

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук
(повна назва)

Кафедра Інформаційних управляючих систем
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Розробка модуля «Моніторинг працездатності вентиляційних агрегатів»
інформаційної системи шахти з видобування металеві руди
(тема)

Виконав:

здобувач 4 року навчання,
групи ІТУ-21-2

Яна ТРАВНІКОВА

(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології
управління
(повна назва освітньої програми)

Керівник: доц. Віктор БОРИСЕНКО
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ІУС



(підпис)

Костянтин ПЕТРОВ

(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Комп'ютерних наук

Кафедра Інформаційних управляючих систем

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 122 Комп'ютерні науки
(код і повна назва)

Тип програми освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Інформаційні технології управління
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри



(підпис)

“ 19 ” травня 2025 р.

ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Травникової Яні Євгеніївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка модуля «Моніторинг працездатності вентиляційних агрегатів» інформаційної системи шахти з видобування металургійної руди

затверджена наказом по університету від “ 19 ” травня 2025 р. № 370Ст

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії “ 18 ” червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи результати передпроектного обстеження об'єкту автоматизації, публікації та інтернет-джерела з досліджуваної проблеми, матеріали переддипломної практики

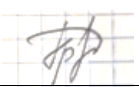
4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі опис та аналіз структурних і функціональних особливостей предметної області та основних забезпечуючих систем; огляд та аналіз сучасного стану розглянутої проблеми, а також існуючих методів і засобів вирішення завдань кваліфікаційної роботи; формулювання завдання розробки; опис архітектури об'єкта розробки на рівні функцій; розробка та обґрунтування елементів інформаційної, програмної забезпечуючої системи; синтез та обґрунтування засобів захисту інформації від несанкціонованого доступу.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Опис об'єкта автоматизації та його структурних і функціональних особливостей	19.05.2025 - 23.05.2025	Виконано
2	Опис вимог до розроблюваного модуля	24.05.2025 - 25.05.2025	Виконано
3	Опис мети реалізації та критеріїв ефективності	27.05.2025 - 30.05.2025	Виконано
4	Опис та графічне представлення архітектури об'єкта автоматизації на рівні функцій	01.06.2025 - 03.06.2025	Виконано
5	Опис бази даних як елемента модуля	05.06.2025 – 06.06.2025	Виконано
6	Розробка рішень з програмної забезпечуючої системи	08.06.2025 – 10.06.2025	Виконано
7	Розробка прототипів інтерфейсу користувача	12.06.2025 – 14.06.2025	Виконано
8	Синтез та обґрунтування засобів захисту інформації від несанкціонованого доступу	14.06.2025 – 15.06.2025	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	15.06.2025 – 16.06.2025	Виконано
10	Захист кваліфікаційної роботи	19.06.2025	

Дата видачі завдання 19 травня 2025 р.

Здобувач



(підпис)

Керівник роботи



(підпис)

доц. Віктор БОРИСЕНКО

(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 76 с., 17 рис., 2 табл., 1 дод., 12 джерел.

АЛГОРИТМ, БАЗА ДАНИХ, ВЕНТИЛЯЦІЙНИЙ АГРЕГАТ, ВИДОБУТОК, ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА, МОДУЛЬ, МОНІТОРИНГ, ПРАЦЕЗДАТНОСТЬ, ШАХТА, МЕТАЛУРГІЙНА РУДА.

Об'єктом автоматизації кваліфікаційній роботі є шахта з видобутку металургійної руди.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка модуля моніторингу працездатності вентиляційного агрегату у складі інформаційної системи "Шахта з видобутку металургійної руди", що забезпечує точне та своєчасне зчитування технічних параметрів, виявлення аварійних станів та формування звітів про функціонування вентиляційного обладнання.

Як методи дослідження використовувалися методи системного аналізу та функціонального моделювання.

В рамках кваліфікаційної роботи було виконано наступне: проведено опис та аналіз технічної інфраструктури вентиляційного обладнання шахти та особливостей її експлуатації, досліджено поточний стан проблеми технічного моніторингу та проаналізовано існуючі рішення, сформульовано функціональні вимоги до модуля, розроблено його архітектуру на функціональному рівні, створено проектні рішення щодо інформаційного, програмного, математичного та технічного забезпечення.

Результати, отримані в кваліфікаційній роботі, можуть бути впроваджені на гірничодобувних підприємствах з метою підвищення ефективності моніторингу технічного стану вентиляційного обладнання, зниження ризику аварій та підвищення безпеки праці в підземних умовах.

ABSTRACT

Master's thesis: 76 pages, 17 figures, 2 tables, 1 appendices, 12 sources.

ALGORITHM, DATABASE, VENTILATION UNIT, VIDOBUK, INFORMATION SYSTEM, MODULE, MONITORING, EFFECTIVENESS, MINE, METALLURGIC ORE.

The object of automation in the qualification work is a metallurgical ore mining mine.

The purpose of the qualification work is to develop a module for monitoring the operability of the ventilation unit as part of the information system "Metallurgical ore mining mine", which provides accurate and timely reading of technical parameters, detection of emergency conditions and generation of reports on the functioning of ventilation equipment.

As research methods, the methods of system analysis and functional modeling were used.

The following was performed within the framework of the qualification work: a description and analysis of the technical infrastructure of the mine ventilation equipment and the features of its operation were carried out, the current state of the problem of technical monitoring was investigated and existing solutions were analyzed, functional requirements for the module were formulated, its architecture was developed at the functional level, design solutions were created for information, software, mathematical and technical support.

The results obtained in the qualification work can be implemented at mining enterprises in order to increase the efficiency of monitoring the technical condition of ventilation equipment, reduce the risk of accidents, and improve occupational safety in underground conditions.

ЗМІСТ

	С.
Скорочення та умовні позначки	9
Вступ.....	10
1 Змістовний опис та аналіз структурних і функціональних областей предметної області та основних забезпечуючих систем.....	11
1.1 Опис особливостей предметної області.....	11
1.2 Опис організаційної структури об'єкта автоматизації	12
1.3 Аналіз функціональних особливостей об'єкта автоматизації.....	14
1.3.1 Характеристика об'єкта і результатів його функціонування	14
1.3.2 Опис існуючої ІС	16
1.3.3 Опис недоліків існуючої ІС	16
1.3.4 Обґрунтування необхідності удосконалювання ІС об'єкта	16
1.3.5 Функції і задачі автоматизованої системи, що створюється	17
1.4 Висновки і пропозиції.....	18
2 Огляд та аналіз сучасного стану розглянутої проблеми, а також існуючих методів і засобів вирішення завдань кваліфікаційної роботи	20
3 Формулювання завдання розробки	22
3.1 Опис вимог до об'єкта розробки.....	22
3.1.1 Вимоги до функції «Введення даних про стан вимірювальних приладів агрегатів».....	23
3.1.2 Вимоги до функції «Введення показників поточного стану вентиляційного агрегату»	23
3.1.3 Вимоги до функції «Аналіз стану вентиляційного агрегату»	24
3.1.4 Вимоги до функції «Формування звіту про поточний стан агрегату»	25

3.1.5 Вимоги до функції «Формування звіту про історію роботи агрегату»	26
3.1.6 Вимоги до функції «Формування журналу подій, що пов'язані з агрегатом»	26
3.2 Обґрунтування мети і критеріїв ефективності об'єкта розробки.....	27
4 Опис архітектури об'єкта розробки на рівні функцій.....	29
5 Розробка та обґрунтування елементів інформаційної забезпечуючої системи	38
5.1 Опис методу організації даних і обґрунтування типу обраної СУБД	38
5.2 Графічне представлення та опис схеми бази даних як елемента інформаційної забезпечуючої системи	39
5.3 Опис JSON-файлу, необхідного для збереження інформації про температуру та вологість у місцях зберігання	46
6 Розробка та обґрунтування елементів програмної забезпечуючої системи	48
6.1 Структура програмної забезпечуючої системи.....	48
6.2 Опис екранних форм, що реалізують інтерфейс користувача.....	50
7 Синтез та обґрунтування засобів захисту інформації від несанкціонованого доступу	57
7.1 Захист доступу до системи.....	57
7.2 Захист інформації під час передачі	58
7.3 Захист від веб-загроз.....	58
7.4 Захист бази даних	58
7.5 Журналування дій та контроль змін.....	59
7.6 Інфраструктурна безпека.....	59
Висновки.....	60
Перелік джерел посилання	62

Додаток А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	64
--	----

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

БД – база даних

ВА - вентиляційний агрегат

ВБ – вентиляційний блок

ІС – інформаційна система

ПБ – прізвище, ім'я, по батькові

СУБД – система управління базами даних

IDEF0 – Icam DEFinition for Function Modeling

DFD (Data Flow Diagrams) – діаграми потоків даних

JSON – JavaScript Object Notation

JS – JavaScript

ВСТУП

Актуальність вирішення кваліфікаційного завдання зумовлена необхідністю автоматизованого контролю технічного стану вентиляційних установок у шахтах для видобутку металургійної руди. Вентиляція є критично важливою системою для забезпечення безпеки праці в шахтних умовах, оскільки вона забезпечує подачу свіжого повітря, видалення шкідливих газів та контроль температурно-вологісного режиму.

Сьогодні моніторинг стану вентиляційного обладнання на багатьох підприємствах здійснюється вручну та за допомогою застарілих технологій. Це створює низку проблем: затримки реагування на надзвичайні ситуації, неточність даних, високий ризик людської помилки та труднощі з аналітикою та плануванням технічного обслуговування.

Водночас на міжнародному рівні спостерігається зростання попиту на впровадження інтелектуальних систем моніторингу промислового обладнання. Це пов'язано з розвитком цифрових систем технічного моніторингу, автоматизованих систем збору даних та сучасних інформаційно-управлінських технологій. Впровадження таких рішень у гірничодобувній промисловості дозволяє значно підвищити безпеку, знизити витрати на обслуговування обладнання та запобігти простоям виробництва.

Метою цієї роботи є розробка модуля «Моніторинг продуктивності вентиляційних установок» як частини інформаційної системи шахти з видобутку металургійної руди. Модуль забезпечить збір та обробку показників (температури, тиску, вібрації), реєстрацію відхилень, формування звітів, візуалізацію даних та підтримку прийняття рішень на основі технічного стану обладнання. Це сприятиме підвищенню ефективності управління технічними ресурсами шахти та загальної безпеки виробничого процесу.

1 ЗМІСТОВНИЙ ОПИС ТА АНАЛІЗ СТРУКТУРНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ОБЛАСТЕЙ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ОСНОВНИХ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧИХ СИСТЕМ

1.1 Опис особливостей предметної області

Вентиляторний агрегат є складовою частиною установки кондиціонування повітря, призначеної для переміщення повітря через систему та його транспортування по повітроводах системи кондиціонування. У підземних умовах шахтарям необхідне свіже повітря, яке забезпечується роботою вентилятора. Для забезпечення стабільної роботи агрегату необхідно постійно контролювати його стан та основні технічні показники.

Вентиляторна установка складається з двох вентиляторів — робочого та допоміжного. Допоміжний вентилятор призначений для резервного використання у випадку виходу з ладу основного. За безперервною роботою вентилятора слідкують чергові штатні співробітники, які здійснюють контроль показників і забезпечують коректне функціонування установки.

Усі показники зберігаються протягом трьох років для аналізу тривалості роботи вентиляторної установки. На основі цих даних планується технічне обслуговування, зокрема заміна масла, підшипників та інших компонентів. У разі відхилення будь-якого з параметрів від норми оперативний працівник вживає заходів для усунення проблеми. Якщо ситуацію неможливо вирішити самостійно, викликається спеціалізована група, і в роботу вводиться резервний вентилятор. Це критично важливо, оскільки кількість свіжого повітря під землею безпосередньо впливає на життя та здоров'я працівників.

