

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
Навчально науковий інститут комп'ютерних наук та управління проектами

Кафедра інформаційних управляючих систем та технологій

“Допущений до захисту”

Завідувач кафедри

Михелєв І.Л.

«___» _____ 2025р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступня вищої освіти магістр
(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: Системний
аналіз методів контролю якості з виробництва скломатеріалів

Виконав: студент 6145м групи

— Гайдаєнко В.А.

Керівник роботи:

Д.Т.Н., доцент

(посада, науковий ступень, вчене звання)
Казимиренко Ю.О.
(підпис)

м. Миколаїв – 2025 року

5. Перелік презентаційних матеріалів Діаграма варіантів використання методів контролю якості з виробництва скломатеріалів. Діаграма декомпозиції кожного із варіантів використання методів контролю якості з виробництва скломатеріалів. Діаграма діяльності. Концептуальна модель бази даних. Логічна модель бази даних. Фізична модель бази даних методів контролю якості з виробництва скломатеріалів.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Казимиренко Ю.О.		
2	Казимиренко Ю.О.		
3	Казимиренко Ю.О.		
4	Казимиренко Ю.О.		
5	Казимиренко Ю.О.		
6	Казимиренко Ю.О.		

7. Дата видачі завдання _____

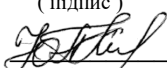
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз предметної області, розробка концепції контролю якості з виробництва скломатеріалів	01.09.2025	
1.1	Аналіз предметної області	08.09.2025	
1.2	Формування вимог до методів контролю якості з виробництва скломатеріалів	15. 09.2025	
1.3	Аналіз існуючих рішень	22.09.2025	
1.4	Розробка концепції	29.09.2025	
1.5	Постановка задачі	06.10.2025	
2	Розробка проектних рішень методів контролю якості з виробництва скломатеріалів	13.10.2025	
2.1	Загальносистемні рішення	20.10.2025	
2.2	Рішення з інформаційного забезпечення	27.10.2025	
2.3	Рішення з програмного забезпечення	22.10.2025	
2.4	Рішення з технічного забезпечення	03.11.2025	
3	Реалізація методів контролю якості з виробництва скломатеріалів	10.11.2025	
4	Розрахунок економічної ефективності впровадження методів контролю якості з виробництва скломатеріалів	17.11.2025	
5	Охорона праці та техніка безпеки	24.11.2025	
5.1	Вступ	01.12.2025	
5.2	Напруженість праці користувача ЕОМ	01.12.2025	
5.3	Ергономіка робочого місця	08.12.2025	
6	Охорона навколишнього середовища	15.12.2025	
6.1	Забруднення навколишнього середовища	15.12.2025	
6.2	Заходи запобігання забруднення навколишнього середовища	15.12.2025	

Студент

Керівник роботи


(підпис)


(підпис)

Гайдаєнко В.А.
(прізвище та ініціали)

Казимиренко Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Анотація

У магістерській роботі проведено системний аналіз методів контролю технологічних процесів у виробництві скломатеріалів та розроблено інформаційну підсистему для автоматизованого збору, аналізу та обробки технологічних даних. Розглянуто сучасні методи контролю параметрів виробництва, включаючи температурний режим, тиск, хімічний склад сировини та якість готової продукції. Здійснено порівняльний аналіз існуючих систем моніторингу та визначено їхні недоліки, зокрема обмежену інтеграцію з аналітичними інструментами та низький рівень автоматизації процесу прийняття рішень.

Розроблена інформаційна підсистема реалізована у клієнт–серверній архітектурі та забезпечує безперервний контроль параметрів виробничого процесу, виявлення відхилень від нормативів та формування звітів для технологічного персоналу. Для аналізу даних використано алгоритми машинного навчання, які дозволяють своєчасно виявляти аномалії та прогнозувати можливі збої у виробництві.

Практична значущість роботи полягає у підвищенні точності контролю якості скломатеріалів, скороченні часу реакції на технологічні відхилення та зниженні виробничих витрат за рахунок впровадження автоматизованих аналітичних механізмів.

Ключові слова: системний аналіз, контроль якості, виробництво скломатеріалів, інформаційна підсистема, машинне навчання, моніторинг, автоматизація, прогнозування аномалій.

Abstract

The master's thesis presents a system analysis of control methods for technological processes in glass materials production and the development of an information subsystem for automated data collection, analysis, and processing. Modern methods of process control are examined, including temperature regulation, pressure monitoring, raw material composition, and finished product quality assessment. A comparative analysis of existing monitoring systems has been conducted, identifying their limitations such as insufficient integration with analytical tools and a low level of decision-making automation.

The developed information subsystem is implemented in a client–server architecture and provides continuous monitoring of production parameters, detection of deviations from standards, and automated report generation for technological staff. Machine learning algorithms are applied for data analysis, enabling early anomaly detection and prediction of potential production failures.

The practical significance of the work lies in improving the accuracy of quality control for glass materials, reducing reaction time to technological deviations, and minimizing production costs through the implementation of automated analytical mechanisms.

Keywords: system analysis, quality control, glass materials production, information subsystem, machine learning, monitoring, automation, anomaly prediction.

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ТА РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ З ВИРОБНИЦТВА СКЛОМАТЕРІАЛІВ	11
1.1 Аналіз предметної області контролю та розробка інформаційної підсистеми з виробництва скломатеріалів.....	11
1.2 Альтернативні методи контролю на виробництві	17
1.3 Концепція системи.....	20
1.4 Математичне забезпечення розробки	21
Висновок до розділу 1	23
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ З ВИРОБНИЦТВА СКЛОМАТЕРІАЛІВ.....	24
2.1 Загально системні рішення	24
2.2 Діаграма послідовності (Sequence Diagram)	25
2.3 Логічна модель	30
2.4 Фізична модель.....	31
2.5 Архітектура системи.....	35
Висновки до розділу 2	37
РОЗДІЛ 3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ	39
3.1 Діаграма розгортання системи	39
3.2 Вимоги до ПЗ та апаратної частини розробки	40
Висновки за розділом 3	42
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ	43
4.1 Загальні положення.....	43
4.2 Мета розробки	43
4.3 Технічна частина.....	43
4.4 Економічна частина	43
4.4.1 Витрати на розробку	43

4.4.2 Очікуваний економічний ефект.....	44
Висновки до розділу 4	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
5.1 Загальні положення.....	45
5.2 Характеристика робочого місця	45
5.3 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів.....	45
5.4 Ергономічні вимоги до організації робочого місця	46
5.5 Вимоги електробезпеки.....	46
5.6 Пожежна безпека.....	46
5.7 Санітарно-гігієнічні норми	47
5.8 Заходи щодо безпеки при експлуатації програмного забезпечення..	47
Висновки до розділу 5	47
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	48
6.1 Загальні положення.....	48
6.2 Основні джерела впливу виробництва скломатеріалів на довкілля ..	48
6.3 Роль інформаційної підсистеми у зниженні екологічного навантаження.....	49
6.5 Екологічна безпека програмного та апаратного забезпечення	50
Висновки до розділу 6	50
ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
Додаток А – Інструкція користувача	55
А.1 Загальні положення.....	55
А.2 Призначення системи	55
А.3 Вимоги до апаратного та програмного забезпечення	55
А.4 Порядок роботи користувача	55
А.4.1. Запуск системи	55
А.4.2 Основне меню.....	56
А.4.3 Робота з модулем “Моніторинг процесів”	56
А.4.5 Робота з модулем “Аналіз якості”	56

А.4.6 Управління користувачами	57
А.5 Повідомлення про помилки	57
А.6 Резервне копіювання та відновлення даних.....	57
А.7 Завершення роботи	57
Додаток Б – Технічне завдання на розробку	59
Додаток В – Екранні форми розробки	62
Додаток Г- Фрагмент програмного коду.....	64

ВСТУП

У сучасних умовах високої конкуренції, глобалізації ринку та швидкого розвитку технологій особливого значення набуває питання забезпечення стабільної якості продукції промислових підприємств. Особливо це стосується галузей, які виробляють стратегічно важливу сировину — таких як виробництво скломатеріалів. Скло використовується в будівництві, машинобудуванні, медицині, енергетиці, і тому якість кінцевої продукції безпосередньо впливає на безпеку, довговічність і ефективність функціонування об'єктів, де воно застосовується.

Водночас процеси виробництва скломатеріалів є складними, багатоетапними, потребують точного контролю температур, хімічних реакцій, механічних впливів та інтенсивного використання ресурсів. В таких умовах традиційні методи контролю часто не дозволяють забезпечити достатню оперативність, точність та гнучкість у прийнятті рішень.

Актуальним підходом у вирішенні цієї проблеми є застосування системного аналізу, який дозволяє комплексно оцінювати весь виробничий процес, виявляти критичні точки впливу на якість, оптимізувати ресурсне забезпечення та визначати ефективні заходи управління. Впровадження інформаційної підсистеми контролю якості дає змогу автоматизувати облік, аналіз та прогнозування, що відповідає сучасним вимогам цифрової трансформації промисловості в рамках концепції Індустрії 4.0.

Таким чином, системне дослідження методів контролю та проєктування інформаційної підсистеми у виробництві скломатеріалів є **науково й практично обґрунтованим напрямом**, що сприятиме підвищенню ефективності виробничих процесів, конкурентоспроможності продукції та впровадженню інновацій в управління якістю.

Об'єкт дослідження - процес контролю якості у виробництві скломатеріалів.

Предмет дослідження - методи контролю, підходи системного аналізу та інструменти інформаційного забезпечення для моніторингу й управління якістю у скловиробництві.

Мета - підвищення ефективності оцінки якості продукції у виробництві скломатеріалів за рахунок дослідження та обґрунтування ефективного підходу до контролю якості продукції у виробництві скломатеріалів на основі системного аналізу, що забезпечить стабільність характеристик матеріалів та зменшення виробничого браку.

Задачі - проаналізувати існуючі методи контролю якості у виробництві скломатеріалів, провести їх системний аналіз і розробити інформаційну підсистему, яка сприятиме автоматизації та покращенню процесів контролю.

Методи дослідження:

- системний аналіз;
- функціонально-структурне моделювання;
- методи багатокритеріального прийняття рішень;
- аналіз великих даних;
- програмне моделювання інформаційних систем.

Практична значущість полягає в тому що результати дослідження готові до впровадження на виробництво скломатеріалів для удосконалення контролю якості, підвищення ефективності технологічних процесів та забезпечення конкурентоспроможності продукції.

РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ КОНТРОЛЮ ТА РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ З ВИРОБНИЦТВА СКЛОМАТЕРІАЛІВ

1.1 Аналіз предметної області контролю та розробка інформаційної підсистеми з виробництва скломатеріалів

Мікросфери є унікальною за властивостями сировиною, яка застосовується у різних високотехнологічних галузях виробництва. У виробництві літаків і автопромисловості вони виступають в якості наповнювача для легких композитних матеріалів, заливальних пін на епоксидній основі. Також вони застосовуються у виробництві легких цементів, будівельних матеріалів, електроізоляційних, вібропоглинаючих, демпфуючих, ізолюючих і звукопоглинальних матеріалів; матеріалів плавучості, а також абразивних композицій, термозахисних фарб і покриттів [1].

Як показали результати сучасних досліджень, порожні скляні мікросфери (ПСМ) мають наступні фізичні властивості, що пояснюють унікальність їх в застосуванні:

- низькою щільністю (забезпечує надлегку вагу часток матеріалу);
- міцністю на об'ємне стиснення (регулюється, вона залежить від розмірів часток - мікросфер);
- прозорістю для радіохвиль (забезпечена низькою електропровідністю матеріалу і малим кутом заломлення хвилі);
- низькою теплопровідністю;
- високими характеристиками реології – стійкість до деформації (забезпечена текучістю матеріалу);
- мінімальним водопоглинанням;
- стійкістю до органічних розчинників;
- інертністю до хімічно агресивного середовища (лужного, кислотного та ін);

- максимальне зчеплення (адгезія) часток матеріалу з різними типами зв'язуючих складів [3].

Високі фізико-механічні властивості дозволяють застосовувати ці мікросфери в якості багатофункціонального наповнювача високоякісних композиційних матеріалів, таких як:

- легкі конструкційні матеріали;
- матеріали плавучості, буї, апаратура для підводних досліджень, батискафи;
- полегшені матеріали авіаційно-космічного призначення;
- композиційні матеріали для радіотехніки й електроніки;
- синтактичні піни для підвищення жорсткості ламінатів;
- зліпкові і формувальні маси для медичних цілей (стоматологія);
- мастики, шпаклівки, герметики;
- лаки, фарби, клей;
- легкі цемента, будівельні матеріали;
- теплоізоляційні вироби;
- захисні матеріали для зменшення втрат нафтопродуктів при зберіганні;
- бурові розчини при цементуванні нафтових свердловин для локалізації викидів нафти;
- ефективні добавки до вибухових речовин;
- підкладки для каталізаторів, що працюють в режимі киплячого шару [4].

