділено дерев'яними (довідник),

τ_3 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в несучих конструкціях, при боковому освітленні дорівнює 1 (довідник),

τ_4 - коефіцієнт, що враховує втрати в сонцезахисних дорівнює 1, при регульованих жалюзях і шторах (довідник),

τ_5 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в захисній сітці, дорівнює 1 (довідник).

$$\text{Тоді } \tau_o = \tau_1 * \tau_2 * \tau_3 * \tau_4 * \tau_5 = 0,8 * 0,7 * 1 * 1 * 1 = 0,56. \quad (11.4)$$

Середній коефіцієнт відображення приміщення:

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_{стен} \times S_{стен} + \rho_{пол} \times S_{пол} + \rho_{потол} \times S_{потл.}}{S_{стен} + S_{пол} + S_{потл.}}, \quad (11.5)$$

)

де $\rho_{стен}$, $\rho_{пол}$, $\rho_{потол}$ - відповідні коефіцієнти відображення,

$S_{стен}$, $S_{пол}$, $S_{потл.}$ - відповідні площі поверхні.

$\rho_{стен} = 0,4$, стіни оклієні світлими шпалерами (довідник),

$\rho_{пол} = 0,3$ (довідник),

$\rho_{потол} = 0,7$, стеля біла (довідник)

$$\rho_{cp} = \frac{\rho_{стен} \times S_{стен} + \rho_{пол} \times S_{пол} + \rho_{потол} \times S_{потл.}}{S_{стен} + S_{пол} + S_{потл.}} = \frac{0,4 * 514,5 + 0,3 * 49 + 0,7 * 49}{514,5 + 49 + 49} = 0,46 \quad (5.5)$$

Розраховавши параметри, які характеризують приміщення $L/B=7/7=1$, $B/h_1 = 7/2,2 = 3,1$, $1/B= 6/7=0,86$, з довідника визначимо коефіцієнт r_1 (врахування підвищення КПО за рахунок відображення .

$$S_o = \frac{e_n \times K_3 \times \eta_o \times S_n}{\tau_o \times r_1 \times 100} = \frac{1,35 * 1,2 * 18 * 49}{0,56 * 2,45 * 100} = 10,41 M^2$$

$$S_{\text{вікон}} = 10,41 \text{ м}^2 \leq S_{\text{реал}} = 7 \text{ м}^2$$

На підставі проведеного аналізу та порівняння отриманих розрахункових значень із чинними регламентами, можна констатувати наступне: з метою забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних показників та формування безпечного й ергономічного робочого середовища для інженерно-технічного персоналу, доцільно збільшити сумарну площу світлопрозорих конструкцій у 1,5 раза.

З огляду на архітектурні обмеження будівлі, що можуть унеможливити фізичне розширення віконних прорізів, компенсація дефіциту природної інсоляції має здійснюватися шляхом впровадження системи суміщеного освітлення. У такому випадку недостатня інтенсивність природного світлового потоку повинна бути нівельована встановленням додаткового штучного освітлення з рівнем горизонтальної освітленості на робочих поверхнях не менше 400 лк. Таке рішення дозволить підтримувати стабільну візуальну працездатність користувачів ПЕОМ, знизити втомлюваність органів зору та забезпечити відповідність робочого місця стандартам промислової санітарії.

ВИСНОВКИ

У межах реалізації даного бакалаврського проєкту було здійснено комплексне дослідження, що охоплює аналіз діючої технологічної структури газорозподільних станцій (ГРС) та порівняльну характеристику сучасного парку спеціалізованого устаткування. Особливу увагу приділено методологічним аспектам функціонування автоматизованих комплексів, що забезпечують моніторинг і формування звітності щодо споживання енергоресурсів на власні потреби (ВП) підприємства.

Проєктна частина роботи містить деталізоване обґрунтування технічної архітектури, а також логічне та фізичне моделювання програмного продукту «Розрахунок виробничо-технологічних витрат природного газу при експлуатації ГРС та технічному обслуговуванні ЛЧМГ». Розроблене програмне рішення спрямоване на досягнення таких стратегічних результатів:

Цифровізація та оптимізація обліку: впровадження алгоритмів автоматизованого визначення виробничо-технологічних витрат (ВТВ) з урахуванням динаміки реальних експлуатаційних параметрів та поточного рівня зносу технологічного обладнання.

Економічна ефективність: створення передумов для перегляду та зниження чинних галузевих нормативів споживання газу завдяки впровадженню методів прецизійного розрахунку.

Інформаційна оперативність: забезпечення можливості миттєвої генерації верифікованої звітності про стан ПТЗ у межах лінійного виробничого управління за довільні часові інтервали.

Додатково в роботі розроблено заходи з охорони праці та промислової безпеки, що регламентують умови безаварійної експлуатації об'єктів ГРС. Сукупність отриманих результатів та розроблених технічних рішень свідчить про повне виконання завдань, передбачених програмою підготовки бакалавра.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Білецький В. С., Орловський В. М., Фик М. І. Технологія підвищення нафтогазоконденсатовилучення із пластів : навч. посіб. Харків ; Львів : НТУ «ХП» ; «Новий Світ-2000», 2025. 188 с.
2. Видобування нафти в ускладнених умовах / Бойко В.С., Бойко Р.В., Грибовський Р.В. та ін.; за ред. проф. Бойка В.С. – Івано-Франківськ: Нова зоря, 2013. – 771 с.
3. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Вид. офіц. Київ, 2014.
4. ДСТУ ISO 14001:2015. Системи екологічного управління. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2015, IDT). [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016.
5. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України від 30.12.2014 р. № 1417. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0252-15> (дата звернення: 11.06.2026).
6. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) та Переліку робіт з підвищеною небезпекою : наказ Держнаглядохоронпраці України від 26.01.2005 р. № 15. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0231-05> (дата звернення: 11.06.2026).
7. Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12> (дата звернення: 10.06.2026).
8. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19> (дата звернення: 10.06.2026).
9. Світлицький В. М., Демченко П. Н., Зарицький Б. В. Проблеми підвищення продуктивності свердловин. Київ : Вид. Паливода А. В., 2002. 228 с.