До основних контрольованих параметрів належать об'єм поданого в шахту повітря, температура підшипників, тиск масла, споживаний струм двигунів та швидкість обертання вентилятора. В установці також розміщена маслостанція, яка забезпечує змащення та охолодження підшипників

вентилятора. Отримані показники дозволяють оперативному персоналу оцінювати стан обладнання, зокрема аналізувати роботу вентилятора, тахогенератора, термометра, манометра та визначати рівень споживання електроенергії.

1.2 Опис організаційної структури об'єкта автоматизації

Фрагмент схеми організаційної структури «Шахта з видобутку металургійної руди» приведено на рисунку 1.1.

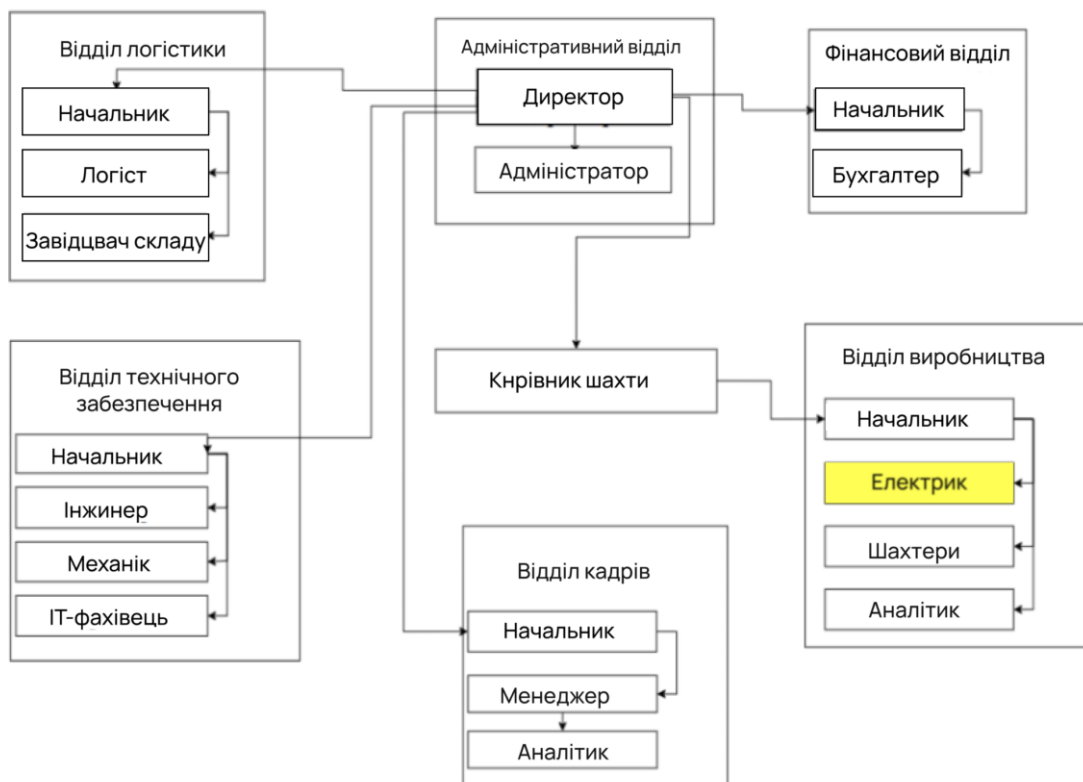


Рисунок 1.1 – Схема організаційної структури

Організаційна структура підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг»

визначає взаємозв'язок між підрозділами та забезпечує ефективне управління усіма напрямками його діяльності. Одним із ключових об'єктів є шахта, управління якою здійснюється відповідно до внутрішньої ієрархії, що забезпечує координацію та контроль виробничих, адміністративних і технічних процесів.

Загальне керівництво шахтою здійснює керівник, якому підпорядковуються начальники відділів, а також адміністратор. Керівник шахти відповідає за реалізацію виробничих завдань, дотримання нормативів, організацію праці, а також контроль за ефективністю функціонування усіх структурних підрозділів. Адміністратор виконує функції заступника з організаційних питань, координуючи внутрішню взаємодію служб і вирішуючи адміністративні завдання.

Відділ кадрів відіграє важливу роль у забезпеченні шахти персоналом. Начальник відділу розробляє та реалізує кадрову політику, забезпечує якісний підбір працівників, їх навчання та адаптацію. Менеджер з персоналу веде адміністративний облік – контролює таблиці обліку робочого часу, відпусток, заробітної плати. Окрему функцію виконує аналітик, який прогнозує потреби в персоналі, аналізує ефективність роботи персоналу та готує відповідні звіти.

Фінансовий відділ відповідає за планування та управління фінансовими потоками підприємства. Начальник відділу координує роботу фінансових служб, приймає рішення щодо бюджету та витрат. Бухгалтер веде фінансовий облік, готує звіти, контролює виконання фінансових зобов'язань та готує звіти про господарську діяльність шахти.

Відділ технічної підтримки займається підтримкою технічного стану обладнання. Начальник відділу керує діяльністю інженерів, механіків та ІТ-фахівців. Електрик відповідає за моніторинг вентиляційного агрегату та обслуговування. Механік виконує ремонтні роботи та проводить профілактичне обслуговування. ІТ-фахівець забезпечує функціонування комп'ютерних систем та технічну підтримку інформаційних ресурсів шахти.

До складу структури також входить відділ логістики, який організовує постачання матеріалів та ресурсів. Керівник відділу логістики займається стратегічним плануванням поставок та транспортних потоків. Логіст готує документацію, розміщує замовлення на товари та послуги. Завідувач складу відповідає за зберігання матеріальних цінностей, облік та контроль руху запасів.

До складу керівництва шахти входить група відповідальних посадових осіб, які визначають стратегічний напрямок розвитку, контролюють виконання планів та забезпечують відповідність діяльності підприємства вимогам промислової безпеки та ефективності.

Виробничий відділ є основною ланкою, що безпосередньо забезпечує видобуток сировини. Керівник виробництва організовує роботу шахтарів, інженерів, операторів та аналітиків, контролює дотримання графіків виробництва. Шахтарі безпосередньо беруть участь у гірничих роботах. Інженер стежить за справністю електрообладнання, здійснює його налаштування та технічне обслуговування. Аналітик відповідає за лабораторний аналіз сировини, контроль якості, підготовку проб та дотримання стандартів.

Таким чином, організаційна структура шахти підприємства «Металургійний рудний гірничодобувний кар'єр» являє собою багаторівневу, функціонально збалансовану систему, яка охоплює всі ключові напрямки діяльності та забезпечує злагоджену роботу всіх підрозділів.

1.3 Аналіз функціональних особливостей об'єкта автоматизації

1.3.1 Характеристика об'єкта і результатів його функціонування

Тенденції розвитку шахти АрселорМіттал Кривий Ріг включають у

себе наступні аспекти:

- впровадження нових технологій: Шахта може вдосконалювати свої технологічні процеси та використовувати нові методи добування, обробки та переробки руди;

- екологічна стійкість: Шахта може зосереджуватися на зменшенні впливу своєї діяльності на навколишнє середовище;

- цифрова трансформація: Впровадження цифрових технологій і систем управління може поліпшити ефективність та продуктивність шахти;

- розвиток ресурсної бази: Шахта може шукати нові джерела сировини, розширювати свою географію діяльності або розвивати нові шахтні родовища;

- збільшення безпеки та підвищення якості: Шахта може приділяти більшу увагу безпеці праці та впровадженню заходів для забезпечення здоров'я та безпеки працівників.

Вимоги до обсягу, номенклатури станції включають в себе обсяг добування: Шахта може мати встановлену максимальну або оптимальну продуктивність, яка визначає обсяг руди або сировини, що повинна бути видобута протягом певного періоду часу. Обсяг добування може бути визначений в тонах, кубометрах або інших відповідних одиницях. Запаси ресурсів: Шахта може мати певні вимоги до обсягу запасів руди або сировини, які повинні бути забезпечені для забезпечення безперебійності виробництва. Це може включати резерви на різних рівнях, наприклад, години, дні, місяці або більш тривалі періоди часу.

Шахта АрселорМіттал Кривий Ріг взаємодіє з зовнішнім середовищем шляхом співпраці з місцевими органами влади, недержавними організаціями та громадськістю, лабораторіями, транспортними підприємствами.

1.3.2 Опис існуючої інформаційної системи

Зараз у шахті з видобутку металургійної руди відсутня автоматизована інформаційна система щодо формування обліку моніторингу вентиляційних агрегатів. Усі записи здійснюються вручну інженером у журнал.

1.3.3 Опис недоліків існуючої інформаційної системи

До недоліків інформаційної системи можна віднести те, що всі дані оброблюються вручну, тобто немає можливості автоматизованого обліку роботи вентиляційних агрегатів, а саме показників вентилятора, причин щодо їх поломки, які ремонтні роботи було проведено тощо.

Це все потрібно щоб у майбутньому була можливість швидко визначити: чи знаходяться показники роботи вентилятора межах норми та визначити чи потрібно проводити ремонт агрегату.

1.3.4 Обґрунтування необхідності удосконалювання ІС об'єкта

Удосконалення ІС дозволяє впроваджувати нові функції та можливості, що підвищують якість роботи. Наприклад, впровадження системи моніторингу може допомогти виявляти проблеми та недоліки у реальному часі, що дозволяє швидко реагувати та виправляти їх. Також удосконалення ІС може сприяти поліпшенню внутрішньої та зовнішньої взаємодії. Це може включати впровадження систем комунікації, спільної

роботи та обміну даними з партнерами, клієнтами та постачальниками.

Метою створення модуля моніторингу роботи вентиляційних агрегатів є покращення контролю та ефективності виконання вентиляційних процесів на шахті та зменшення часу на обробку даних.

Критерії створення автоматизованої системи повинні включати:

- 1) точність та надійність збору, зберігання та аналізу даних;
- 2) швидкість та легкість використання;
- 3) можливість використання системи декількома користувачами водночас;

Обмеження створення автоматизованої системи можуть включати:

- 1) наявність обмеженого часу на розробку та впровадження автоматизованої системи може впливати на обсяг робіт;
- 2) потреба у підготовці персоналу до використання нової системи;
- 3) можливість збоїв у роботі системи та необхідність проведення регулярного технічного обслуговування та оновлення системи;
- 4) наявність підходящих технічних ресурсів, таких як апаратне забезпечення, мережева інфраструктура, платформи та програмне забезпечення, можуть впливати на можливості реалізації автоматизованої системи.

1.3.5 Функції і задачі автоматизованої системи, що створюється

Автоматизована система для обліку роботи вентиляційних агрегатів має наступні функції і задачі:

- 1) обробка даних роботи вентилятора, включаючи інформацію про вимірюючі прилади та їх показники;
- 2) забезпечення збереження та безпеки даних;
- 3) забезпечення можливості генерації звітів про роботу вентилятора.

1.4 Висновки і пропозиції

Враховуючи особливості структури та роботи існуючої інформаційної системи, стає очевидним, що система потребує вдосконалення та автоматизації. Як було сказано вище, автоматизацію потрібно провести з метою збільшення швидкості доступу до інформації, формування необхідних обліків, зниження можливості виникнення помилок під час формування обліку роботи вентиляційного агрегату.

Концептуальна діаграма IDEF0 процесу моніторингу вентиляційного агрегату й зображена на рисунку 1.2:



Рисунок 1.2 – Концептуальна діаграма IDEF0 процесу моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів

На рисунку 1.3 наведено декомпозицію концептуальної діаграми процесу моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів.

Декомпозиція діаграми дозволяє більш детально описати його складові.