Низькою щільністю ПСМ обумовлена висока плавучість матеріалу та його застосування в суднобудуванні, виробництві підводних апаратів, що занурюються на різні глибини.

Океанічні інженерні розробки пов'язані з технологією підводних занурень, підводними будівлями, глибоким морським бурінням та експлуатацією свердловин. Найбільшу комерційну цікавість представляють континентальні шельфи, де глибина рідко перевищує 200 м. Істотна

відмінність глибин континентального шельфу від океанських полягає в різних механічних впливах навколишнього середовища, насамперед у гідростатичному тиску всебічного стиснення [5].

Найбільш зручними в експлуатації в процесі обстеження шельфових платформ є жилі та нежилі підводні апарати. Більшість підводних апаратів, призначені для обслуговування підводних пристроїв з метою видобутку корисних копалин з дна моря, характеризуються обмеженою вантажопідйомністю. Однак цей корисний показник можна збільшити шляхом використання модулів плавучості, які додатково встановлюються зовні плавучого підводного засобу [6].

Вага міцного корпусу і всього обладнання, що має негативну плавучість, такі як акумуляторні батареї, електродвигуни, перетворювачі, баласт та інші компенсуються твердими наповнювачами з позитивною плавучістю - наприклад, синтактичними піноматеріалами.

У підводних технічних засобах блоки плавучості розміщуються у вільних від несучих конструкцій і обладнаних обсягах. Вони можуть мати різноманітну конфігурацію і складаються з окремих, нерівномірних за формою блоків. Основним навантаженням при експлуатації блоків плавучості є високий зовнішнє гідростатичний тиск.

До матеріалів, які застосовуються для виготовлення блоків плавучості глибоководних технічних засобів, висуваються такі вимоги:

- низька щільність;
- оптимальна плавучість;
- здатність матеріалу витримувати гідростатичні навантаження;
- висока питома міцність;
- корозійну стійкість;
- хімічна стійкість і стійкість до атмосферних впливів.

Основним завданням при проектуванні підводних апаратів та блоків плавучості, що експлуатуються на малих глибинах занурення, є застосування

матеріалів, здатних знизити масогабаритні показники використовуваних конструкцій.

Завдяки комплексу вищевказаних властивостей широке застосування при обладнанні систем плавучості знайшли композиційні матеріали, а саме: кераміка, фарфор, пінопласти, проте найбільш практичним матеріалом є піноскло, з якого виготовляються різні плавучі засоби, понтони, теплова ізоляція для підводних човнів.

Піноскло являє собою легкий пористий матеріал зі скла у вигляді плит з рівномірно розподіленими осередками (порами) діаметром 0,1 – 6 мм, розділеними тонкими стінками. Фізична щільність піноскла становить 160-800 кг/м³, звичайна пористість 95-85%.

Застосовувані в суднобудуванні теплоізоляційні матеріали відрізняються один від одного за хімічним складом, властивостями, вартістю, умовами обробки і монтажу на судні; кожен з них має свої переваги і недоліки [7].

До матеріалів, які застосовуються для теплової ізоляції і працюють в морських умовах, пред'являються наступні вимоги:

- висока і постійна теплоізолююча здатність;
- низька щільність;
- стійкість до дії високих температур;
- здатність матеріалу витримувати гідростатичні навантаження;
- пориста структура;
- корозійна стійкість;
- хімічна стійкість;
- стійкість до атмосферних впливів;
- вогнестійкість;
- зручність і простота монтажу ізоляції;
- достатня механічна міцність матеріалу.

Завдяки вогнестійким, теплоізоляційним і міцносним властивостям широке застосування в суднобудуванні знайшли порожні скляні мікросфери [2].

Матеріалом, конкурентоздатним сферопластику по міцності і теплофізичним властивостям, є синтактичне піноскло [6], яке отримують у результаті спікання порожніх скляних мікросфер без зв'язуючих добавок та із зв'язуючим.

Застосовувані на сьогодні теплоізоляційні конструкції є громіздкими і характеризуються високими показниками матеріаломісткості і трудомісткості в процесі їх монтажу і демонтажу при ремонті судна. Сучасні розробки спрямовані на зниження масогабаритних показників застосовуваних теплоізоляційних конструкцій, підвищення технологічності їх виготовлення і монтажу, зменшення товщини теплоізоляційного шару, що пов'язано зі зниженням маси корпусу судна, а також із збільшенням коефіцієнта використання корисного об'єму корпусу. Це впливає на гнучкість вантажообігу, збільшення провозоспроможності судна, а отже, на його рентабельності.

Робота підприємства з виробництва скломатеріалів включає повний цикл технологічних, логістичних, контрольних і управлінських процесів — від надходження сировини до реалізації готової продукції.

1. Закупівля та підготовка сировини

Основна сировина: кварцовий пісок, сода, вапняк, доломіт, оксиди металів (для спеціальних властивостей).

Допоміжні компоненти: барвники, очищувальні речовини.

Процеси: приймання, зважування, лабораторний контроль якості; зберігання у силосах або бункерах; змішування сировини в заданих пропорціях.

2. Плавлення скла відбувається у скловарній печі при температурі 1400–1600 °С.

Процеси завантаження шихти (сировинної суміші); плавлення до однорідної скломаси; рафінування (видалення газових бульбашок); гомогенізація (вирівнювання скла за складом і температурою).

3. Формування виробів полягає в виборі технології яка залежить від виду продукції: листове скло включає метод флоатування (на розплавленому олові). Склотара це видувне або пресове формування у формах. Скловолокно виробляється протягуванням через фільтри. Армоване або багатошарове скло виробляється за рахунок з'єднання з полімерними плівками. Склокераміка це кристалізація розплаву при охолодженні.

4. Охолодження та відпал це повільне охолодження в леєрних печах (для зняття внутрішньої напруги). Контроль температури згідно з заданим графіком охолодження.

5. Обробка та модифікація це різка, шліфування, свердління. Покриття (наприклад, для дзеркал або термозахисту). Загартування (для міцності). Ламінація.

6. Контроль якості у фізико-механічних випробуваннях: міцність, твердість, стійкість до температур. Оптичні тести: прозорість, однорідність, рівень відбиття. Дефектоскопія: перевірка на мікротріщини, бульбашки, включення.

7. Пакування та логістика за рахунок автоматичного пакування (плівка, дерев'яні або металеві каркаси). Маркування продукції, складування за партіями та видами, відвантаження до складів, дистриб'юторів, будівельних компаній.

8. Управління виробництвом через ERP-систему: планування ресурсів підприємства. MES-системи: оперативне управління виробничими процесами. Системи контролю якості (QA/QC). Автоматизовані лінії та системи SCADA для моніторингу параметрів у реальному часі.

9. Дослідження та інновації через впровадження нових матеріалів (наноструктури, самоочищення). Пошук енергоефективних способів виробництва. Розробка біосумісного, армованого, сонячного скла.

10. Екологічна відповідальність за рахунок переробки відходів та шибок. Очистка газів та стічних вод. Впровадження зеленої енергетики (сонячні панелі, рекуперація тепла).

1.2 Альтернативні методи контролю на виробництві

Методи, які можна застосовувати для системного аналізу методів контролю та підвищення якості продукції у виробництві скломатеріалів перераховано нижче.

1. Функціонально-вартісний аналіз (ФВА)

Переваги виявляє невинуватиті витрати, дає змогу оптимізувати конструкцію та процеси, орієнтований на ефективність.

Недоліки вимагає глибокої експертної оцінки, трудомісткий при складному виробництві.

2. Аналіз надійності (FTA, FMEA)

Переваги виявляє потенційні дефекти до їх появи, підвищує надійність продукції та процесів.

Недоліки може бути складним у реалізації без достатніх даних, потребує залучення технічних спеціалістів [6].

3. Моделювання та симуляція процесів (наприклад, Arena, Simulink)

Переваги дозволяє тестувати зміни без втручання в реальне виробництво, візуалізує вплив змін на якість.

Недоліки потребує спеціального програмного забезпечення та навичок, вимагає часу на побудову моделей.

4. Аналіз статистичного контролю якості (SPC)

Переваги виявляє відхилення у виробничому процесі в реальному часі, підвищує стабільність процесу.

Недоліки потрібен постійний моніторинг та збір даних, не підходить для продукції з високою змінністю характеристик [6].

5. Системна динаміка

Переваги дає змогу досліджувати взаємозв'язки між елементами системи, підходить для аналізу довготривалих ефектів змін.

Недоліки важко побудувати точну модель без якісних даних, може бути складно інтерпретувати для неекспертів.

6. SWOT-аналіз та аналіз ризиків

Переваги дозволяє оцінити зовнішні й внутрішні чинники, що впливають на якість, простий у впровадженні.

Недоліки часто суб'єктивний, не дає точних числових результатів.

Порівняльна таблиця, див. табл. 1.1, методів системного аналізу для контролю та підвищення якості продукції у виробництві скломатеріалів [6].

Таблиця 1.1

Методи системного аналізу для контролю та підвищення якості

Метод	Призначення	Переваги	Недоліки	Доцільність використання
Функціонально-вартісний аналіз (ФВА)	Оптимізація конструкцій і процесів за вартісною ефективністю	Виявляє надлишкові витрати, підвищує економічність	Складність реалізації, потреба в експертному аналізі	Висока – при оптимізації витрат та складу компонентів
Аналіз надійності (FMEA, FTA)	Ідентифікація потенційних точок відмови	Запобігає дефектам, покращує надійність продукції	Вимагає досвіду, багато часу на реалізацію	Висока – для зниження відсотка браку
Моделювання та симуляція процесів	Тестування змін без ризику у виробництві	Безпечне середовище для перевірки гіпотез, візуалізація	Вимагає ПЗ і фахівців	Висока – для модернізації ліній та оптимізації
SPC – Статистичний контроль якості	Відстеження стабільності процесу	Оперативне виявлення відхилень, забезпечує стандарти	Потрібен регулярний збір та аналіз даних	Висока – при масовому або серійному виробництві
Системна динаміка	Моделювання взаємозв'язків у системі	Глибокий аналіз довгострокових наслідків змін	Складне моделювання, потреба в точних даних	Середня – для стратегічного планування
SWOT-аналіз та аналіз ризиків	Загальна оцінка ситуації, виявлення загроз	Простий у реалізації, дає загальну картину	Суб'єктивність оцінок, відсутність точних розрахунків	Середня – на етапі планування змін

Системний аналіз методів контролю та розробка інформаційної підсистеми у виробництві скломатеріалів є **актуальним** дослідженням через зростаючі вимоги до якості продукції. У сучасних умовах підвищення вимог до якості склопродукції (будівельне, технічне, оптичне скло) обумовлюється потребами високотехнологічних галузей як енергетики, медицини, оборонної та автомобільної промисловості. Відповідність продукції міжнародним стандартам стає критично важливою для конкурентоспроможності підприємства.

Ускладнення виробничих процесів у виробництві скломатеріалів включає в себе багатоетапні, енергомісткі та ресурсозалежні процеси, що потребують інтегрованого управління. Класичні методи контролю не завжди забезпечують оперативність та точність оцінювання параметрів.

Необхідність цифрової трансформації у рамках переходу до Індустрії 4.0, підприємства потребують автоматизованих рішень для збору, обробки та аналізу виробничих даних. Розробка інформаційної підсистеми дозволяє:

- оперативно виявляти дефекти;
- знижувати втрати сировини;
- оптимізувати енергоспоживання;
- прогнозувати технічні збої.

Використання системного аналізу як підходу включає що системний аналіз дозволяє комплексно оцінити всі елементи виробничого процесу та їх взаємозв'язки, виявити критичні точки впливу на якість продукції, забезпечити інтеграцію технічних, людських і інформаційних компонентів системи управління якістю.

Актуальність у контексті національної економіки зазначає що скловиробництво — це одна з важливих галузей для економіки України та інших країн. Зростання внутрішнього попиту на енергоефективне, захисне, інноваційне скло потребує модернізації виробництва, в тому числі — шляхом впровадження ІТ-підсистем та системного управління якістю.

Синергія з Big Data, IoT та ШІ включає застосування сучасних технологій аналітики великих даних, сенсорних систем (IoT) та машинного навчання дає змогу виводити контроль якості на новий рівень — від реактивного до проактивного. Це ще більше підвищує актуальність теми розробки інформаційної підсистеми.