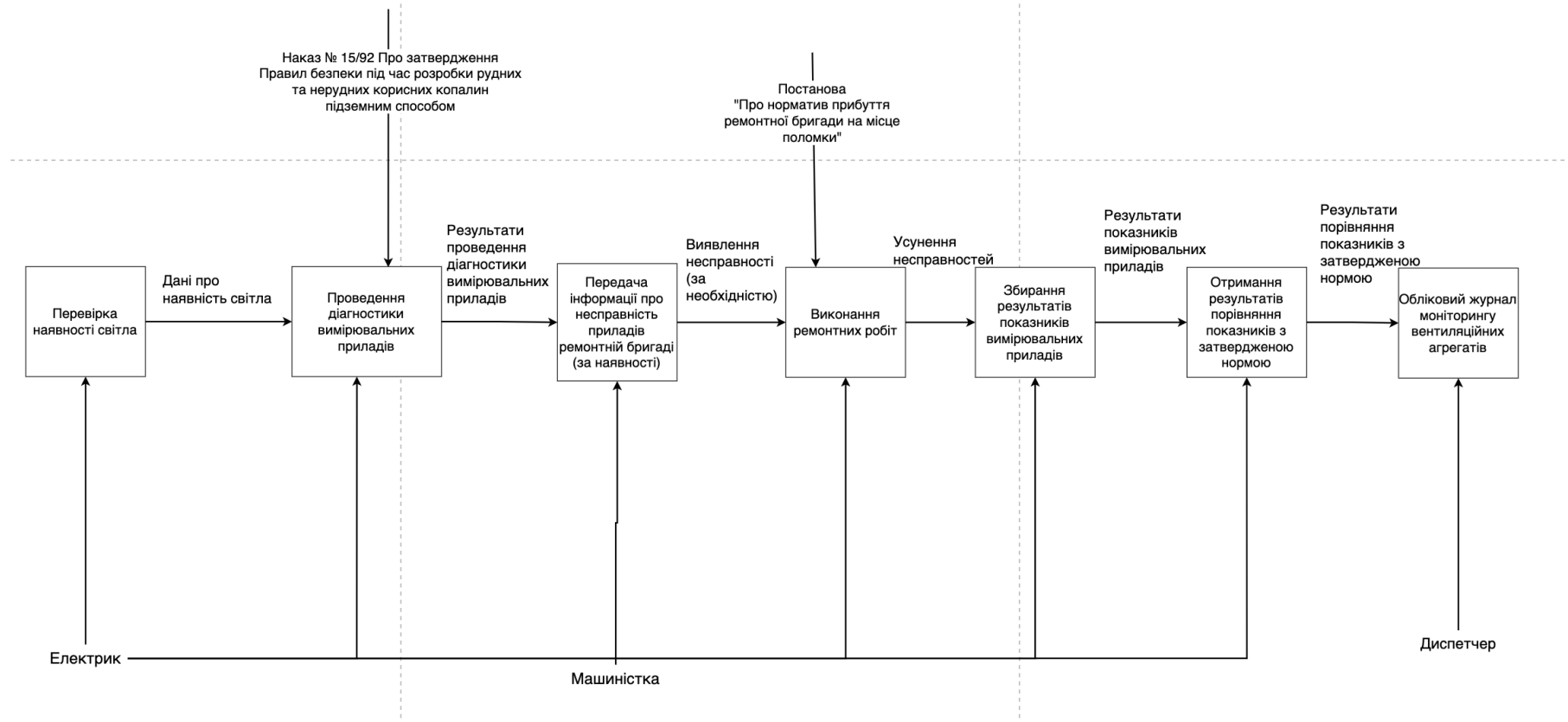


Рисунок 1.3 – Декомпозиція концептуальної діаграми IDEF0 процесу моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів

2 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ РОЗГЛЯНУТОЇ ПРОБЛЕМИ, А ТАКОЖ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Ефективне функціонування вентиляційних агрегатів у шахтах є критично важливим для забезпечення безпеки працівників та стабільності виробничого процесу. Несправності у роботі вентиляційного обладнання можуть призвести до накопичення шкідливих газів, перегріву, підвищення рівня пилу та вологості, що створює потенційно небезпечні ситуації для шахтарів та обладнання. Для розуміння того, як зробити процес моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів більш ефективним, швидким та надійним, необхідно проаналізувати існуючі підходи та системи, які застосовуються для вирішення цієї задачі [1].

Найбільш поширеним рішенням у галузі моніторингу вентиляційного обладнання є впровадження систем автоматизованого диспетчерського контролю та управління (SCADA). Ці системи забезпечують збір, обробку та відображення даних у режимі реального часу, що дозволяє оперативно реагувати на зміну стану вентиляційного агрегату. Основною перевагою SCADA-систем є їхня гнучкість та масштабованість, що дозволяє інтегрувати їх у різні технологічні процеси. Однак їхнім недоліком та навчання персоналу [2].

Ще одним популярним рішенням є використання програмно-апаратних комплексів (ПАК) від компаній, що спеціалізуються на автоматизації промислових об'єктів. Прикладом може слугувати система від компанії Siemens — SIMATIC PCS 7 [3]. Вона забезпечує повний контроль та моніторинг роботи вентиляційних систем, має модульну архітектуру та можливість інтеграції з іншими системами управління шахтами. Перевагами такої системи є висока надійність, підтримка промислових стандартів та широкий спектр функцій. Проте її вартість є

дуже високою, що ускладнює впровадження на шахтах з обмеженим бюджетом. Крім того, впровадження таких комплексів потребує спеціально підготовленого персоналу, що додатково збільшує витрати часу та ресурсів [4].

Також на ринку існують системи моніторингу, інтегровані у промислові Інтернет-рішення (ІоТ), наприклад, Honeywell Connected Plant або ABB Ability [5]. Вони передбачають використання мережевих датчиків, хмарних технологій та аналітики для віддаленого моніторингу обладнання. Перевагами таких рішень є мобільність, можливість віддаленого доступу та використання передових алгоритмів аналітики. Однак для шахт, розташованих у віддалених районах або таких, що не мають стабільного інтернет-з'єднання, це може стати значною проблемою через нестабільну роботу мережі та ризики кібербезпеки.

Через вищезгадані недоліки існуючих рішень виникає необхідність у розробці спеціалізованого модуля «Моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів» для інформаційної системи шахти з видобування металургійної руди. Такий модуль має враховувати специфіку роботи шахти, мати зрозумілий інтерфейс, забезпечувати високу надійність, захищеність даних та можливість інтеграції у вже існуючі інформаційні системи підприємства.

Таким чином, аналіз існуючих підходів до моніторингу вентиляційних агрегатів показує, що хоча на ринку представлені потужні SCADA-системи, ПАК та ІоТ-рішення, вони мають низку недоліків: високу вартість, складність інтеграції, потребу у спеціалізованому персоналі та нестабільність роботи у віддалених умовах. Це обґрунтовує розробку нового модуля, який враховує особливості шахти та відповідає вимогам до безпеки, надійності та ергономіки, визначеним у завданні до кваліфікаційної роботи, яке буде представлено у наступному розділі.

3 ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАННЯ РОЗРОБКИ

3.1 Опис вимог до об'єкта розробки

Для досягнення повної відповідності функціоналу модуля потребам користувачів необхідно чітко визначити всі необхідні вимоги, які можуть бути функціональними та нефункціональними.

Функціональні вимоги визначають необхідні функції, які повинен реалізовувати модуль, а також вимоги до його внутрішньої роботи та поведінки. Це означає, що визначається спосіб реагування модуля на вхідні та вихідні дані, процеси обробки інформації, способи виконання специфічних завдань модуля.

Модуль, що розробляється, повинен реалізувати такі функції:

- введення показників поточного стану вентиляційного агрегату;
- введення даних про стан вимірювальних приладів агрегатів;
- аналіз стану вентиляційного агрегату;
- формування звіту про поточний стан агрегату;
- формування звіту про історію роботи агрегату;
- формування журналу подій, що пов'язані з агрегатом.

Нефункціональні вимоги включають:

- швидкість реагування на аварійні ситуації (не більше 5 секунд);
- забезпечення цілісності та достовірності даних;
- захищеність даних від несанкціонованого доступу;
- зручність інтерфейсу для диспетчерів та технічного персоналу.

3.1.1 Вимоги до функції «Введення показників поточного стану вентиляційного агрегату»

Ця функція призначена для запису поточних робочих параметрів вентиляційного агрегату. Інженерно-технічний персонал повинен мати можливість вручну або автоматично вводити фактичні значення основних характеристик вентиляційного агрегату.

Функція повинна:

- забезпечувати зручний інтерфейс для введення поточних значень таких параметрів, як температура, тиск, рівень вібрації, швидкість обертання тощо;

- зберігати кожен запис у базі даних із зазначенням дати, часу, користувача та джерела вхідних даних;

Результатом роботи функції є наявність актуальної інформації про стан агрегату, що дозволяє своєчасно реагувати на відхилення від нормативних значень та підтримувати безперебійну роботу вентиляційної системи.

3.1.2 Вимоги до функції «Введення даних про стан вимірювальних приладів агрегатів»

Функція повинна бути доступна інженерно-технічному персоналу, який обслуговує вентиляційні агрегати шахти. Основним завданням цієї функції є забезпечення можливості введення даних про технічний стан і показання вимірювальних приладів, встановлених на вентиляційних установках.

Функція повинна:

- надавати зручну форму для введення даних про калібрування, характеристики та похибки вимірювальних приладів;
- дозволяти вказувати тип приладу, його модель, серійний номер, дату останньої повірки та результат повірки
- зберігати введену інформацію в базі даних для подальшого аналізу;
- формувати повідомлення про наближення дати повторної повірки приладу або про його несправність;
- надавати можливість перегляду історії обслуговування та повірки приладу.

Результатом роботи функції є надання актуальної інформації про технічний стан вимірювальних приладів, що є критично важливим для надійності моніторингу вентиляційних установок.

3.1.3 Вимоги до функції «Аналіз стану вентиляційного агрегату»

Ця функція призначена для автоматичної оцінки технічного стану вентиляційного блоку на основі даних, отриманих від датчиків або введених вручну. Її основна мета – своєчасне виявлення ознак зносу або несправності блоку.

Функція повинна:

- аналізувати поточні параметри блоку шляхом порівняння їх зі стандартними значеннями;
- формувати висновки про технічний стан: справний, наближення до граничного стану, критичний стан;
- надавати рекомендації щодо необхідності технічного обслуговування або зупинки блоку;
- відображати результати аналізу у зручній для сприйняття формі (графіки, табличні звіти, кольорові індикатори).

Результатом роботи функції є підвищення ефективності технічного обслуговування вентиляційних блоків шляхом своєчасного визначення можливих несправностей та забезпечення умов для прийняття обґрунтованих рішень.

3.1.4 Вимоги до функції «Формування звіту про поточний стан агрегату»

Функція забезпечує автоматичне або ручне створення звіту про поточний технічний стан вентиляційного блоку на основі даних, отриманих під час моніторингу та аналізу.

Функція повинна:

- забезпечувати збір всіх поточних даних про стан агрегату (дані про температуру, тиск, вібрацію, напругу тощо);
- формувати структурований звіт з основними параметрами та висновками щодо їх відповідності нормативним показникам;
- відображати звіт у зручному форматі (таблиці, схеми, графіки);
- забезпечувати можливість експорту звіту у форматах PDF, Excel або його друку;
- зберігати згенеровані звіти в архіві системи для подальшого перегляду.

Результатом роботи функції є надання інженерно-технічному персоналу повної та зрозумілої інформації про поточний стан агрегату для подальшого прийняття оперативних управлінських рішень.

3.1.5 Вимоги до функції «Формування звіту про історію роботи агрегату»

Ця функція призначена для створення детального звіту про динаміку змін технічного стану вентиляційного агрегату за вибраний період часу. Метою функції є надання повної історичної картини роботи агрегату для аналізу, виявлення тенденцій та планування технічного обслуговування.

Функція повинна:

- забезпечувати можливість вибору періоду (дати, часу) для формування історичного звіту;
- збирати архівні дані про робочі параметри агрегату (температуру, тиск, вібрацію тощо);
- відображати історичні значення у вигляді таблиць;
- визначати періоди, коли значення параметрів перевищували нормальні межі;
- експортувати звіт у формати PDF, Excel для друку;
- зберігати звіти в базі даних для подальшого використання або аналізу.

Результатом виконання функції є доступ до історії змін технічного стану агрегату, що полегшує планування профілактичного обслуговування та підвищує загальну надійність роботи вентиляційної системи.

3.1.6 Вимоги до функції «Формування журналу подій, що пов'язаних з агрегатом»

Ця функція реалізує реєстрацію всіх подій, що відбуваються під час роботи вентиляційної установки. Метою є забезпечення прозорого та

повного ведення журналу інформації для технічного аудиту, діагностики проблем та підтримання безпеки.

Функція повинна:

- містити такі атрибути для кожного запису: дату та час, тип події, короткий опис, відповідальну особу (за наявності);
- забезпечувати можливість фільтрації та пошуку записів за різними критеріями (дата, тип події, параметри);
- забезпечувати захист даних журналу від несанкціонованого редагування або видалення;
- зберігати журнал у базі даних з можливістю архівування.

Результатом роботи функції є створення надійної інформаційної бази подій, яка забезпечує відстеження стану вентиляційної установки, полегшує розслідування інцидентів та покращує контроль за її роботою.

3.2 Обґрунтування мети і критеріїв ефективності об'єкта розробки

Основною метою розробки та введення в експлуатацію модуля є підвищення безпеки та надійності роботи вентиляційних агрегатів шахти шляхом своєчасного виявлення відхилень у роботі вентиляційного обладнання, оперативного сповіщення персоналу та забезпечення якісного планування технічного обслуговування. Досягнення цієї мети сприятиме підвищенню ефективності роботи шахти, зниженню простоїв обладнання та мінімізації аварійних ситуацій.

Супутніми цілями розробки модуля моніторингу є також:

- скорочення часу реагування на аварійні ситуації;
- підвищення достовірності даних про стан вентиляційних агрегатів;
- зменшення кількості аварійних відключень агрегатів;
- зменшення навантаження на інженерно-технічний персонал за

рахунок автоматизації процесів контролю;

- поліпшення прозорості та обґрунтованості рішень щодо планування технічного обслуговування та ремонтів.

Для оцінки ефективності розробки модуля «Моніторинг стану вентиляційних агрегатів» пропонуються такі критерії:

- час реакції на аварійні ситуації (не більше 5 секунд);
- точність перевірки параметрів агрегатів (відхилення не більше 2%);
- кількість вчасно виявлених критичних відхилень (у порівнянні з попереднім ручним контролем);
- зменшення кількості аварійних простоїв обладнання;
- час, необхідний для підготовки звітності (скорочення не менше ніж у 2 рази).

На розробку модуля впливають такі обмеження:

- строки виконання робіт, оскільки впровадження необхідно здійснити до початку наступного виробничого циклу;
- бюджет, визначений замовником;
- кадровий ресурс, адже для роботи з модулем потрібні інженери з відповідною кваліфікацією.

4 ОПИС АРХІТЕКТУРИ ОБ'ЄКТА РОЗРОБКИ НА РІВНІ ФУНКЦІЙ

Перш ніж детально описувати архітектуру модуля моніторингу продуктивності вентиляційної установки на металургійній шахті, важливо спочатку показати його місце в загальній структурі інформаційної системи підприємства. Це дозволяє краще зрозуміти контекст, у якому працює цей модуль, а також його взаємозв'язки з іншими компонентами системи, зокрема тими, що відповідають за реєстрацію подій, формування звітності, технічне обслуговування та адміністрування системи.

На рисунках 4.1 зображено контекстну діаграму потоків даних (DFD) модуля моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів.

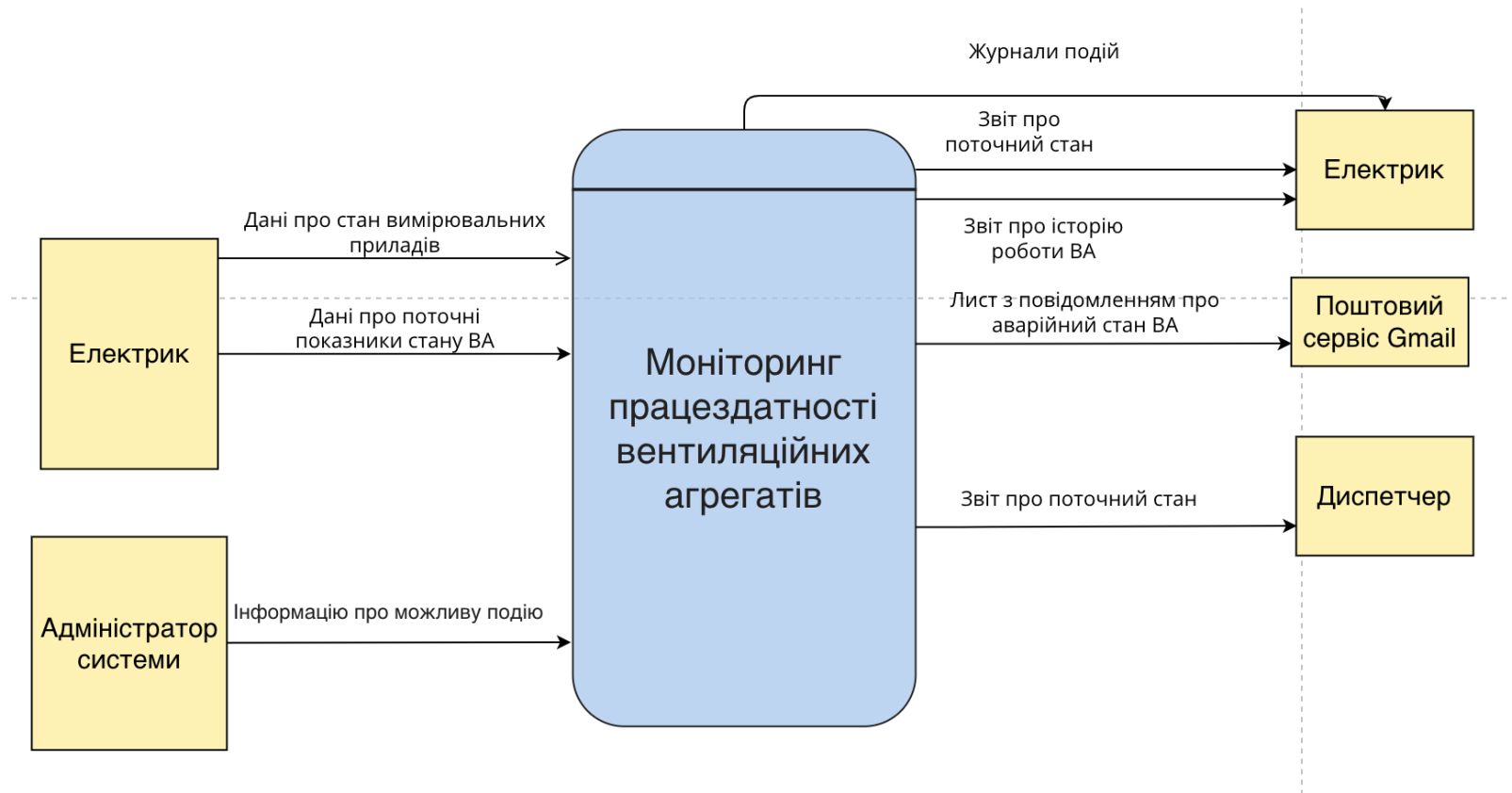


Рисунок 4.1 – Контексна DFD діаграма модуля моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів

Контекстна діаграма потоків даних (DFD) модуля моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів описує зовнішні зв'язки модуля як з користувачами (електрик, адміністратор системи, диспетчер), так і зі зовнішніми системами (поштовий сервіс Gmail).

Для детальної демонстрації складу модуля було створено схему декомпозиції першого рівня контекстної діаграми модуля (DFD), яка представлена на рисунку 4.2.

Важливим елементом модуля моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів є база даних, яка зберігає всі показники, журнали подій та результати обробки параметрів агрегатів.

Діаграма декомпозиції першого рівня потоків даних модуля моніторингу показників вентиляційного агрегату включає шість функцій та відображає взаємодію між різними учасниками та елементами інформаційної системи.

Учасниками процесів, що виконуються в модулі, є:

- електрик, який вводить дані про продуктивність вентиляторів, ініціює оновлення ключових даних, переглядає звіти та очищує застарілі дані;
- адміністратор системи, який вводить дані про список можливих подій;
- диспетчер, який створює запит на формування звіту про поточний стан ВА та використовує його для керування дозволами на безпечну роботу бригадами шахтарів під землею.

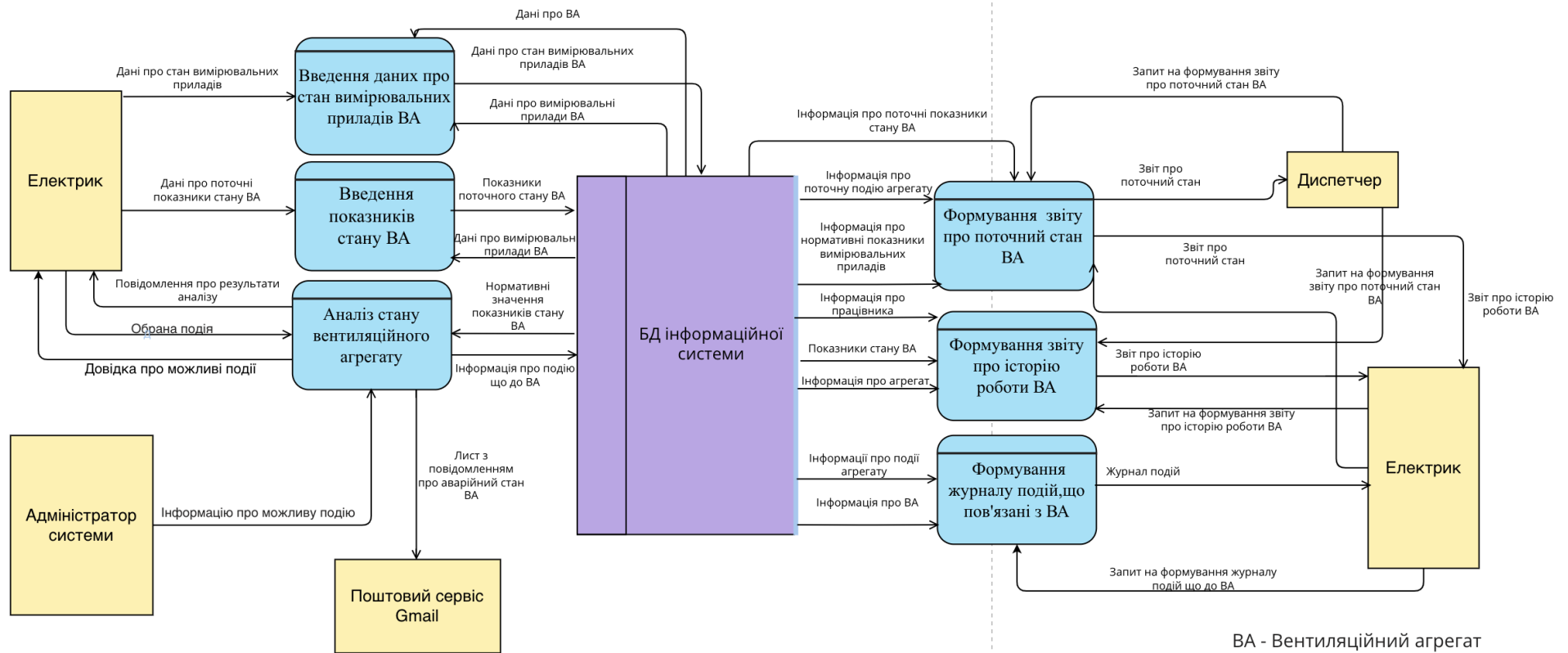


Рисунок 4.2 – Схема декомпозиції концептуальної DFD модуля першого рівня (детальна функціональна структура модуля моніторингу працездатності вентиляційних агрегатів)

Функції, включені до модулю, забезпечують такі додаткові технологічні можливості:

- надійний та коректний ввід даних про роботу вентиляторів, отриманих від електрика, включаючи параметри вимірювальних приладів, пов'язаних з вентиляційною установкою;
- оновлення ключових даних, що використовуються для подальшого аналізу стану ВА, в тому числі придатності пристроїв до експлуатації;
- очищення застарілих даних для забезпечення актуальності інформації та оптимального функціонування бази даних;
- збереження історії показників вимірювальних приладів для відстеження динаміки змін у роботі ВА;
- формування і виведення звітів про поточний стан приладів, які можуть бути використані іншими модулями системи.