1.3 Концепція системи

Забезпечення автоматизованого збору, обробки, аналізу та візуалізації даних про якість продукції скломатеріалів на різних етапах виробничого процесу з метою своєчасного виявлення відхилень і підвищення загального рівня якості.

Основні функції системи є моніторинг параметрів виробництва (температура, вологість, склад сировини тощо), контроль якості продукції (товщина, міцність, наявність дефектів), аналіз трендів і прогнозування дефектів на основі історичних даних (Big Data, ML), генерація звітів та статистики для керівництва й технічного персоналу, сигналізація про порушення допусків в режимі реального часу, архівування виробничих даних і результатів контролю, інтеграція з системами ERP, MES та лабораторіями контролю якості.

Користувачі системи це технологи виробництва, інженери з якості, керівники цехів, IT-персонал, менеджмент підприємства.

Архітектура системи це датчики та пристрої збору даних на виробничій лінії (IoT), сервер обробки даних з базою даних і логікою аналізу, користувацький інтерфейс (веб або десктоп) для перегляду звітів і параметрів, інтерфейс API для інтеграції з іншими системами.

Технологічна основа база даних PostgreSQL / MS SQL Server, мова програмування: Python / JavaScript, фреймворки Django, React (або аналогічні), аналітика Pandas, TensorFlow (для ML), Power BI, інфраструктура хмарна або локальна (в залежності від масштабу), протоколи зв'язку з обладнанням OPC UA, MQTT, Modbus.

Очікувані результати впровадження зменшення кількості браку та витрат на переробку, прискорення процесів контролю та прийняття рішень, підвищення прозорості й підзвітності виробничого процесу, надійне збереження та використання історичних даних, оптимізація витрат і підвищення рентабельності виробництва.

1.4 Математичне забезпечення розробки

Математичне забезпечення інформаційної підсистеми передбачає використання моделей, алгоритмів та методів для забезпечення ефективного контролю якості скломатеріалів та прийняття рішень на основі зібраних даних.

1. Математична модель контролю якості продукції

Параметри продукції представляються у вигляді вектору:

$$\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$$

де x_i — значення контрольованого параметра (товщина, прозорість, міцність, температура плавлення тощо).

Встановлюються граничні допуски:

$$x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}$$

Виріб вважається якісним, якщо всі умови виконуються:

$$\forall i \in [1, n] : x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max}$$

2. Методи виявлення відхилень

Використовується статистичний контроль процесів (SPC), зокрема:

- Середнє значення:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

- Дисперсія:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

- Контрольні карти Шухарта для виявлення трендів і аномалій.

3. Оцінка якості та прийняття рішень

Формується функція відповідності якості:

$$Q(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^n w_i \cdot f_i(x_i)$$

де:

- w_i — вагові коефіцієнти важливості параметрів,
- $f_i(x_i)$ — функція відхилення від ідеального значення.

4. Оптимізація виробничих параметрів

Використовуються методи:

- Лінійного програмування — для мінімізації браку:

$$\min Z = \sum_{i=1}^n c_i x_i \quad \text{за умов} \quad A\mathbf{x} \leq b$$

- Машинного навчання (наприклад, decision tree, random forest, нейронні мережі) — для прогнозування дефектів за історичними даними.

5. Системний підхід

Застосовується мережева модель (PERT/CPM) для опису етапів контролю, а також імовірнісні моделі, що враховують ймовірність виникнення браку:

$$P(\text{дефект}) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

Висновок до розділу 1

Розробка системного підходу до контролю якості та створення сучасної інформаційної підсистеми у скловиробництві є вкрай актуальною задачею, що відповідає викликам часу, економічним потребам і технічному прогресу.

Проведено детальний аналіз існуючих методів контролю технологічних процесів на підприємствах скловиробництва та здійснено порівняння їхніх функціональних можливостей, точності та ефективності. Розглянуто традиційні та сучасні підходи до моніторингу якості скломатеріалів, включаючи візуальні, фізико-хімічні та автоматизовані методи контролю.

Визначено, що основними недоліками існуючих систем є відсутність комплексної інтеграції з базами технологічних даних, низький рівень автоматизації процесу збору інформації, а також недостатня аналітична підтримка для прогнозування можливих відхилень. Проведений системний аналіз дозволив сформулювати вимоги до побудови ефективної інформаційної підсистеми, здатної забезпечити безперервний контроль параметрів виробничого процесу, своєчасне виявлення аномалій та формування звітності в реальному часі.

РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ З ВИРОБНИЦТВА СКЛОМАТЕРІАЛІВ

2.1 Загально системні рішення

Для того, щоб чітко описати, як користувачі взаємодіють із системою, яку розробляють використовують діаграму Use Case. Це ключовий інструмент у системному аналізі та проектуванні, особливо на початкових етапах.

Основні цілі використання Use Case це зрозуміти функціональність системи з точки зору кінцевого користувача, забезпечити єдине бачення між замовником, аналітиками, розробниками та тестувальниками, формалізувати вимоги у зручній формі — коротко, наочно та структуровано.

Визначити ролі (акторів), які взаємодіють із системою, та їх дії для сприяння проектуванню архітектури це дає основу для деталізації технічних рішень. На етапі збору вимог до системи. При створенні технічного завдання. Для формування тест-кейсів. При спілкуванні з не технічними замовниками. Основні актори на підприємстві з виробництва скломатеріалів рисунок 2.1 є:

1. Оператор виробництва – вводить дані про процес, фіксує дефекти.
2. Контролер якості – перевіряє результати, приймає рішення.
3. Аналітик – проводить аналіз тенденцій якості.
4. Менеджер підприємства – переглядає звіти, приймає стратегічні рішення.
5. Інформаційна система – автоматизує збір і обробку даних.

В таблиці 2.1 наведено варіанти використання.



Рисунок 2.1 – Діаграма варіантів використання

Табл.2.1

Варіанти використання

№	Випадок використання	Опис
1	Реєстрація параметрів виробництва	Оператор вносить дані про температуру, тиск, склад сумішей тощо.
2	Фіксація дефектів	Контролер вносить типи дефектів продукції.
3	Аналіз якості продукції	Система аналізує дані за параметрами, видає звіти.
4	Формування звітів по якості	Менеджер отримує статистичні та графічні звіти.
5	Виявлення критичних відхилень	Система сигналізує про порушення стандартів.
6	Оптимізація процесу контролю	Аналітик вводить нові параметри контролю, система оцінює ефективність.
7	Архівування та збереження даних	Система автоматично зберігає історію даних для аналізу.

2.2 Діаграма послідовності (Sequence Diagram)

У контексті теми «Системний аналіз методів контролю якості та розробка інформаційної підсистеми з виробництва скломатеріалів» описує

часову взаємодію об'єктів системи для реалізації певного бізнес-процесу — наприклад, контролю якості продукції.

Учасники (Actors/Об'єкти) є оператор виробництва – вводить дані про партію продукції. Система контролю якості – аналізує показники та приймає рішення. База даних – зберігає інформацію про результати перевірки. Менеджер якості – отримує звіт або сповіщення про невідповідність. Аналітичний модуль – формує звітність або рекомендації.

Послідовність подій така оператор вводить дані про нову партію скломатеріалів (наприклад, температурний режим, вологість, хімічний склад). Система контролю якості приймає дані й виконує перевірку відповідно до заданих стандартів (ГОСТ/ISO).

Якщо показники відповідають нормі то система зберігає запис у базу даних, відправляє підтвердження оператору, створює звіт для менеджера якості (у режимі огляду).

Якщо показники не відповідають нормі то система відправляє сповіщення менеджеру якості, ініціюється аналіз причин невідповідності.

Аналітичний модуль надає рекомендації (наприклад, знизити температуру плавлення чи змінити партію сировини).

Менеджер приймає рішення відхилити партію / провести доопрацювання / перевірити повторно.

Чіткий ланцюг взаємодій між працівниками й підсистемами такі як автоматизацію контролю якості та оперативне прийняття рішень.

Використання аналітики для покращення технологічного процесу.

№	Елемент	Опис ролі / функції
1	Оператор виробництва	Людина, що вводить інформацію про виготовлену партію (параметри виробництва, дата, номер партії, первинні виміри тощо).
2	Система контролю якості	Програмний модуль, який приймає дані, перевіряє їх відповідність стандартам якості та ініціює подальші дії.
3	База даних (БД)	Централізоване сховище, де зберігається інформація про перевірені партії, результати контролю, звіти, а також історія змін.
4	Менеджер якості	Відповідає за ухвалення рішень у разі виявлення дефектів або невідповідності; отримує автоматичні звіти та сповіщення від

№	Елемент	Опис ролі / функції
		системи.
5	Аналітичний модуль	Модуль, який обробляє накопичені дані (Big Data-аналітика), виявляє закономірності, формує прогнози та рекомендації щодо покращення процесу.
6	Перевірка відповідності	Логічний блок усередині системи, що оцінює параметри продукції за допустимими межами (вимоги ISO/ДСТУ).
7	Сповіщення про відхилення	Автоматизований сигнал, який система надсилає менеджеру якості у разі невідповідності — разом з деталями.
8	Формування звіту	Генерація звіту у форматі PDF/Excel або HTML для перегляду менеджером, включаючи візуалізацію та аналітичні висновки.
9	Рішення менеджера	Заключна дія: менеджер затверджує або блокує партію, а також передає її на доопрацювання або вторинну перевірку.



Рисунок 2.3 - Діаграма послідовності

Ця концептуальна модель відображає основні сутності, зв'язки та логіку функціонування інформаційної підсистеми для контролю якості у виробництві скломатеріалів.

Розглянемо її по сутностях і взаємозв'язках.

1. Основні сутності.

1.1. Виробничий процес

Містить інформацію про основні етапи виробництва скломатеріалів (плавлення, формування, охолодження, різання тощо). Зв'язаний з Операціями виробництва. Виконується відповідно до Технологічного регламенту.

1.2. Операція контролю

Дія, що фіксує якість на окремому етапі виробництва. Включає Методи контролю. Має результати у формі Звітів контролю.

1.3. Метод контролю якості

Стандартизовані процедури (візуальний огляд, вимірювання параметрів, аналіз структури, випробування). Вибирається для кожної операції контролю залежно від етапу виробництва.

1.4. Вимоги до якості

Набір стандартів, допусків та нормативів, які потрібно забезпечити. Використовується при оцінюванні Звітів контролю.

1.5. Інформаційна система

Центральна підсистема, що забезпечує облік, моніторинг та аналіз результатів контролю. Отримує дані від Операцій контролю, Сенсорів, Операторів. Генерує Звіти, аналітику та сигнали тривоги.

1.6. Сенсори та вимірювальні пристрої

Надсилають в реальному часі параметри температури, тиску, в'язкості, прозорості. Безпосередньо інтегровані з Інформаційною системою.

1.7. Персонал (Оператор / Технолог)

Здійснює ручний контроль, верифікує дані, аналізує відхилення. Має доступ до Інформаційної системи. Приймає рішення на основі аналітичних даних.

1.8. Акт невідповідності

Документ, який фіксує відхилення від стандартів. Автоматично генерується після невдалої перевірки. Пов'язаний із операціями виправлення.

Процеси та логіка роботи такі, на вході надходять дані з виробничих ліній і сенсорів → потрапляють до інформаційної системи. Контроль полягає в тому що система аналізує дані згідно з методами контролю та вимогами до якості.

В результаті генерується звіт, у разі відхилень формується акт невідповідності. Зворотній зв'язок це коли оператор або технолог отримує повідомлення, ухвалює рішення щодо корекції чи зупинки процесу.

Аналітика системи накопичує історичні дані для статистики, прогнозування та вдосконалення процесів.

Призначення моделі в визначені складової системи контролю якості див. рис.2.4. Показує, як інформація обробляється й використовується. Дає уявлення про ролі персоналу та автоматизованих засобів. Служить основою для побудови бази даних та проектування програмної реалізації.

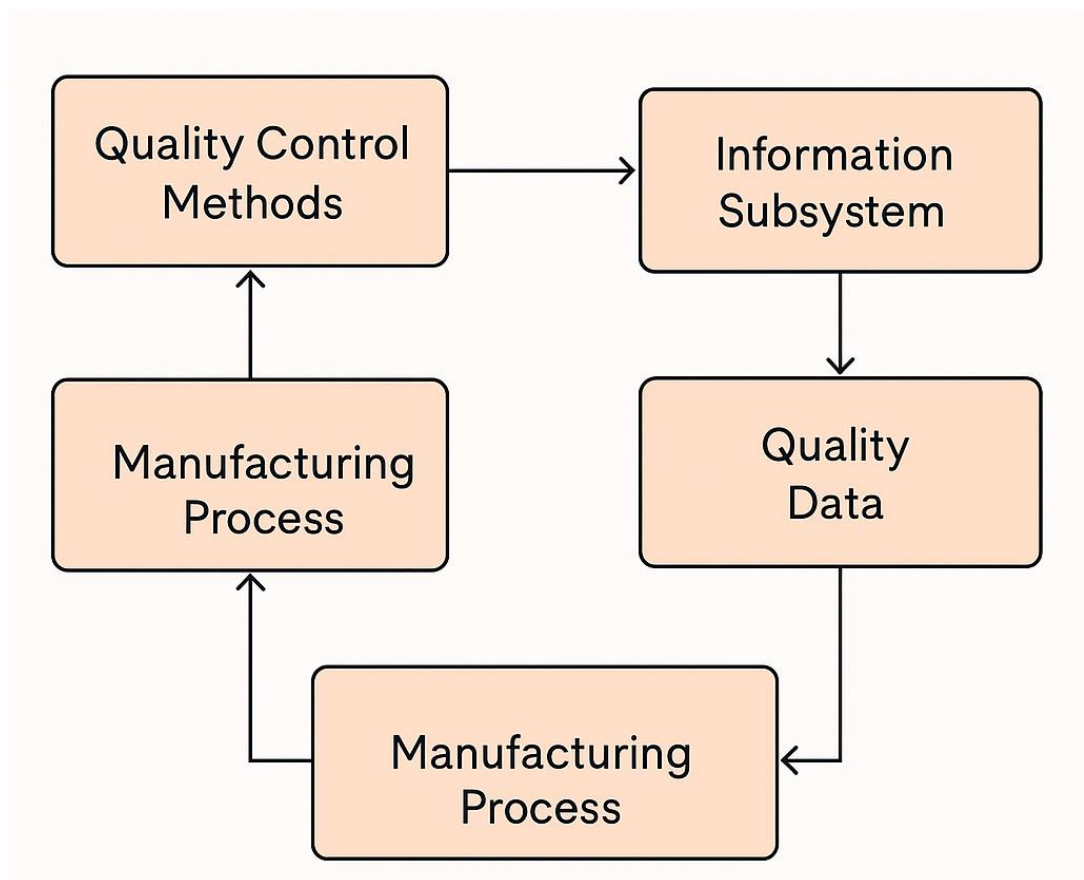


Рисунок 2.4 – Послідовність та взаємодія процесів

2.3 Логічна модель

Логічна модель (Logical Data Model — LDM) рис.2.5 .

Основні сутності є Продукція

Атрибути ID продукції, назва, тип матеріалу, категорія якості.

Зв'язки має контроль якості, належить до партії.

Партія продукції

Атрибути номер партії, дата виробництва, кількість одиниць.

Зв'язки включає продукцію, має результати контролю.

Контроль якості

Атрибути ID перевірки, тип контролю, результати, дата перевірки.

Зв'язки проводиться для продукції, здійснюється співробітником.

Співробітник (інспектор)

Атрибути ID, ПІБ, посада, рівень допуску.

Зв'язки виконує контроль якості.

Метод контролю

Атрибути код методу, назва, опис, стандарт (ISO/DSTU).

Зв'язки використовується у контрольних перевірках.

Параметр якості

Атрибути назва параметра, допустимі межі, одиниці виміру.

Зв'язки використовується в оцінці контролю.

Всі сутності мають унікальні ідентифікатори.

Передбачено багатозв'язні таблиці (наприклад, методи контролю можуть використовуватись у багатьох перевірках).

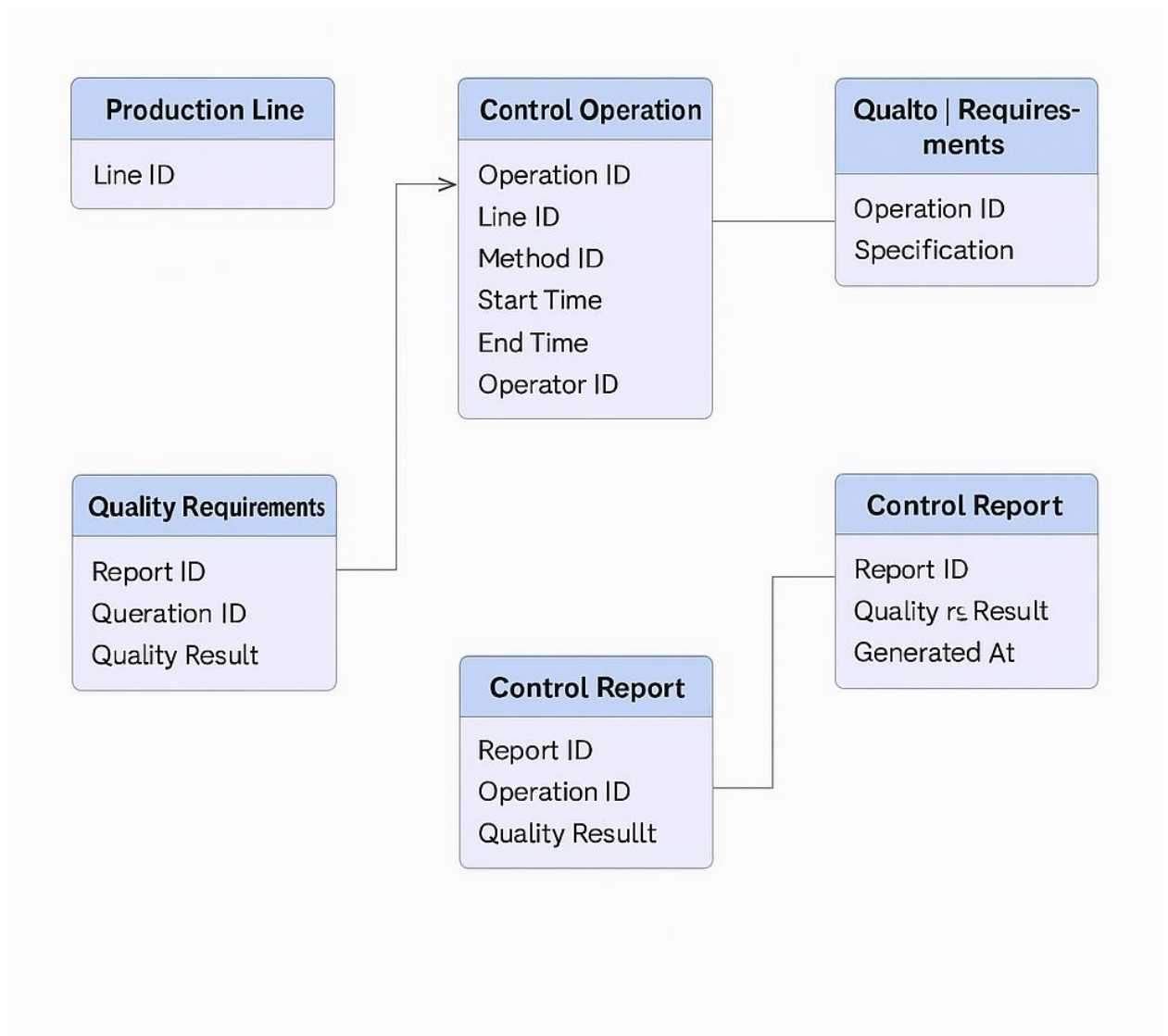


Рисунок 2.5 – Логічна модель БД

2.4 Фізична модель

Фізична модель (Physical Data Model — PDM) рисунок 2.6.

Реалізація логічної моделі в конкретній СУБД (наприклад, PostgreSQL або MySQL), з урахуванням типів даних, індексів, ключів.

Особливості фізичної реалізації є

Таблиця produkcia

id INT PRIMARY KEY

nazva VARCHAR(100)

typ_materialu VARCHAR(50)

kategoria_yakosti VARCHAR(30)

Таблиця kontrol_yakosti

id INT PRIMARY KEY

id_produkcii INT FOREIGN KEY REFERENCES produkcia(id)

typ_kontrolyu VARCHAR(50)

result TEXT

data DATE

Таблиця spivrobitnyk

id INT PRIMARY KEY

pib VARCHAR(100)

posada VARCHAR(50)

riven_dopusku INT

Таблиця metod_kontrolyu

kod INT PRIMARY KEY

nazva VARCHAR(100)

standart VARCHAR(20)

Таблиця parametr_yakosti

id INT PRIMARY KEY

nazva VARCHAR(100)

min_znachennya FLOAT

max_znachennya FLOAT

odynytsi VARCHAR(10)

Індексація даних на produkcia.id, kontrol_yakosti.data для прискорення звітності.

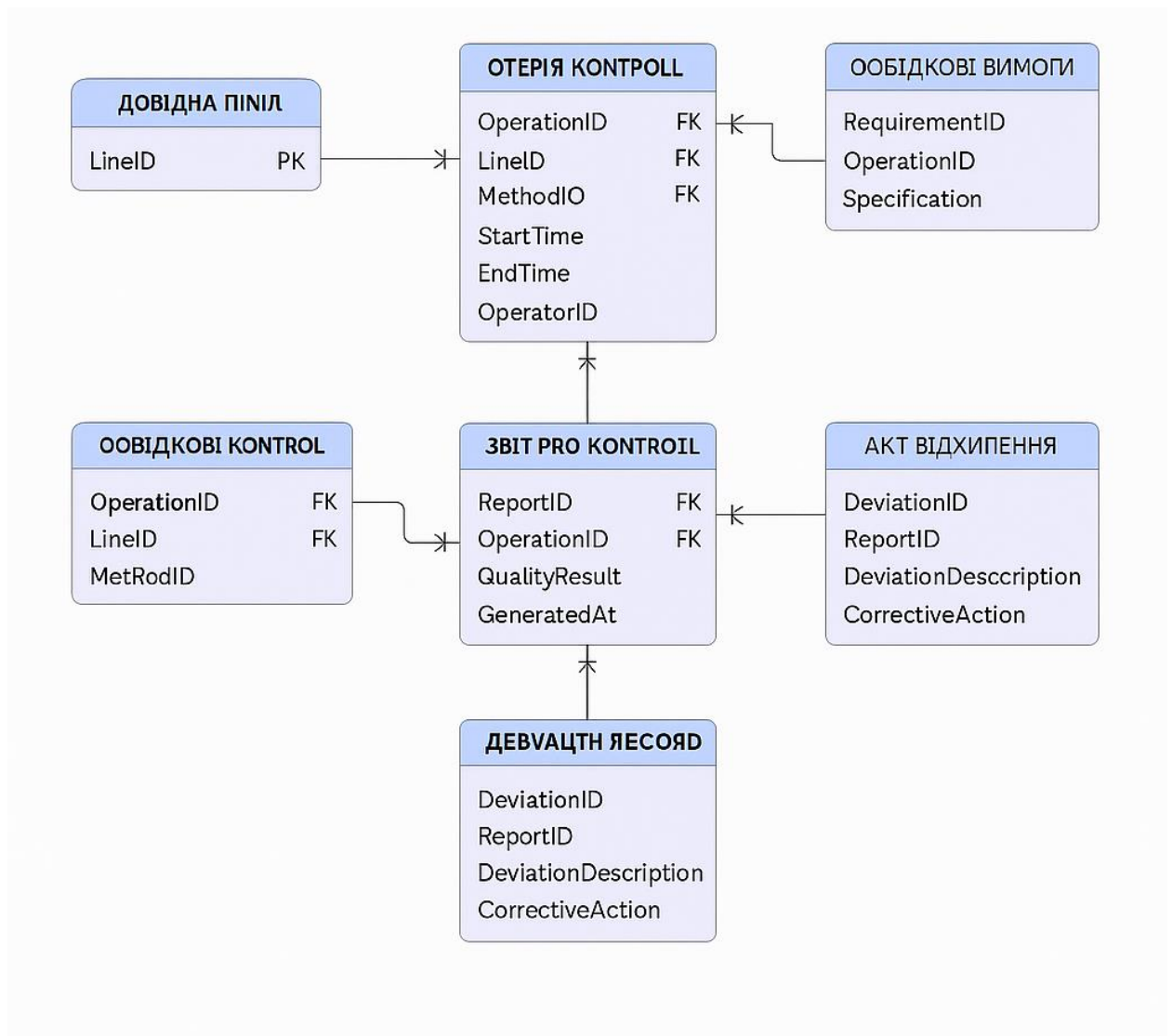


Рисунок 2.6 – Фізична модель БД

Практичне значення полягає в тому що логічна модель дозволяє проєктувати систему незалежно від реалізації, концентруючись на зв'язках між даними.