Функція «Введення даних про стан вимірювальних приладів вентиляційного агрегата » дозволяє електрику вручну вводити або оновлювати значення параметрів стану вимірювальних приладів, які дозволяють оперативно контролювати працездатність вимірювальних приладів.

Функція забезпечує первинне введення і обробку інформації про технічний стан вимірювальних приладів, які контролюють параметри роботи вентиляційного агрегату (ВА). Основним користувачем даної функції є електрик, який фіксує фактичний стан приладів.

Функція «Введення показників стану вентиляційного агрегата » дозволяє електрику вручну вводити або оновлювати значення параметрів агрегату, таких як температура, тиск, вібрація. Всі значення надсилаються до бази даних у режимі реального часу або з невеликою затримкою. Дані, введені електриком, після обробки і перевірки передаються в базу даних інформаційної системи, де структуруються, зберігаються і стають доступними для формування звітів, а також для автоматичного аналізу технічного стану вентиляційної установки. Ця функція ведення показників

стану вентиляційного агрегату дозволяє електрику вводити поточні значення основних параметрів ВА необхідних для контролю його технічного стану.

Функція є ключовою для постійного моніторингу стану ВА, оскільки забезпечує надійне джерело даних для аналізу та формування звітної документації.

Функція «Аналіз стану вентиляційного агрегата» відповідає за автоматичну перевірку введених значень на відповідність встановленим нормативним порогам. Якщо поріг перевищено, генерується подія, яка берігається в базі даних, а також формується попереджувальне або тривожне повідомлення, яке формується як лист у поштовому сервісу Gmail.

Функція аналізу стану вентиляційного блоку обробляє та оцінює дані, отримані від вимірювальних приладів та працівників, з метою визначення технічного стану вентиляційного агрегату на поточний момент. На основі встановлених норм система автоматично порівнює фактичні показники з допустимими нормативними межами.

Основні завдання функції включають:

- автоматичний аналіз вхідних параметрів, таких як температура масла, вібрація, розрідження та інші, з метою виявлення відхилень від норм;
- визначення поточного технічного стану ВА (нормальний, передаварійний, аварійний) на основі набору вхідних даних;
- виведення повідомлення про результати аналізу електрику - у разі порушень користувач інформується про критичні відхилення;
- автоматичне формування подій, які записуються в журнал, що дозволяє відстежувати зміни технічного стану блоку;
- ініціювання повідомлення системному адміністратору, якщо результати аналізу виявляють ознаки потенційної аварійної ситуації - у цьому випадку формується лист для автоматичного відправлення через зовнішній поштовий сервіс.

Завдяки цій функції забезпечується своєчасне виявлення порушень у роботі ВА та реалізується перший рівень реагування на можливі технічні несправності.

Функція «Формування звіту про поточний стан ВА» дозволяє зафіксувати ситуацію щодо стану вентеляційного агрегату. Звіт містить час, параметри на момент події, попередні значення та стислий опис ситуації. Ця інформація зберігається в базі даних і може бути використана для аналізу ефективності технічного обслуговування ВА.

Ця опція відповідає за створення звіту про поточний технічний стан ВА, використовуючи дані, що збереглися у базі даних інформаційною системою. Вона надасть користувачам можливість швидко отримати структуровану інформацію про головні показники продуктивності роботи блоку.

Основні можливості цієї функції включають:

- отримання інформації з бази даних щодо поточних значень параметрів ВА (таких як температура, вібрація та споживання електроенергії тощо);

- створення структурованого звіту з вказівкою дати та часу проведення контрольних вимірювань спільно з особою відповідальною за процес та отриманими результатами;

- надання візуальних індикаторів стану блоку з метою швидко оцінити будь-які відхилення від стандарту (наприклад: зелений колір - норма; червоний колір - перевищення або зниження).

- надання можливості електрику або диспетчеру отримати доступ до звіту за їх запитом через інтерфейс інформаційною системою.

Функція «Формування звіту про історію роботи ВА» відповідає за облік історичних даних про роботу вентіляційного агрегата за заданий період часу у вигляді періодичних аналітичних звітів у форматі PDF або Excel. Звіти включають усі ключові події, поточні стани вентіляційного агрегату, попередження та відображують динаміку зміни параметрів.

Ця опція відповідає за створення звіту про поточний технічний стан ВА, використовуючи дані, що збереглися у базі даних інформаційною системою. Вона надасть користувачам можливість швидко отримати структуровану інформацію про головні показники продуктивності роботи блоку.

Основні можливості цієї функції включають:

- отримання інформації з бази даних щодо поточних значень параметрів ВА (таких як температура, вібрація та споживання електроенергії тощо);

- створення структурованого звіту з вказівкою дати та часу проведення контрольних вимірювань спільно з особою відповідальною за процес та отриманими результатами;

- надання візуальних індикаторів стану блоку з метою швидко оцінити будь-які відхилення від стандарту (наприклад: зелений колір - норма; червоний колір - перевищення або зниження).

- надання можливості електрику або диспетчеру отримати доступ до звіту за їх запитом через інтерфейс модуля інформаційної системи.

Ця функція дозволяє виконати ретроспективний аналіз ефективності та стабільності роботи вентиляційної установки за вибраний період часу. Вона базується на інформації, накопиченої у базі даних, та дозволяє виявити тенденції, повторювані відхилення та потенційні несправності.

Основні можливості функції:

- отримання історичних даних з бази даних за всіма показниками установки;

- групування та фільтрація інформації за критеріями: дата, тип параметра, співробітник, установка тощо;

- формування звітів у зручному для аналізу форматі (таблиці, графіки, схеми);

- експорт звіту в популярні формати (PDF, Excel) для подальшого використання;

- використання даних звіту для планування технічного обслуговування або прийняття управлінських рішень.

Функція формування журналу подій, пов'язаних з агрегатом виконує роль електронного журналу, який автоматично фіксує всі події, пов'язані з роботою вентиляційної установки. Вона забезпечує прозорість у веденні обліку змін та дій персоналу, що підвищує відповідальність та контроль за роботою обладнання.

Функціональні можливості:

- автоматичний запис подій, таких як: введення показників, формування звітів, очищення бази даних, зміна налаштувань;
- ідентифікація користувача, який виконав дію, з фіксацією дати та часу;
- можливість ручного внесення приміток електриком за необхідності;
- перегляд журналу через інтерфейс інформаційної системи з можливістю фільтрації подій;
- збереження записів журналу для подальшого аудиту або внутрішнього контролю.

Ця функція забезпечує цілісність даних, послідовність операцій та аудит усіх подій, які відбулися та були зафіксовані в модулі.

5 РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

5.1 Опис методу організації даних і обґрунтування типу обраної СУБД

База даних є ключовим інструментом для впорядкування, зберігання та ефективного управління інформацією, зокрема на хлібоприймальних підприємствах. Саме тому для організації даних обрано базу даних як оптимальний підхід.

Використання баз даних дає змогу акумулювати великі обсяги відомостей про партії зерна — включаючи характеристики якості, обсяг, походження та інші важливі параметри. Це сприяє централізованому зберіганню інформації, забезпечує швидкий доступ до неї та полегшує її аналіз і обробку.

Системи управління базами даних (СУБД) надають зручні засоби для додавання, оновлення, видалення та пошуку інформації, що дозволяє ефективно контролювати всі етапи обліку даних .

Серед доступних СУБД оптимальним вибором є MySQL — завдяки своїй надійності, відповідності стандартам і широким функціональним можливостям. Вона підтримує зовнішні ключі, з'єднання, представлення, тригери та збережені процедури, що забезпечує цілісність та узгодженість даних — важливі аспекти для контролю якості зерна.

Крім того, MySQL дозволяє створювати власні типи даних, писати користувацькі функції, а також використовувати різні мови програмування без потреби перекомпіляції всієї бази. Це забезпечує високу гнучкість при розробці систем, адаптованих до специфіки конкретного підприємства.

MySQL також вирізняється стабільною роботою, високою продуктивністю, здатністю обробляти великі масиви даних та підтримувати значну кількість одночасних користувачів. Вбудовані механізми контролю доступу гарантують безпеку й збереження даних на належному рівні.

5.2 Графічне представлення та опис схеми бази даних як елемента інформаційної забезпечуючої системи

Логічну схему бази даних необхідно створити на етапі проєктування, оскільки вона відіграє важливу роль у розумінні структури інформації, її організації та зв'язків між окремими сутностями. Така схема є фундаментом для подальшої розробки фізичної структури бази даних. Логічна модель надає абстраговане уявлення про організацію даних, яке не залежить від конкретної системи керування базами даних або способу фізичного зберігання.

Вона дозволяє чітко визначити всі сутності, їх атрибути та взаємозв'язки, що є критично важливим для забезпечення логічної цілісності, узгодженості та достовірності даних у системі. Такий підхід дає змогу побудувати ефективну структуру, яка буде масштабованою, гнучкою до змін і зручною в подальшій експлуатації.

Крім того, логічна схема полегшує спілкування між розробниками, аналітиками та іншими учасниками проєкту, оскільки створює єдине уявлення про структуру інформаційної системи. Вона є важливою складовою на етапі технічного обґрунтування, дозволяє визначити вимоги до даних і забезпечує послідовність при реалізації всіх етапів розробки.

Схема логічної моделі бази даних модуля моніторингу працездатності вентиляційного агрегату на шахті з видобутку металургійної руди зображена на рисунку 5.1.