Фізична модель забезпечує ефективність і надійність збереження даних, враховуючи продуктивність, безпеку та резервування.

Фізична модель (таблиці та зв'язки)

1. produkcia — Продукція

Зберігає назви скломатеріалів, їх тип та категорію якості.

2. kontrol_yakosti — Перевірки якості

Зв'язана з продукцією, співробітниками, методами контролю.

Містить дату, результат і тип контролю.

3. spivrobitnyk — Співробітники

Дані про персонал, що проводить контроль (ФІО, посада, рівень допуску).

4. metod_kontrolyu — Методи контролю

Описує стандартизовані методи перевірки (наприклад, ASTM, ГОСТ).

5. parametr_yakosti — Параметри якості

Ключові характеристики продукції: наприклад, міцність, прозорість, термостійкість.

6. kontrol_metod — Зв'язок "перевірка ↔ методи"

Реалізує багато-до-багатьох: одна перевірка = багато методів.

7. kontrol_parametr — Зв'язок "перевірка ↔ параметри"

Зберігає конкретні вимірювання параметрів для кожної перевірки.

Ця діаграма є реляційною ER-діаграмою (Entity-Relationship Diagram) для інформаційної підсистеми контролю якості у виробництві скломатеріалів. Вона відображає основні сутності, їх атрибути та зв'язки між ними.

Основні компоненти діаграми:

1. Сутність "Продукція"

Атрибути ID_продукту, Назва, Тип, Технічні_характеристики

Пов'язана з перевітками якості та виробничими партіями

2. Сутність "Партія виробництва"

Атрибути ID_партії, Дата_виробництва, Обсяг, ID_продукту

Зв'язок із "Продукція" та "Перевірка якості"

3. Сутність "Перевірка якості"

Атрибути ID_перевірки, ID_партії, Дата_перевірки, Результат, Метод_контролю

Пов'язана з "Контролер" і "Методи контролю"

4. Сутність "Контролер"

Атрибути ID_контролера, Ім'я, Посада, Кваліфікація

Зв'язок виконує перевірку якості

Ця модель забезпечує основу для зберігання, аналізу та контролю якості продукції на всіх етапах виробництва.

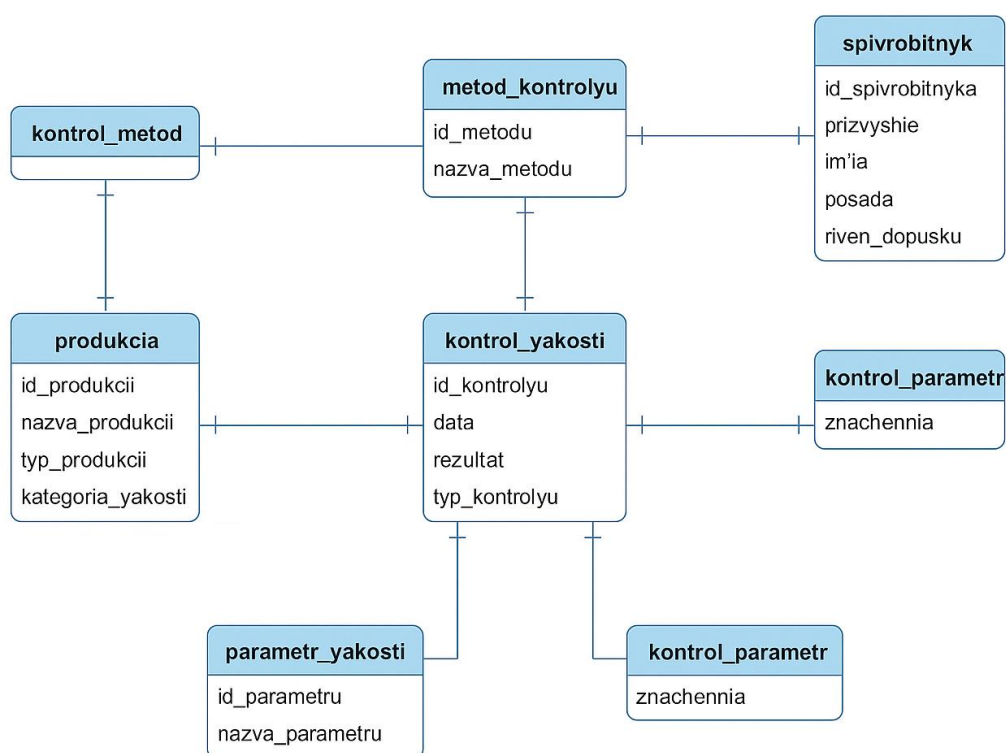


Рисунок 2.7 - ER- діаграма БД

2.5 Архітектура системи

Архітектура системи задає єдину структуру та логіку взаємодії між усіма її компонентами — модулями збору даних, контролю параметрів, аналітичного оброблення, візуалізації та звітності. Це дозволяє уникнути

дублювання функцій, неузгодженості алгоритмів і проблем сумісності під час інтеграції різних модулів у єдину інформаційну екосистему.

Оптимізація процесів контролю та моніторингу

У скловиробництві точність контролю температури, в'язкості, складу сировини та інших параметрів критично впливає на якість готової продукції. Архітектурне проектування дає змогу сформувати ефективну логіку збору, оброблення та передачі даних між обладнанням, базою даних і користувацьким інтерфейсом, що забезпечує швидке реагування на відхилення від технологічних норм.

Гнучкість та масштабованість

Добре спроектована архітектура дозволяє масштабувати систему, додаючи нові модулі (наприклад, аналітику на базі ML, звітність у Power BI або інтеграцію з ERP). Завдяки цьому підприємство може розширювати систему без повної її перебудови, адаптуючись до змін у технологічному процесі чи вимог бізнесу.

Забезпечення надійності та безпеки

Архітектурне планування передбачає розмежування рівнів доступу, резервування даних і захист від несанкціонованого втручання. Це особливо важливо для промислових систем, де збої чи втрати даних можуть призвести до значних фінансових і виробничих збитків.

Підвищення якості прийняття управлінських рішень

Системна архітектура дозволяє інтегрувати аналітичні модулі для аналізу показників виробництва, прогнозування відхилень і формування рекомендацій. Завдяки цьому керівництво отримує об'єктивні, актуальні та структуровані дані, що сприяють підвищенню ефективності управління.

Зниження вартості супроводу та модернізації

Чітко спроектована архітектура зменшує ризики технічних помилок, полегшує тестування, налагодження та оновлення програмного забезпечення. Це знижує витрати на підтримку системи протягом усього життєвого циклу.

Підґрунтя для цифрової трансформації підприємства

Архітектура інформаційної підсистеми є основою для подальшої автоматизації та впровадження інтелектуальних технологій (Machine Learning, IoT, Big Data). Вона створює структурну основу для переходу до “розумного виробництва” (Smart Manufacturing) і концепції Індустрії 4.0.

Висновок

Проектування архітектури системи у контексті виробництва скломатеріалів дозволяє створити надійну, масштабовану й ефективну інформаційну підсистему, що підвищує рівень автоматизації, зменшує людський фактор і забезпечує стабільну якість продукції. Це не лише технічна необхідність, а й стратегічний крок до підвищення конкурентоспроможності підприємства.

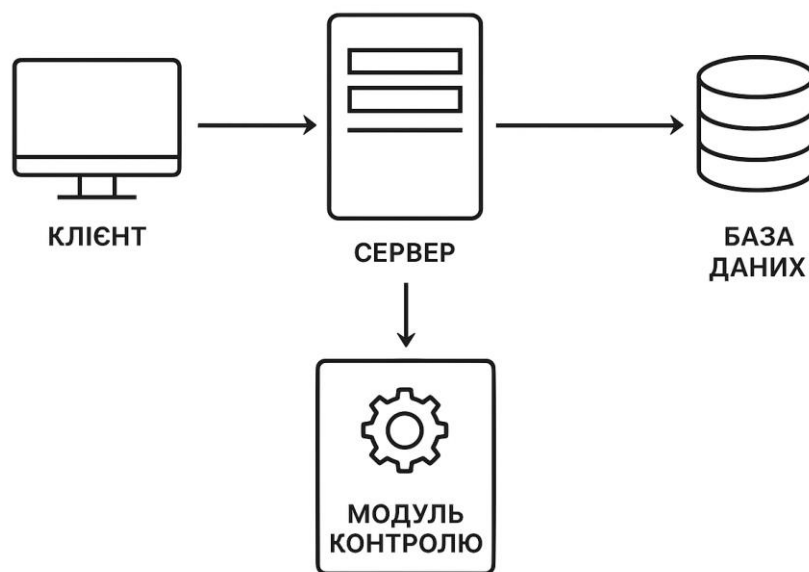


Рисунок 2. 8 – Архітектура системи

Висновки до розділу 2

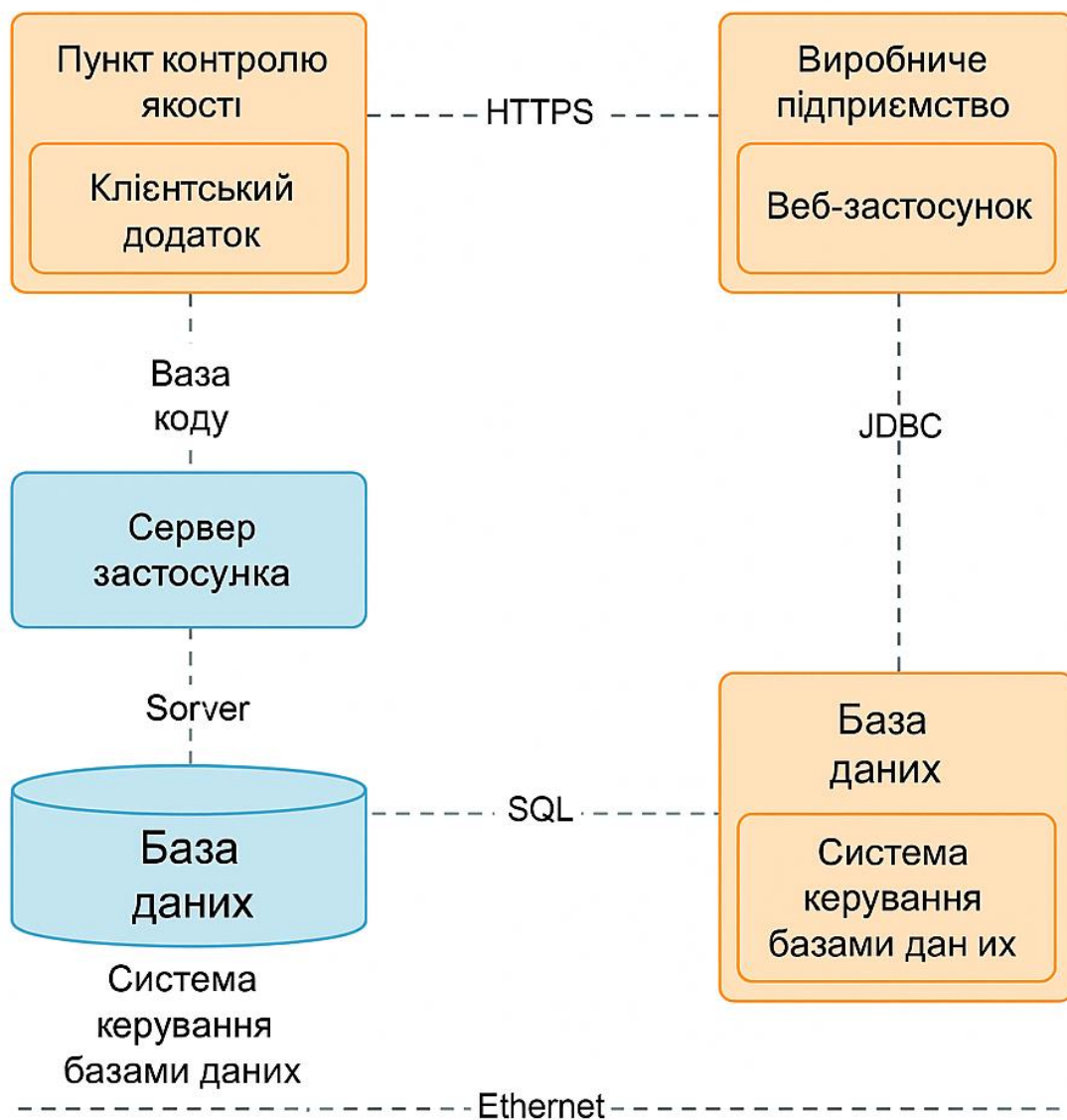
Запропонована архітектура майбутньої системи передбачає модульну структуру з окремими компонентами контролю, моніторингу та звітності, що забезпечує гнучкість, масштабованість та можливість подальшої інтеграції з іншими інформаційними системами підприємства. Також обґрунтовано вибір

сучасних технологій обробки даних та аналітичних інструментів, що підвищують точність і надійність прийняття управлінських рішень.

Отже, результати розділу стали основою для розроблення проєктних рішень інформаційної підсистеми контролю виробництва скломатеріалів, представлених у наступному розділі.

РОЗДІЛ. 3 РОЗРОБКА ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПІДСИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ

3.1 Діаграма розгортання системи



Діаграма розгортання відображає фізичне розміщення програмних компонентів системи на апаратних ресурсах, тобто архітектуру системи з точки зору інфраструктури.

Основні елементи діаграми є

Вузли (Nodes)

Сервер контролю якості – обробляє дані з виробництва, проводить автоматизований аналіз, формує звіти.

Контролер виробничої лінії – взаємодіє з сенсорами на виробництві, передає параметри (температура, товщина, шорсткість тощо).

АРМ інженера-технолога – надає доступ до звітів, дозволяє вводити додаткові параметри перевірки. Хмарне сховище/База даних – централізоване сховище для збереження результатів перевірок та історичних даних.

Програмні компоненти (Artifacts) модуль аналізу якості – реалізує алгоритми контролю параметрів скла. Модуль візуалізації результатів – показує результати у вигляді графіків, таблиць. Блок прийняття рішень – використовує правила контролю (статистичні/експертні/ML).

Інтерфейс збору даних – отримує дані від сенсорів. Зв'язки (Communication paths) Передача даних між контролером і сервером.

Синхронізація з базою даних. Інтерактивна взаємодія між АРМ користувача і сервером. Автоматичний обмін даними з хмарним сховищем.

Опис потоку роботи системи.

Контролери на виробництві передають параметри (наприклад, оптична прозорість або відхилення температури). Сервер приймає дані, обробляє їх за допомогою модуля аналізу якості. У випадку відхилення – система генерує попередження. Інженер-технолог переглядає дані через АРМ та може прийняти рішення щодо подальших дій.

Усі результати зберігаються у хмарному сховищі.

Діаграма розгортання для цієї системи демонструє інтеграцію ІТ-рішень у процес контролю якості скломатеріалів, забезпечує автоматизацію збору, аналізу та візуалізації даних, дозволяє зменшити ризики дефектів та підвищити ефективність виробництва.

3.2 Вимоги до ПЗ та апаратної частини розробки

Опис вимог до апаратного та програмного забезпечення для проєкту «Системний аналіз методів контролю якості та розробка інформаційної підсистеми з виробництва скломатеріалів»

1. Вимоги до апаратного забезпечення

1.1. Серверна частина (центральний сервер підсистеми)

Процесор: не менше ніж Intel Xeon Silver або AMD EPYC, 8 ядер, 2.1 GHz. Оперативна пам'ять (RAM) ≥ 32 GB

Жорсткий диск (HDD/SSD)

SSD ≥ 1 TB (для швидкого доступу до даних)

HDD ≥ 4 TB (для архівів та історичних даних)

Мережева карта 1 Gbps Ethernet або вище

Системне охолодження та джерело безперебійного живлення (UPS)

1.2. Робочі станції (APM користувача – інженерів-технологів, контролерів).

Процесор Intel Core i5 / AMD Ryzen 5 або вище

Оперативна пам'ять ≥ 8 GB

Диск SSD ≥ 256 GB

Графіка вбудована або дискретна відеокарта для роботи з графіками та звітами. Монітор: роздільна здатність не менше 1920x1080 (FullHD). Периферія: мишка, клавіатура, принтер, сканер (опціонально)

1.3. Обладнання збору даних це сенсори температури, товщини, прозорості тощо. Контролери з підтримкою передачі даних через Modbus, RS-485, Ethernet. Промислові контролери (наприклад, Siemens PLC, Arduino/STM з промисловими модулями)

2. Вимоги до програмного забезпечення

2.1. Серверне ПЗ.

Операційна система Linux (Ubuntu Server / Debian / CentOS)

або Windows Server 2019/2022, СУБД PostgreSQL або MySQL/MariaDB (переважно – для зберігання результатів контролю)

Мова розробки Python (Django/Flask), C# (.NET Core), Java Spring (за вибором)

Платформа для аналітики JupyterLab, Power BI Embedded або Grafana

Засоби віртуалізації/контейнеризації Docker, Kubernetes (за потреби)

2.2. Програмне забезпечення на АРМ Веб-браузер (якщо клієнт – веб-додаток) або десктопна програма, інструменти офісної аналітики (Excel, LibreOffice), програми візуалізації (наприклад, Power BI Desktop), Засоби віддаленого доступу (TeamViewer, AnyDesk – за потреби)

2.3. Інтеграційні інтерфейси:

REST API для обміну між модулями, MQTT або OPC UA – для промислової автоматизації (залежно від обладнання), Можливість інтеграції з ERP/MES системами (наприклад, 1C, SAP)

3. Вимоги до інформаційної безпеки резервне копіювання даних (щоденне/щотижнєве), аутентифікація користувачів (з ролями), захист переданої інформації (SSL/TLS), обмеження доступу до критичних даних.

Висновки за розділом 3

Розроблено діаграму розгортання. Висунуто вимоги до програмного та технічного забезпечення.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

4.1 Загальні положення

Техніко-економічне обґрунтування є важливим етапом у процесі розробки інформаційної підсистеми контролю виробництва скломатеріалів. Його мета — довести доцільність упровадження розробленої системи, оцінити економічну ефективність, визначити витрати на створення та експлуатацію, а також показати очікуваний економічний ефект від її використання.

4.2 Мета розробки

Основна мета створення інформаційної підсистеми полягає в підвищенні ефективності технологічного процесу виготовлення скломатеріалів шляхом автоматизації збору та обробки даних із виробничого обладнання, моніторингу ключових параметрів якості (температура, тиск, хімічний склад сировини), своєчасного виявлення відхилень та можливих дефектів, скорочення кількості браку та підвищення стабільності виробництва.

4.3 Технічна частина

Розроблена система базується на архітектурі клієнт–сервер з можливістю підключення датчиків та контролерів до виробничого обладнання.

Основні технічні рішення включають використання промислових сенсорів для збору даних, сервер аналітики, що обробляє інформацію за допомогою алгоритмів машинного навчання, базу даних для зберігання історичних даних вимірювань, веб-інтерфейс для контролю, аналізу та формування звітів.

Використане програмне забезпечення мова програмування Python / C# (.NET), система керування базами даних PostgreSQL, аналітичні бібліотеки TensorFlow, Scikit-learn, середовище візуалізації Power BI або Grafana.

4.4 Економічна частина

4.4.1 Витрати на розробку

Стаття витрат	Орієнтовна сума, грн
Заробітна плата розробників (2 особи × 3 міс.)	180 000
Витрати на серверне обладнання	40 000
Програмне забезпечення та ліцензії	15 000
Тестування та налагодження	25 000
Накладні витрати (комунальні, оргтехніка тощо)	10 000
Разом:	270 000 грн

4.4.2 Очікуваний економічний ефект

Після впровадження системи очікується зниження витрат від браку на 10–15%, зменшення витрат на контроль якості на 20%, підвищення продуктивності праці персоналу на 10%, скорочення простоїв обладнання завдяки ранньому виявленню несправностей.

Термін окупності

При середній економії близько 120 000 грн/рік очікуваний термін окупності проєкту становить близько 2,2 року, що підтверджує економічну доцільність реалізації системи.

Соціально-економічний ефект полягає в підвищенні рівня цифровізації виробництва. Зменшення впливу людського фактору при контролі якості. Оптимізація технологічних процесів та підвищення культури виробництва. Можливість масштабування системи на інші виробничі лінії або підприємства.

Висновки до розділу 4

У результаті проведеного техніко-економічного обґрунтування доведено доцільність створення інформаційної підсистеми контролю виробництва скломатеріалів. Реалізація розробленої системи сприятиме підвищенню якості продукції, зниженню виробничих витрат, зростанню економічної ефективності підприємства та підвищенню його конкурентоспроможності на ринку будівельних матеріалів.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні положення

Охорона праці є невід'ємною складовою будь-якої виробничої діяльності, особливо у галузях, пов'язаних із високотемпературними процесами та роботою зі скломатеріалами. Під час розробки та впровадження інформаційної підсистеми контролю виробництва скломатеріалів необхідно забезпечити безпечні умови праці працівників, що беруть участь як у виробничому процесі, так і в експлуатації комп'ютерних систем.

Метою цього розділу є аналіз умов праці, виявлення потенційних небезпечних факторів, а також розроблення заходів щодо їх усунення або мінімізації.

5.2 Характеристика робочого місця

Робоче місце інженера або оператора системи контролю виробництва скломатеріалів розташовується у приміщенні з автоматизованими робочими станціями. Основне обладнання включає, прилади контролю параметрів виробництва (датчики, контролери, модулі зв'язку).

Умови праці характеризуються як робота середньої важкості розумового типу, що передбачає тривале перебування за комп'ютером (до 6 годин на день).

5.3 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

Основні потенційні небезпеки при роботі з інформаційною системою у виробничому середовищі скломатеріалів

№	Фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи безпеки
1	Підвищена температура	Пічне обладнання у виробничому цеху	Перегрів, тепловий удар	Установка вентиляції, обмеження часу перебування
2	Механічні пошкодження	Робота з сировиною (склобій, форми)	Порізи, травми	Захисні рукавички, спецодяг
3	Електричний струм	Електрообладнання, сервери	Ураження струмом	Заземлення, перевірка ізоляції,

№	Фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки	Заходи безпеки
				аварійні вимикачі
4	Випромінювання монітора	Робоче місце інженера	Втома очей, зниження зору	Правильне освітлення, перерви кожні 1,5 год
5	Психоемоційне навантаження	Робота з аналітичними даними	Стрес, втома	Раціональний режим праці, ергономічне робоче місце

5.4 Ергономічні вимоги до організації робочого місця

Для зменшення шкідливих факторів під час роботи з комп'ютерною технікою повинні дотримуватися такі норми, а саме висоту робочого столу — 720–750 мм, стільця — 420–550 мм, відстань від очей до екрана монітора — 600–700 мм, освітленість робочої зони — не менше 300 лк, температура повітря — 18–24 °С, відносна вологість — 40–60%, робочі перерви через кожні 2 години роботи за ПК тривалістю 10–15 хв.

5.5 Вимоги електробезпеки

Усі електротехнічні елементи системи (сервери, контролери, блоки живлення) повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та ДСТУ EN 50110-1:2014. Основні заходи це використання трипровідної системи електроживлення із заземленням, наявність автоматичних вимикачів і захисних реле, проведення щоквартальних оглядів стану електрообладнання, інструктаж персоналу з електробезпеки не рідше ніж раз на рік.

5.6 Пожежна безпека

Підприємство має бути обладнане пожежною сигналізацією, системою автоматичного сповіщення, а також засобами первинного пожежогасіння це вогнегасники (вуглекислотні, порошкові), протипожежні щити, чітко визначені евакуаційні шляхи, таблички з планом евакуації та номерами служб.

У приміщеннях серверної забороняється паління, зберігання легкозаймистих матеріалів, перекриття вентиляційних отворів.

5.7 Санітарно-гігієнічні норми

Згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98, необхідно дотримуватися таких вимог як забезпечення оптимального мікроклімату, своєчасне прибирання приміщень, провітрювання не рідше ніж двічі за робочу зміну, наявність аптечки першої допомоги на кожній виробничій ділянці.

5.8 Заходи щодо безпеки при експлуатації програмного забезпечення

Регулярне створення резервних копій даних, захист від несанкціонованого доступу (паролі, шифрування), встановлення антивірусних програм та оновлень безпеки, моніторинг системи на наявність відмов та загроз.

Висновки до розділу 5

Дотримання вимог охорони праці при розробці та експлуатації інформаційної підсистеми контролю виробництва скломатеріалів забезпечує безпечні та комфортні умови роботи персоналу, зменшує ризик травматизму, підвищує продуктивність праці та сприяє стабільній роботі всієї системи. Виконання комплексу організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та ергономічних заходів гарантує відповідність робочих умов чинним нормативним актам України з охорони праці.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

6.1 Загальні положення

Виробництво скломатеріалів є технологічно складним і екологічно чутливим процесом, який супроводжується значними енергетичними витратами, утворенням відходів, викидів у повітря та шумового забруднення. Розробка інформаційної підсистеми контролю у виробництві скломатеріалів спрямована не лише на підвищення якості продукції та ефективності виробничих процесів, але й на зменшення негативного впливу на довкілля шляхом автоматизованого моніторингу, збору та аналізу екологічних показників.