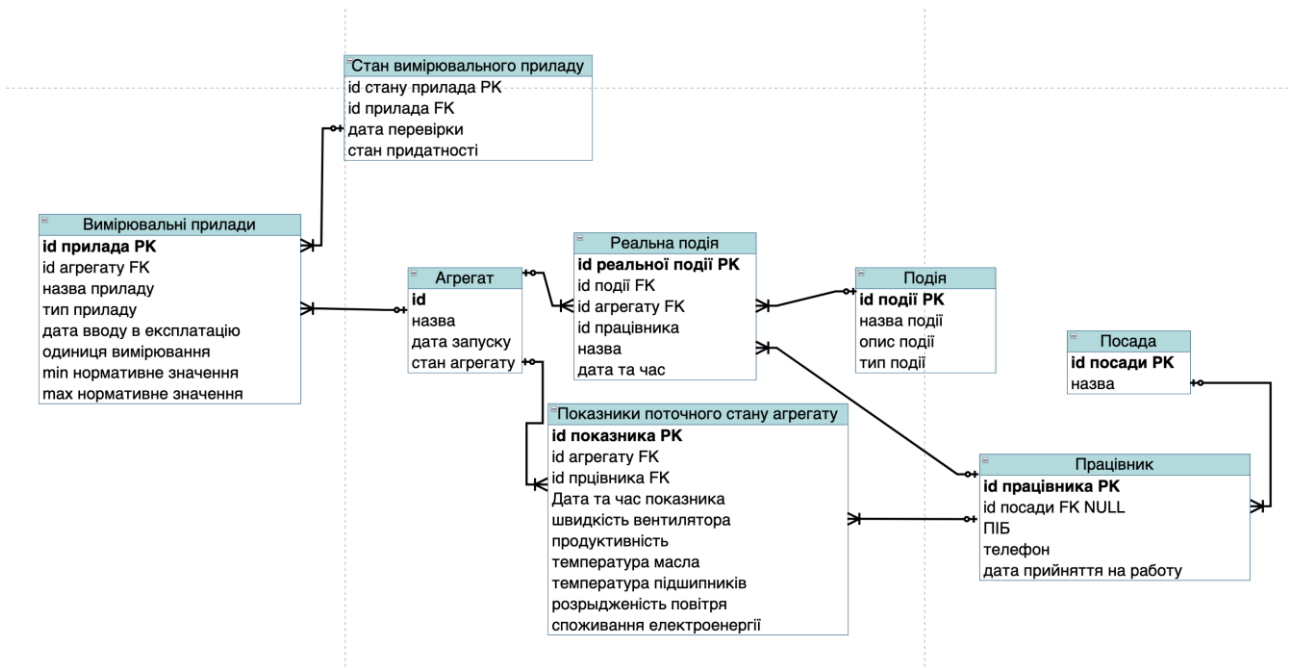


Рисунок 5.1 – Схема логічної моделі бази даних модуля моніторингу працездатності вентиляційного агрегату

Наступним етапом проєктування є побудова фізичної схеми бази даних, яка визначає конкретні технічні аспекти реалізації бази на фізичному рівні. Цей етап є важливим для деталізації структури даних: визначаються точні типи даних для кожного поля, встановлюються імена таблиць та стовпців, задаються обмеження цілісності (наприклад, первинні та зовнішні ключі, обмеження унікальності, NOT NULL тощо).

Фізична модель також дозволяє усунути обмеження, притаманні логічній моделі. Зокрема, вирішується проблема зв'язків типу «багато-до-багатьох» шляхом введення проміжних (зв'язкових) таблиць, які забезпечують коректне зберігання та обробку таких взаємозв'язків у реляційній базі даних.

Таким чином, фізична схема є практичним втіленням логічної моделі, що дозволяє перейти безпосередньо до етапу реалізації бази даних в обраній СУБД з урахуванням усіх технічних та бізнес-вимог.

Схема фізичної моделі бази даних модуля моніторингу працездатності

Таблиця 5.1 – Опис таблиц та їх атрибутів фізичної моделі БД

Назва таблиці	Атрибут	Опис	Тип даних	Обмеження	Значення за замовчуванням	Допустимість Null
Measuring_Instruments	instrument_id	Ідентифікатор приладу	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Ні
	unit_id	Ідентифікатор агрегату	INTEGER	FOREIGN KEY	-	Ні
	instrument_name	Назва приладу	VARCHAR(50)		-	Ні
	instrument_type	Тип приладу	VARCHAR(100)		-	Ні
	commissioning_date	Дата введення в експлуатацію	DATE		-	Ні
	min_normative_value	Мінімальне нормативне значення	DECIMAL(10,2)		-	Ні
	max_normative_value	Максимальне нормативне значення	DECIMAL(10,2)		-	Ні

Продовження таблиці 5.1

Назва таблиці	Атрибут	Опис	Тип даних	Обмеження	Значення за замовчуванням	Допустимість Null
Measuring_Instrument_Status	status_id	Ідентифікатор запису про стан	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Hi
	instrument_id	Ідентифікатор приладу	INTEGER	FOREIGN KEY	-	Hi
	check_date	Дата перевірки	DATE		-	Hi
	suitability_status	Статус придатності	VARCHAR(50)		-	Hi
Unit	unit_id	Ідентифікатор агрегату	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Hi
	name	Назва агрегату	VARCHAR(100)		-	Hi
	start_date	Дата запуску	DATE		-	Hi
	unit_status	Статус агрегату	VARCHAR(50)		-	Hi
Current_Unit_Status_Indicators	indicator_id	Ідентифікатор запису стану агрегату	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Hi
	unit_id	Ідентифікатор ВА	INTEGER	FOREIGN KEY	-	Hi
	employee_id	Ідентифікатор працівника	INTEGER	FOREIGN KEY	-	Hi
	indicator_date_and_time	Дата та час фіксації показників	DATETIME		-	Hi
	fan_speed	Швидкість вентилятора	DECIMAL(10,2)		-	Hi
	performance	Продуктивність агрегату	DECIMAL(10,2)		-	Hi

Продовження таблиці 5.1

Назва таблиці	Атрибут	Опис	Тип даних	Обмеження	Значення за замовчуванням	Допустимість Null
	oil_temperature	Температура мастила	DECIMAL(5,2)		-	Hi
	bearing_temperature	Температура підшипника	DECIMAL(5,2)		-	Hi
	rarefaction	Розрідження	DECIMAL(5,2)		-	Hi
	electricity_consumption	Споживання електроенергії	DECIMAL(10,2)		-	Hi
Actual_Event	actual_event_id	Ідентифікатор події	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Hi
	event_id	Ідентифікатор типу події	INTEGER	FOREIGN KEY	-	Hi
	unit_id	Ідентифікатор агрегату	INTEGER	FOREIGN KEY	-	Hi
	employee_id	Ідентифікатор працівника	INTEGER	FOREIGN KEY	-	Hi
	name	Назва події	VARCHAR(100)		-	Hi
	date_and_time	Дата та час події	DATETIME		-	Hi

Кінець таблиці 5.1

Таблиця	Атрибут	Опис	Тип даних	Обмеження	Значення за замовчуванням	Допустимість Null
Event	event_id	Ідентифікатор типу події	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Ні
	event_name	Назва типу події	VARCHAR(100)		-	Ні
Position	position_id	Ідентифікатор посади	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Ні
	name	Назва посади	VARCHAR(50)		-	Ні
Employee	employee_id	Ідентифікатор працівника	INTEGER	PRIMARY KEY	-	Ні
	position_id	Ідентифікатор посади	INTEGER	FOREIGN KEY (NULLABLE)	-	Так
	full_name	ПІБ працівника	VARCHAR(50)		-	Ні
	phone	Номер телефону	VARCHAR(20)		-	Ні
	hire_date	Дата прийняття на роботу	DATE		-	Ні

Відомості про взаємозв'язки сутностей наведено у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Відомості про взаємозв'язки сутностей

Тип сутності	Опис зв'язку	Тип сутності	Тип зв'язку
Працівник	Обіймає посаду	Посада	M:1
Працівник	Фіксує показники агрегату	Показники поточного стану	1:M
Працівник	Пов'язаний з реальною подією	Реальна подія	1:M
Показники поточного стану	Відносяться до агрегату	Агрегат	M:1
Показники поточного стану	Отримані через вимірювальні прилади	Вимірювальні прилади	M:1
Вимірювальний прилад	Має статус придатності	Стан вимірювального приладу	1:M
Агрегат	Має пов'язані події	Реальна подія	1:M
Реальна подія	Відноситься до типу події	Подія	M:1

5.3 Опис JSON-файлу, необхідного для збереження інформації про температуру та вологість у місцях зберігання

Для збереження інформації про параметри роботи вентиляційного агрегату в шахті з видобутку металургійної руди дані програмованого логічного контролера передаються на сервер у вигляді JSON-файлу. Цей файл є частиною інформаційної бази модуля моніторингу, що розробляється. Приклад цього JSON-файлу наведено у лістингу 5.1. Він показує структуру даних, які у системі.

Лістинг 5.1 – Код JSON-файлу з інформацією про роботу вентиляційного агрегату

```
{
  "ventilation_unit": "Агрегат №2",
  "timestamp": "2025-06-11T14:30:00Z",
  "parameters": {
    "energy_consumption_kwh": 145.6,
    "airflow_m3h": 3200,
    "temperature_celsius": 34.5
  },
  "operator_id": 17
}
```

Пояснення полів JSON:

- ventilation_unit: ідентифікатор або назва вентиляційного агрегату;
- timestamp: дата і час проведення вимірювання;
- energy_consumption_kwh: кількість спожитої електроенергії (кВт·год);
- airflow_m3h: продуктивність вентилятора (м³/год);
- temperature_celsius: температура вентиляційного агрегату (°C);
- operator_id: унікальний ідентифікатор працівника, що відповідає за контроль агрегату.

6 РОЗРОБКА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОЇ ЗАБЕЗПЕЧУЮЧОЇ СИСТЕМИ

6.1 Структура програмної забезпечуючої системи

Модуль моніторингу працездатності вентиляційного агрегату має клієнт-серверну архітектуру, де клієнтська частина взаємодіє із серверною через веб-браузер. Серверна частина відповідає за обробку запитів, управління базою даних та виконання бізнес-логіки.

Серверна частина модуля включає такі компоненти:

- СУБД MySQL – її використання обґрунтоване у розділі 5 цієї роботи як оптимальне для зберігання технічних параметрів вентиляційного обладнання та журналів подій;

- операційна система Linux — обрана через її стабільність, безпеку та продуктивність, що критично важливо для серверних рішень. Linux також забезпечує ефективну роботу з сервером MySQL та іншими серверними компонентами;

- веб-сервер Nginx або Apache, який використовують для обслуговування HTTP-запитів клієнтів. Обидва рішення надають високу продуктивність, гнучкість у налаштуваннях та підтримку сучасних веб-технологій.

Прикладну програму на Python створено з використанням фреймворку Django, який дозволяє швидко реалізувати функціонал для серверної обробки, введення параметрів та формування звітів.

Опишемо програмні засоби клієнтської частини модуля.

Операційна система Windows 10 або 11 та використовується персоналом для взаємодії з модулем.

Веб-браузер Google Chrome – рекомендований для забезпечення стабільної роботи веб-інтерфейсу модуля.

Клієнтська частина, реалізована за допомогою HTML, CSS та JavaScript з

використанням React. HTML і CSS відповідають за структуру і вид інтерфейсу користувача, тоді як JavaScript і React реалізують динамічну взаємодію і візуалізацію параметрів в реальному часі (наприклад, температура, тиск, вібрація).

Для розробки модуля моніторингу використовувалось середовище розробки Visual Studio Code. Воно забезпечує зручність розробки як клієнтської, і серверної частини. Його розширення дозволяють ефективно працювати з мовами програмування Python, JavaScript та фреймворками Django та React. Кросплатформність VS Code є додатковою перевагою, особливо для команд розробників, що працюють з різними ОС.

Для опису архітектури модуля було створено схему загальної структури програмної забезпечуючої системи модулю моніторингу вентиляційних агрегатів, яка представлена на рисунку 6.2.