Метою цього розділу є визначення екологічних аспектів діяльності підприємства, оцінка можливих впливів на навколишнє середовище та обґрунтування заходів щодо їх мінімізації.

6.2 Основні джерела впливу виробництва скломатеріалів на довкілля

№	Вид впливу	Джерело	Потенційні наслідки	Заходи зменшення впливу
1	Викиди в атмосферу	Печі плавлення, газоочисні системи	Забруднення повітря (CO ₂ , NO _x , пил)	Використання фільтрів, рекуперація тепла, оптимізація горіння
2	Тверді відходи	Бій скла, шлаки, упаковка	Накопичення відходів	Повторне використання скла (рециклінг)
3	Стічні води	Охолоджувальні системи, миття обладнання	Забруднення води, зміна pH	Замкнені водооборотні цикли, очищення фільтрами
4	Шум	Виробниче обладнання	Вплив на здоров'я працівників і навколишніх жителів	Звукоізоляція, технічне обслуговування
5	Енергоспоживання	Печі, компресори, ІТ-системи	Високі витрати енергії, викиди CO ₂	Використання енергоощадного обладнання, моніторинг

№	Вид впливу	Джерело	Потенційні наслідки	Заходи зменшення впливу
				споживання енергії

6.3 Роль інформаційної підсистеми у зниженні екологічного навантаження

Розроблена інформаційна підсистема дозволяє здійснювати моніторинг екологічних параметрів у реальному часі (температура, рівень пилу, концентрація газів), аналіз даних для виявлення відхилень від екологічних нормативів, автоматичне оповіщення про перевищення допустимих рівнів шкідливих речовин, оптимізацію енергоспоживання шляхом аналізу ефективності роботи печей, формування звітів для екологічних служб підприємства та державних органів контролю.

Таким чином, підсистема виступає інструментом екологічного моніторингу і сприяє переходу підприємства до принципів «зеленого виробництва».

6.4 Заходи щодо охорони навколишнього середовища

Скорочення викидів у повітря впровадження систем очищення газів від пилу та шкідливих компонентів, регулярне обслуговування пальників для зменшення утворення оксидів азоту, застосування рекупераційних систем для повторного використання тепла.

Раціональне використання сировини полягає в використанні вторинної скляної сировини (склобою), оптимізації рецептур скла для зменшення втрат матеріалів, контроль дозування компонентів через автоматизовану систему.

Очищення та повторне використання води таких як організація замкнутих циклів водопостачання, фільтрація технологічних стоків, встановлення датчиків рівня забруднення.

Енергоефективність виробництва полягає в використанні енергоощадних печей та електродвигунів, автоматичний контроль режимів нагрівання, облік і аналіз енергоспоживання в ІС.

Утилізація відходів це сортування відходів за видами, здача скла та упаковки на переробку, зберігання небезпечних речовин відповідно до стандартів.

6.5 Екологічна безпека програмного та апаратного забезпечення

Розробка інформаційної підсистеми не створює безпосередніх шкідливих викидів, проте важливими є використання енергоощадних серверів та ПК, оптимізація обчислювальних процесів, щоб зменшити енергоспоживання, утилізація електронного обладнання згідно з вимогами ДСТУ 4462:2005 «Електронні відходи. Загальні вимоги до поводження».

Висновки до розділу 6

Впровадження інформаційної підсистеми контролю у виробництві скломатеріалів сприяє зниженню антропогенного навантаження на навколишнє середовище, підвищує ефективність екологічного моніторингу та забезпечує відповідність діяльності підприємства нормам екологічного законодавства України (Закон “Про охорону навколишнього природного середовища”). Системний підхід до контролю технологічних процесів дозволяє в мінімізації викидів шкідливих речовин, зменшенні витрати енергії та сировини, впровадженні принципу сталого розвитку у виробництві скломатеріалів.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи проведено системний аналіз методів контролю технологічних процесів у виробництві скломатеріалів, що дозволило визначити основні проблеми, характерні для галузі, а саме: недостатній рівень автоматизації збору даних, затримки у виявленні відхилень технологічних параметрів, складність оперативного аналізу показників якості та неефективність ручних процедур формування звітності.

На основі проведених досліджень було розроблено концепцію та архітектуру інформаційної підсистеми, яка забезпечує автоматизацію процесів контролю виробництва скломатеріалів. Система побудована за модульним принципом і включає підсистеми моніторингу параметрів технологічного процесу, зберігання даних, аналітичної обробки та формування звітності.

Здійснено проєктування логічної та фізичної моделей бази даних, що забезпечують ефективне зберігання, доступ та обробку технологічної інформації. На основі розробленої структури створено прототип користувацького інтерфейсу, який забезпечує зручну взаємодію оператора з системою, швидкий доступ до поточних даних і формування звітів у реальному часі.

Було обґрунтовано вибір технічних і програмних засобів реалізації системи: використання сучасних платформ .NET і SQL Server забезпечує високу продуктивність, надійність і масштабованість рішення.

Проведено техніко-економічне обґрунтування, яке підтвердило доцільність впровадження розробленої інформаційної підсистеми. Очікуваний економічний ефект полягає у зниженні втрат від браку продукції, підвищенні стабільності якості, скороченні часу контролю й підвищенні ефективності управління виробничими процесами.

Особливу увагу приділено питанням охорони праці та охорони навколишнього середовища. Розроблена система сприяє покращенню умов роботи персоналу, зниженню ризику аварійних ситуацій і підвищенню

екологічної безпеки виробництва завдяки зменшенню кількості технологічних відхилень.

Таким чином, у результаті проведеної роботи виконано системний аналіз існуючих методів контролю у виробництві скломатеріалів, розроблено архітектуру та структуру інформаційної підсистеми контролю, створено моделі бази даних і прикладні інтерфейси користувача, проведено техніко-економічне обґрунтування ефективності впровадження системи, забезпечено відповідність вимогам охорони праці та екологічної безпеки.

Розроблена інформаційна підсистема може бути використана як основа для впровадження системи комплексного контролю якості у виробництві скломатеріалів, а також адаптована для інших галузей, де потрібен постійний моніторинг і аналіз технологічних процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Jiao, Y., Smith, A., & Lee, H. (2022). *Digital transformation of glass manufacturing: The adaptive factory approach*. Applied Thermal Engineering, 215, 119121. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119121>.
2. Peña-Mangas, D., García, M., & Ruiz, J. (2025). *Data-driven glass viscosity soft-sensor development and validation*. Journal of Process Control. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2025>.
3. Hribar, U., Novak, P., & Kovač, M. (2025). *Optimizing foamed glass production with machine learning*. Journal of Cleaner Production. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025>.
4. Pittino, F., Bianchi, A., & Rossi, L. (2020). Automatic anomaly detection on in-production manufacturing machines. *Sensors*, 20(8), 2344. <https://doi.org/10.3390/s20082344>.
5. Farooq, M. S., Khan, A., & Zhang, Y. (2023). A survey on the role of Industrial IoT in smart manufacturing: Architectures, enabling technologies and challenges. *Sensors*, 23(21), 8958. <https://doi.org/10.3390/s23218958>.
6. Казимиренко, Ю.О Огляд методів контролю якості у виробництві скломатеріалів / Ю.О. Казимиренко, В.А Гайдаєнко // Матеріали XVI міжнар. наук.-техн. конф. «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв : НУК, 2025. – С. 123–125
7. Ov, G. S., & Colleagues. (2024). Critical review of SCADA and PLC in smart buildings and industrial control. *Journal of Industrial Information Integration*, 24, 100345. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2024.100345>.
8. Tükeç, E. T. (2022). SCADA systems for next-generation smart factory environments. *International Industrial Informatics Journal*, 7(2), 45–60. <https://icontechjournal.com/index.php/ijj/article/view/211>. icontechjournal.com
9. Göbbels, L., Meyer, S., & Clark, P. (2025). A scoping review of sensor-based quality monitoring and industrial inspection systems. *Sensors*, 25(14), 4401. <https://doi.org/10.3390/s25144401>.
10. Mattera, G., et al. (2025). Anomaly detection in manufacturing systems with temporal models. *Computers & Industrial Engineering*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2025>.
11. Mattera, G., & Colleagues. (2025). Machine learning approaches for real-time process monitoring and anomaly detection in production. *Journal of Manufacturing Systems*. Advance online publication.

12. Ponte, R., Silva, J., & Andrade, P. (2024). Energy consumption analysis in SCADA-based glass furnaces: Case study. *Procedia Computer Science*, 230, 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.01.017>.
13. Vedurmudi, A. P., & Colleagues. (2025). Automation in sensor network metrology: Overview and industrial applications. *Measurement*, 215, 112345. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2025.112345>.
14. Rusu, A., & Popescu, D. (2025). Time management in wireless sensor networks for industrial process control. *Algorithms*, 18(7), 382. <https://doi.org/10.3390/a18070382>.
15. Schmitt, L., & Team. (2025). Use of scattered light sensors for monitoring dispersed phases in process industries. *Processes*, 13(4), 789. <https://doi.org/10.3390/pr13040789>.
16. Microsoft. (2022). *Tutorial: Time series forecasting with ML.NET (demand forecasting example)*. Microsoft Learn. <https://learn.microsoft.com/dotnet/machine-learning/tutorials/time-series-demand-forecasting>.

Додаток А – Інструкція користувача

А.1 Загальні положення

Інформаційна підсистема контролю у виробництві скломатеріалів призначена для збору, аналізу та візуалізації даних технологічного процесу, що забезпечує своєчасне виявлення відхилень, контроль якості продукції та підтримку прийняття рішень інженерно-технічним персоналом.

Підсистема реалізована у середовищі .NET Framework із використанням реляційної бази даних SQL Server та веб-інтерфейсу для користувачів.

А.2 Призначення системи

Основна мета інформаційної підсистеми — автоматизація процесів контролю якості та технологічних параметрів виробництва скломатеріалів, включаючи моніторинг параметрів виробничого процесу в реальному часі, збір даних із сенсорів і технологічного обладнання, автоматичне виявлення відхилень і формування попереджень, ведення архіву технологічних показників, формування аналітичних звітів і графіків, забезпечення доступу до даних через веб-інтерфейс.

А.3 Вимоги до апаратного та програмного забезпечення

Апаратне забезпечення це персональний комп'ютер або сервер із процесором не нижче Intel Core i5, оперативна пам'ять – не менше 8 ГБ, жорсткий диск – від 250 ГБ, Мережеве підключення (Ethernet або Wi-Fi).

Програмне забезпечення включає операційну систему Windows 10 / 11 або Windows Server 2019, .NET 6.0 SDK або вище, Microsoft SQL Server 2019, Веб-браузер (Google Chrome, Edge, Mozilla Firefox).

А.4 Порядок роботи користувача

А.4.1. Запуск системи

1. Увімкніть комп'ютер та переконайтеся, що сервер бази даних SQL Server активний.

2. Запустіть програму через ярлик “GlassControlSystem.exe” або відкрийте веб-додаток за адресою <http://localhost:.....>

3. Введіть облікові дані (логін і пароль).

4. Після авторизації відкриється головне меню системи.

A.4.2 Основне меню

Головне вікно системи містить такі розділи моніторинг процесів – візуалізація параметрів у реальному часі (температура, тиск, витрата газу).

Журнал подій – фіксує аварійні ситуації, перевищення порогів або збої в обладнанні.

Звіти – створення та експорт звітів у форматах PDF, XLSX, CSV.

Аналіз якості – модуль статистичного аналізу даних для виявлення відхилень.

Налаштування – зміна параметрів датчиків, одиниць вимірювання, порогових значень.

A.4.3 Робота з модулем “Моніторинг процесів”

У розділі відображається панель реального часу, що містить графіки та показники сенсорів.

Якщо значення перевищує допустимий рівень, показник підсвічується червоним кольором, а система видає звуковий сигнал.

Користувач може натиснути на параметр, щоб переглянути історію його змін.

A.4.4 Робота з модулем “Звіти”

У головному меню виберіть пункт “Звіти”. Виберіть тип звіту (щоденний, тижневий, місячний). Встановіть часовий період і параметри контролю. Натисніть “Сформувати” – система створить документ із таблицями, графіками та висновками. Для експорту виберіть формат (PDF або Excel).

A.4.5 Робота з модулем “Аналіз якості”

Система використовує методи статистичного контролю процесів (SPC).

Модуль показує діаграми розсіювання, гістограми та графіки контрольних карт.

Для аналізу тенденцій можна фільтрувати дані за часом або партією продукції.