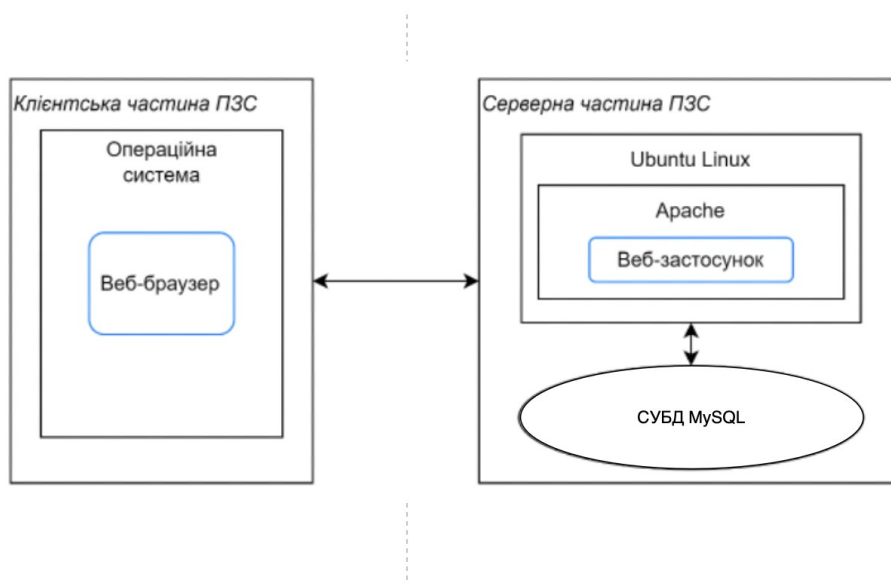


Рисунок 6.2 – Схема загальної структури програмної забезпечуючої системи модулю моніторингу працездатності вентиляційного агрегату

6.2 Опис екранних форм, що реалізують інтерфейс користувача

Відповідно до алгоритму функціонування модуля, було розроблено прототипи екранних форм, що реалізують інтерфейс користувача.

Прототипи розроблених екранних форм зображено на рисунках 6.3 – 6.8.

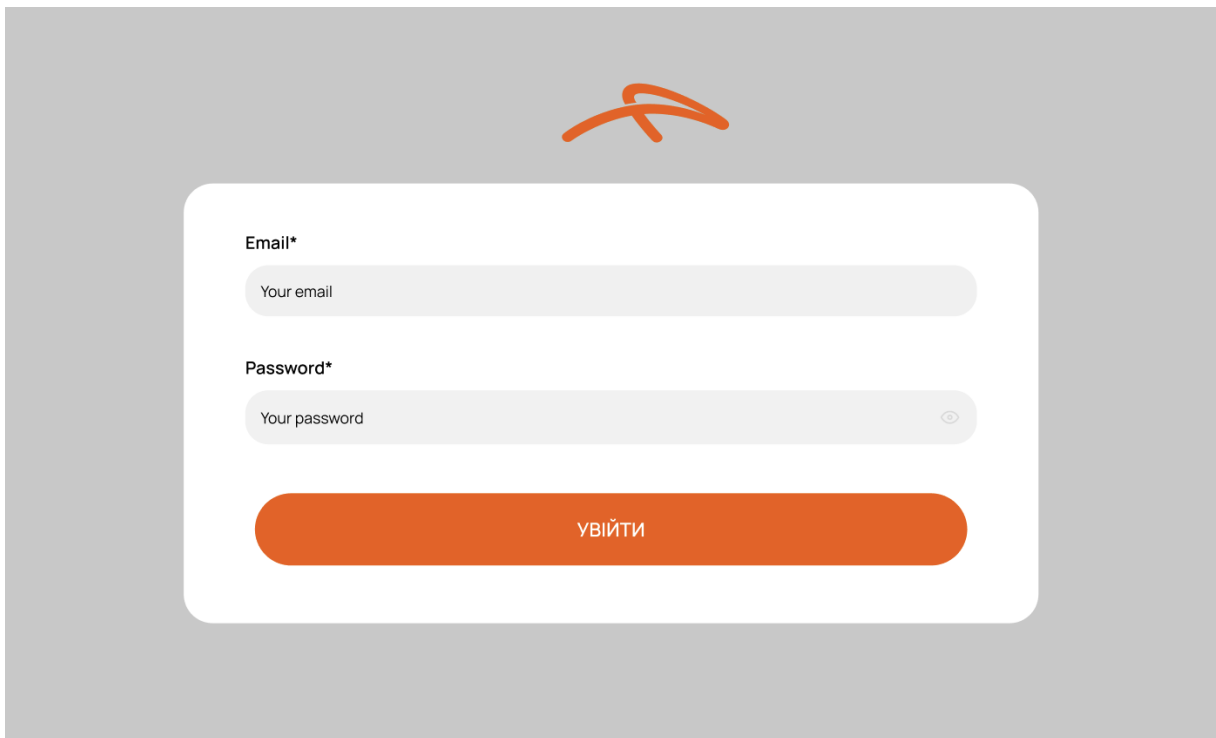


Рисунок 6.3 – Екранна форма входу

На екрані входу користувач повинен ввести ім'я користувача та пароль для автентифікації. Після цього він натискає кнопку «Увійти» та потрапляє на головну сторінку модуля.




Рисунок 6.4 – Екранна форма головної сторінки модуля

На головній сторінці модуля користувач бачить логотип компанії ArcelorMittal у лівому верхньому куті та пункт меню у правому верхньому куті. У центрі сторінки розташований вітальний напис «Ласкаво просимо на головну сторінку». Нижче розташовані три інформаційні блоки: кількість аварій за тиждень, дата та час останнього запису показників, а також дата останньої перевірки приладів. Під ними розташовані чотири кнопки з функціями, які може виконувати користувач. Всі кнопки мають однаковий стиль – помаранчевий фон, закруглені кути та чітке текстове позначення функції. Користувачеві доступні такі функції: введення показників аварійності, перегляд звітів про поточний стан аварійності, заповнення журналу подій та перегляд журналу подій. Інтерфейс зрозумілий та структурований, що дозволяє швидко орієнтуватися в доступних діях.

Звіти про історію роботи

Обрати дату

початкова дата

22.07.2018 

кінцева дата


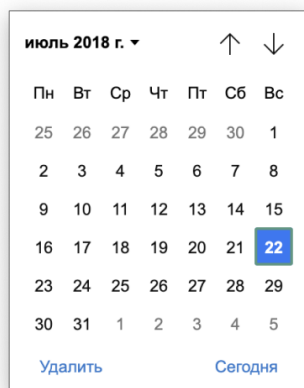
22.08.2018 Знайти звіт

Рисунок 6.5 – Екранна форма запиту щодо формування звіту про історію ВА

Користувач бачить інтерфейс сторінки звітів, де вгорі розташований логотип компанії та пункт меню. Центральна частина екрана містить поле з можливістю вибору дати та кнопку пошуку. Коли користувач обирає дату та натискає «Знайти звіт» то відкривається файл з історією показників за цей період (рисунок 6.5).

	A	B	C	D	E	F
11	Вентилятор №1					
12	Дата	Температура масла (°C)	Швидкість вентилятора (об/хв)	Температура підшипників (°C)	поживання електроенергії (кВ)	Розрідженість повітря (Па)
13	01.06.2025	65	1450	72	35.2	1200
14	02.06.2025	66	1455	73	35.5	1210
15	03.06.2025	64	1440	70	34.8	1190
16	04.06.2025	67	1460	75	36.1	1230
17	05.06.2025	65	1450	72	35.2	1200
18	06.06.2025	66	1455	73	35.5	1210
19	07.06.2025	64	1440	70	34.8	1190
20	08.06.2025	67	1460	75	36.1	1230
21	09.06.2025	64	1440	70	34.8	1190
22	10.06.2025	67	1460	75	36.1	1230
23	11.06.2025	65	1450	72	35.2	1200
24	12.06.2025	66	1455	73	35.5	1210
25	13.06.2025	64	1440	70	34.8	1190
26	14.06.2025	67	1460	75	36.1	1230
27	15.06.2025	64	1440	70	34.8	1190
28	16.06.2025	67	1460	75	36.1	1230
29	17.06.2025	65	1450	72	35.2	1200
30	18.06.2025	66	1455	73	35.5	1210
31	19.06.2025	64	1440	70	34.8	1190
32	20.06.2025	67	1460	75	36.1	1230

Рисунок 6.5 – Екранна форма перегляду звіту про історію показників ВА

При завантаженні файлу звіту користувач отримує файл Excel, де він може подивитися історію показників ВА за місяць.

Журнал подій		Фільтрувати за датою
↑	Перевищення Температури 14:10	14.06.2025
▲	Планова Перевірка Приладів	15.06.2025

Рисунок 6.5 – Екранна форма сторінки журналу подій

Користувачу відображається інтерфейс сторінки журналу подій, де вгорі також розташований логотип шахти та пункт меню. На сторінці відображаються два записи: з червоним фоном - критична подія та з жовтим фоном – планова подія, кожен із кнопкою видалення. Інтерфейс орієнтований на швидкий перегляд та управління подіями.

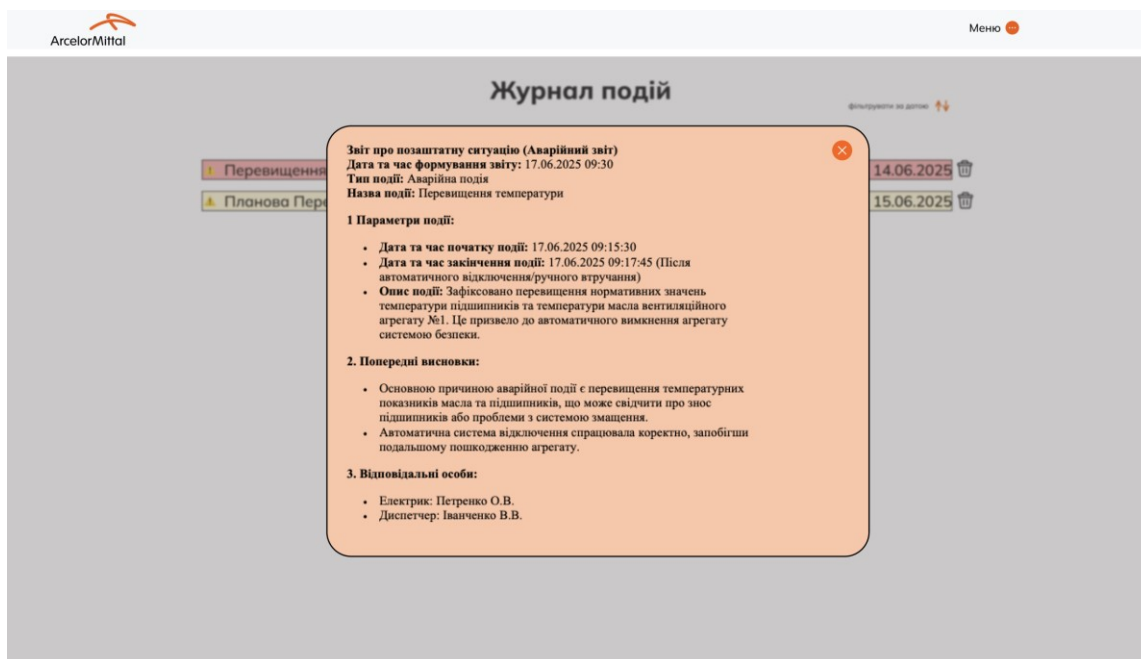


Рисунок 6.8 – Екранна форма відображення події

На екрані користувач може подивитися детальну інформацію про подію що трапилась, а саме час, дату, висновки, опис події та відповідальних осіб.

Довідка подій

ID	Назва	Опис	Тип
1	Перевищення температури	Температура агрегату перевищила норму	Аварійна подія
2	Зниження тиску	Падіння тиску нижче норми	Аварійна подія
3	Відсутність живлення	Вентилятор не отримує живлення	Аварійна подія
4	Планова перевірка приладів	Планова перевірка сенсору	Планова подія
5	Зупинка агрегату	Агрегат зупинено вручну або автоматично	Робоча подія
6	Вихід з ладу показника температури	Температурний сенсор не відповідає	Аварійна подія

Рисунок 6.8 – Екранна форма довідки про подію

На екрані зображено інтерфейс сторінки де знаходиться перелік усіх подій, адміністратор може доповнювати цю таблицю за необхідністю.

The screenshot shows a web interface for configuring a ventilation unit. At the top left is the ArcelorMittal logo, and at the top right is a 'Меню' (Menu) button. The main content area is a light orange rounded rectangle with the following elements:

- Вентиляційний агрегат** (Ventilation unit): A dropdown menu labeled 'оберіть ВА' (select VA) with a list of options: 'ВЕНТИЛЯЦІЙНИЙ АГРЕГАТ №1' and 'ВЕНТИЛЯЦІЙНИЙ АГРЕГАТ №2'.
- Температура масла** (Oil temperature): A text input field.
- Температура підшипників** (Bearing temperature): A text input field.
- Розрідженість повітря** (Air density): A text input field.
- Швидкість вентилятора** (Fan speed): A text input field.
- Споживання електроенергії** (Energy consumption): A text input field.
- Оберіть подію (не обов'язково)** (Select event (optional)): A dropdown menu with the option 'Подія' (Event).
- ЗБЕРЕГТИ** (SAVE): A prominent orange button at the bottom center.

Рисунок 6.9 – Екранна форма для введення показників вентиляційного агрегату

На екрані користувач бачить інтерфейс введення даних для вентиляційної установки. У верхній частині знаходиться логотип ArcelorMittal та пункт меню. Центральну частину екрана займає форма для вибору вентиляційної установки зі списку (доступні два варіанти), після чого користувач може вручну ввести показники. Форма містить поля для температури оливи, температури підшипника, розрідження повітря, швидкості вентилятора, продуктивності та споживання електроенергії. Внизу форми знаходиться кнопка «Зберегти», яка дозволяє перенести введені значення в систему.

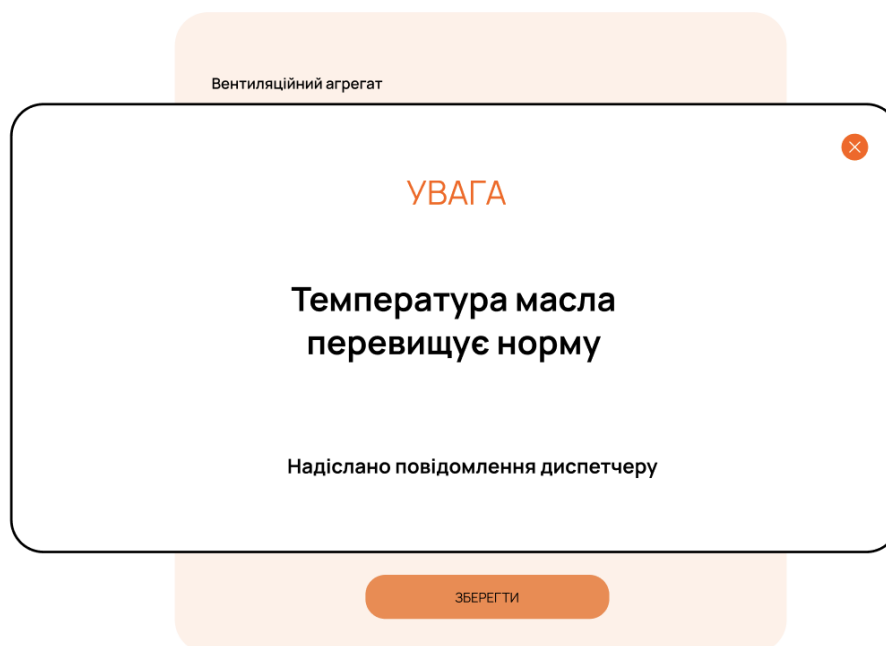


Рисунок 6.10 – Екранна форма з текстом попередження про подію на вентиляційному агрегаті

Після збереження даних, модуль реагує на перевищення допустимої температури оливи. На екрані з'являється вікно попередження з написом «Увага» та повідомленням «Температура масла перевищує норму». Нижче зазначено, що повідомлення надіслано диспетчеру. Повідомлення має стилізований дизайн: великий білий блок з чорними та помаранчевими елементами, а у верхньому правому куті є кнопка для закриття повідомлення. Створений інтерфейс орієнтовано на швидке реагування та попередження про надзвичайні ситуації.

7 СИНТЕЗ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ ІНФОРМАЦІЇ ВІД НЕСАНКЦІОНОВАНОГО ДОСТУПУ

Інформаційна система моніторингу працездатності вентиляційного агрегату на шахті з видобутку металургійної руди здійснює збирання, зберігання та обробку важливих технологічних показників (температура, тиск, вібрація тощо). Оскільки ці дані мають критичне значення для забезпечення безпеки виробництва, необхідно передбачити належні заходи щодо захисту інформації від несанкціонованого доступу.

Захист інформації у цій системі передбачено як на рівні програмного забезпечення, так і на рівні інфраструктури. Особливість проекту полягає в тому, що в системі працює лише один основний тип користувача – електрик, який відповідає за введення та перегляд показників працездатності вентиляційних агрегатів через веб-інтерфейс.

7.1 Захист доступу до системи

Для запобігання несанкціонованому використанню інформаційної системи передбачено механізм аутентифікації. Доступ до головної панелі здійснюється лише після введення вірних логіну та пароля через форму входу.

Усі облікові дані зберігаються у базі даних у захищеному вигляді – паролі хешуються із застосуванням сучасних криптографічних алгоритмів, таких як bcrypt чи PBKDF2.

Для запобігання підбору пароля реалізовано обмеження кількості невдалих спроб входу, а також автоматичне сповіщення про підозрілі активності (наприклад, багаторазові невдалі входи).

7.2 Захист інформації під час передачі

Оскільки обмін даними відбувається між браузером користувача та сервером, використовується шифрування трафіку за допомогою протоколу HTTPS.

На сервері налаштовані SSL-сертифікати, які забезпечують шифрування всіх запитів і відповідей, включаючи автентифікаційні дані та параметри, що вводяться.

7.3 Захист від веб-погроз

У системі реалізований захист від типових атак на веб-засосунки, такі як SQL-ін'єкції, XSS (вставка шкідливого коду) та CSRF (підміна запитів).

Ці заходи забезпечуються використанням фреймворку Django (на стороні сервера) та React (на стороні клієнта), які мають вбудовані механізми обробки запитів, екранування та автентифікації.

Усі форми введення параметрів перевіряються як на клієнтському, так і на серверному рівнях, що запобігає помилкам та втручанню злоумисників.

7.4 Захист бази даних

База даних MySQL, що зберігає показники агрегатів та облікові дані користувачів, розміщується на сервері під керуванням операційної системи Linux. Це дозволяє реалізувати захищене середовище з обмеженням доступу до БД ззовні.

З'єднання з базою дозволено лише локальним сервісам (веб-додатку), а прямий доступ до неї із зовнішніх мереж заборонено.

Всі облікові записи бази даних мають мінімальні необхідні привілеї, що обмежує можливість маніпуляцій у разі порушення безпеки.

7.5 Журналізація дій та контроль змін

На підвищення рівня прозорості системи передбачено ведення журналу обставин, у якому фіксуються всі основні дії користувача — вхід у систему, зміна показників, створення аварійного звіту тощо.

Журнал дозволяє контролювати дії (поведінку) користувача, а також виявляти потенційні спроби втручання чи помилкові дії.

7.6 Інфраструктурна безпека

Сервер розміщується в ізольованому середовищі під керуванням ОС Linux, що дозволяє реалізувати гнучке керування правами доступу, використання міжмережевих екранів (firewall) та контроль за мережевою активністю.

Для обслуговування клієнтських запитів використовуються веб-сервери Nginx або Apache, які налаштовані для прийому лише зашифрованих з'єднань та обмеження доступу до внутрішніх ресурсів.

ВИСНОВКИ

У процесі написання кваліфікаційної роботи було розроблено модуль моніторингу продуктивності вентиляційної установки для інформаційної системи металургійної рудної шахти.

Проаналізовано специфіку роботи вентиляційних установок у гірничодобувному середовищі, визначено критично важливі параметри для моніторингу, включаючи температуру, тиск, вібрацію та інші технічні показники. Описано організаційну структуру об'єкта та роль електрика як основного користувача системи.

У роботі розглянуто існуючі підходи до моніторингу технічного обладнання, виявлено обмеження типових SCADA-рішень та обґрунтовано доцільність створення веб-модуля, адаптованого до потреб конкретного об'єкта.

Сформульовано функціональні вимоги до системи, розроблено архітектуру модуля на основі діаграм потоків даних та діаграм декомпозиції. Розроблено логічну та фізичну модель бази даних, визначено оптимальний вибір СУБД з урахуванням продуктивності, надійності та сумісності з обраними технологіями.

Створено прототип інтерфейсу користувача, який включає форму авторизації, панель моніторингу параметрів, індикатори аварійних відхилень, а також інструменти для створення та перегляду звітів. Реалізовано алгоритм обробки вхідних даних та механізм виявлення критичних ситуацій.

Особлива увага приділена питанню захисту інформації – описано реалізацію автентифікації користувачів, шифрування переданих даних та захист бази даних від несанкціонованого доступу.

Підсумовуючи, розроблений модуль моніторингу вентиляційної установки здатний забезпечити безперервний моніторинг стану обладнання,

оперативне виявлення відхилень та аварій, а також ефективну взаємодію електрика з системою. Його впровадження сприятиме підвищенню безпеки виробництва, скороченню аварійних простоїв та покращенню обслуговування шахтного обладнання. Роботу виконано згідно вимог методичних вказівок до організації виконання та захисту кваліфікаційної роботи [10].

Оформлення роботи було виконано згідно державних стандартів України [11], [12].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Ventsim DESIGN – програмне забезпечення для моделювання вентиляційних систем. – URL: <https://ventsim.com/> (дата звернення: 10.06.2025).
2. Maestro Digital Mine – рішення для моніторингу вентиляції. – URL: <https://www.maestrodigitalmine.com/> (дата звернення: 05.06.2025).
3. Accutron Instruments – обладнання для моніторингу вентиляції. – URL: <https://accutroninstruments.com/> (дата звернення: 10.05.2025).
4. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152 (дата звернення: 23.05.2025).
5. Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 № 173 «Про затвердження Методики обстеження інженерних систем будівель». – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0826-18> (дата звернення: 10.06.2024).
6. What is arduino?. Arduino. URL: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction> (date of access: 10.06.2024).
7. Json. JSON. URL: <https://www.json.org/json-en.html> (date of access: 10.06.2025).
8. Система управління базами даних: сучасні тенденції у розробці. FoxmindEd. URL: <https://foxminded.ua/systema-upravlinnia-bazamy-danykh/> (дата звернення: 10.06.2025).
9. What is postgresql? – amazon web services. Amazon Web Services, Inc. URL: <https://aws.amazon.com/rds/postgresql/what-is-postgresql/#:~:text=PostgreSQL%20is%20an%20object-relational,Define%20complex%20custom%20data%20types.> (date of access: 10.06.2025).
10. Методичні вказівки до організації виконання та захисту

кваліфікаційної роботи за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» за освітньою програмою «Інформаційні технології управління». [Електронний ресурс] / Упоряд.: К.Е. Петров, А.В. Міхнова, М.С. Кудрявцева, М.В. Євланов, Т.І. Борисенко. – Електронне видання. – Харків: ХНУРЕ, 2023. – 68 с. – pdf.

11. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016 – 20 с.

12. ДСТУ 3008:2015. Державний стандарт України. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. – К.: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 31 с.