A.4.6 Управління користувачами

У розділі “Адміністрування” адміністратор може додавати або блокувати користувачів, призначати ролі (оператор, інженер, керівник), переглядати історію дій користувачів.

A.5 Повідомлення про помилки

Тип повідомлення	Причина	Дія користувача
“Помилка підключення до бази даних”	SQL Server не запущений або неправильні параметри з’єднання	Перевірити налаштування підключення
“Недостатньо прав доступу”	Невірна роль користувача	Звернутися до адміністратора
“Перевищено поріг температури”	Порушення технологічного режиму	Повідомити відповідального оператора

A.6 Резервне копіювання та відновлення даних

Для створення резервної копії бази даних у меню “Адміністрування” виберіть пункт “Резервне копіювання”.

Вкажіть каталог збереження копії.

Для відновлення — виберіть опцію “Відновити з резервної копії” і вкажіть файл резерву (.bak).

A.7 Завершення роботи

1. Завершіть усі відкриті сесії.
2. Вийдіть із системи через меню “Вихід”.
3. Закрийте програму або браузер.

Інформаційна підсистема контролю процесу виробництва скломатеріалів забезпечує автоматизований збір і збереження технологічних

даних, контроль параметрів у реальному часі, підвищення стабільності процесів, зниження впливу людського фактору, покращення екологічної та технологічної безпеки.

Додаток Б – Технічне завдання на розробку

Загальні відомості

Назва розробки

Інформаційна підсистема контролю виробництва скломатеріалів.

Розробник

Студент магістратури спеціальності 124 «Системний аналіз».

Замовник

Підприємство-виробник скломатеріалів або дослідницький центр галузі матеріалознавства.

Мета розробки

Створення інформаційної підсистеми, яка автоматизує процес контролю якості скломатеріалів, забезпечує збір, зберігання, аналіз та візуалізацію технологічних показників виробництва з використанням інтелектуальних методів обробки даних.

Підстава для розробки

Технічне завдання розроблене відповідно до навчального плану магістерської підготовки та потреби підприємств у підвищенні ефективності контролю якості скломатеріалів через цифровізацію виробничих процесів.

Призначення розробки

Інформаційна підсистема призначена для моніторингу технологічних параметрів (температура, тиск, склад сировини тощо), автоматичного виявлення відхилень і дефектів у процесі виробництва, формування аналітичних звітів і рекомендацій для персоналу, зберігання історичних даних для подальшого аналізу та прогнозування.

Об'єктом автоматизації є виробнича лінія підприємства з виготовлення скломатеріалів, що включає кілька технологічних етапів підготовка сировини, плавлення скла, формування виробів, контроль якості готової продукції.

Система повинна забезпечувати збір даних з датчиків і технологічного обладнання, автоматичну обробку та аналіз даних із використанням

алгоритмів ML, відображення поточного стану виробництва у вигляді графіків і таблиць, формування щоденних, тижневих і місячних звітів, надання інтерфейсу для інженера-контролера та адміністратора системи.

Вимоги до програмного забезпечення

Мова програмування Python, C# (.NET Core), СУБД: Microsoft SQL Server або PostgreSQL, Інтерфейс веб-додаток (ASP.NET + HTML/CSS/JS), Середовище розробки Visual Studio, Jupyter Notebook, ML-бібліотеки Scikit-learn, TensorFlow або PyTorch.

Вимоги до технічного забезпечення

Серверна частина CPU не менше 4 ядер, RAM від 16 ГБ, HDD/SSD від 500 ГБ, ОС Windows Server / Linux Ubuntu.

Клієнтська частина

ОС Windows 10+, RAM не менше 8 ГБ, Браузер: Microsoft Edge, Chrome або Firefox (останні версії).

Вимоги до надійності та безпеки

Резервне копіювання бази даних не рідше одного разу на добу, Авторизація користувачів за логіном і паролем, обмеження доступу до конфіденційних даних відповідно до ролей користувачів, шифрування мережевих з'єднань (SSL/TLS).

Вимоги до ергономіки та дизайну

Інтерфейс має бути інтуїтивно зрозумілим, забезпечувати швидкий доступ до основних функцій системи, мати єдиний стиль оформлення (колірна схема, шрифти, структуру меню).

Етапи розробки

Аналіз предметної області та формування вимог, проєктування архітектури системи, розробка бази даних, реалізація модулів збору та обробки даних, розробка інтерфейсу користувача, Тестування та впровадження системи.

Порядок контролю та приймання

Перевірка працездатності системи здійснюється шляхом тестування на реальних або імітованих даних виробничого процесу.

Результати роботи повинні відповідати функціональним вимогам технічного завдання.

Очікувані результати

Розроблена інформаційна підсистема повинна підвищити ефективність контролю якості, зменшити кількість дефектів продукції та забезпечити оперативне реагування на технологічні відхилення.

Додаток В – Екранні форми розробки

ГОЛОВНЕ МЕНЮ

Вітаю, Юзер



Моніторинг процесів



Журнал подій



Звіти



Аналіз якості



Налаштування



Адміністрування

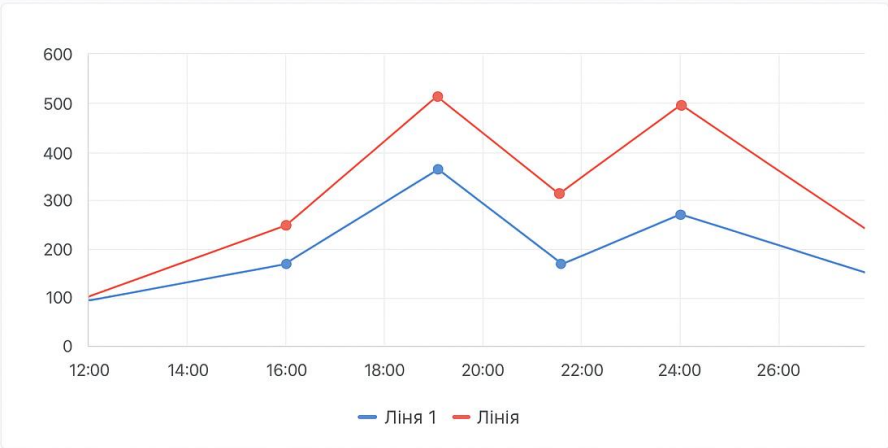
Моніторинг

Журнал подій

Звіти

Адмініструва

Моніторинг



Час	Значення	Оенист
11:45	478	2
12:00	212	0



Моніторинг



Журнал подій



Звіти



Адмініструва

Модуль звітів

Звіти

Дата	Назва звіту
01.01.2023	Звіт по виробничому процесу
02.01.2023	Звіт по якості продукції
03.01.2023	Звіт по ефективності виробництва

Додаток Г- Фрагмент програмного коду

А. С# (.NET 6/8) — модель, DbContext, контролер API для прийому даних з датчиків

1) Модель даних (Entity Framework Core)

```
// Models/SensorReading.cs

using System;
using System.ComponentModel.DataAnnotations;
using System.ComponentModel.DataAnnotations.Schema;

namespace GlassControl.Models
{
    public class SensorReading
    {
        [Key]
        public long Id { get; set; }

        // Ідентифікатор датчика або технологічної точки
        [Required]
        public string SensorId { get; set; }

        // Тип параметра: Temperature, Pressure, Flow, etc.
        [Required]
        public string Parameter { get; set; }

        // Значення виміру
        public double Value { get; set; }

        // Час зчитування
        public DateTime Timestamp { get; set; }

        // Прапор — відмітка, якщо дані позначені як аномальні
```

```

public bool IsAnomaly { get; set; } = false;

// Додаткові поля (наприклад, batchId або productionLine)
public string BatchId { get; set; }
}
}
// Data/ApplicationDbContext.cs
using Microsoft.EntityFrameworkCore;
using GlassControl.Models;

namespace GlassControl.Data
{
    public class ApplicationDbContext : DbContext
    {
        public DbSet<SensorReading> SensorReadings { get; set; }

        public ApplicationDbContext(DbContextOptions<ApplicationDbContext> options)
            : base(options) { }

        protected override void OnModelCreating(ModelBuilder modelBuilder)
        {
            modelBuilder.Entity<SensorReading>()
                .HasIndex(r => new { r.SensorId, r.Timestamp });
        }
    }
}

```

2) DTO для прийому даних (API)

```

// Dtos/SensorReadingDto.cs
using System;

```

```

namespace GlassControl.Dtos
{

```

```

public class SensorReadingDto
{
    public string SensorId { get; set; }
    public string Parameter { get; set; }
    public double Value { get; set; }
    public DateTime Timestamp { get; set; }
    public string BatchId { get; set; } // опціонально
}
}
3) Контролер API — збереження + виклик ML-сервісу

```

```

// Controllers/SensorController.cs

```

```

using Microsoft.AspNetCore.Mvc;
using GlassControl.Data;
using GlassControl.Models;
using GlassControl.Dtos;
using System.Threading.Tasks;
using System.Net.Http;
using System.Text.Json;
using System.Text;

```

```

namespace GlassControl.Controllers

```

```

{
    [ApiController]
    [Route("api/[controller]")]
    public class SensorController : ControllerBase
    {
        private readonly ApplicationDbContext _db;
        private readonly IHttpClientFactory _httpClientFactory;

        public SensorController(ApplicationDbContext db, IHttpClientFactory httpClientFactory)
        {
            _db = db;

```

```
    _httpClientFactory = httpClientFactory;  
}
```

```
[HttpPost("ingest")]
```

```
public async Task<IActionResult> Ingest([FromBody] SensorReadingDto dto)
```

```
{  
    if (dto == null) return BadRequest();
```

```
    var reading = new SensorReading
```

```
{  
    SensorId = dto.SensorId,  
    Parameter = dto.Parameter,  
    Value = dto.Value,  
    Timestamp = dto.Timestamp == default ? DateTime.UtcNow : dto.Timestamp,  
    BatchId = dto.BatchId  
};
```

```
// Зберігаємо в локальну БД
```

```
_db.SensorReadings.Add(reading);
```

```
await _db.SaveChangesAsync();
```

```
// Виклик ML-сервісу для перевірки аномалії (припускаємо, що ML-сервіс  
доступний як HTTP API)
```

```
var client = _httpClientFactory.CreateClient("AnomalyService");
```

```
var payload = new
```

```
{  
    sensorId = reading.SensorId,  
    parameter = reading.Parameter,  
    value = reading.Value,  
    timestamp = reading.Timestamp
```

```
};
```

```
var json = JsonSerializer.Serialize(payload);
```

```

var content = new StringContent(json, Encoding.UTF8, "application/json");

try
{
    var resp = await client.PostAsync("/detect", content);
    if (resp.IsSuccessStatusCode)
    {
        var respJson = await resp.Content.ReadAsStringAsync();
        // очікуємо відповідь типу: { "is_anomaly": true, "score": 0.98 }
        using var doc = JsonDocument.Parse(respJson);
        if (doc.RootElement.TryGetProperty("is_anomaly", out var isAnomalyEl) &&
            isAnomalyEl.GetBoolean())
        {
            reading.IsAnomaly = true;
            _db.SensorReadings.Update(reading);
            await _db.SaveChangesAsync();

            // Тут можна додатково створити запис у Journal/Alerts
            // (наприклад, enqueue у RabbitMQ, або запис у Alerts table)
        }
    }
}
catch (HttpRequestException)
{
    // логування помилки виклику ML-сервісу; система працює у деградованому
режимі
}

return Ok(new { saved = true, id = reading.Id });
}
}
}

```


4) Реєстрація HttpClient та DbContext у Program.cs

// Program.cs (для .NET 6/8 minimal)

```
var builder = WebApplication.CreateBuilder(args);
```

```
// Add EF Core
```

```
builder.Services.AddDbContext<ApplicationDbContext>(options =>
```

```
    options.UseSqlServer(builder.Configuration.GetConnectionString("DefaultConnection"));
```

```
// Add HttpClient for anomaly detection service (налаштувати URL в appsettings.json)
```

```
builder.Services.AddHttpClient("AnomalyService", client =>
```

```
{
```

```
    client.BaseAddress = new Uri(builder.Configuration["AnomalyService:BaseUrl"]);
```

```
    client.Timeout = TimeSpan.FromSeconds(5);
```

```
});
```

```
builder.Services.AddControllers();
```

```
var app = builder.Build();
```

```
app.MapControllers();
```

```
app.Run();
```

B. Python — ML-сервіс (Flask) для виявлення аномалій (IsolationForest)

1) Навчання моделі (одноразово)

```
# train_isolation.py
```

```
import pandas as pd
```

```
from sklearn.ensemble import IsolationForest
```

```
import joblib
```

```
# Приклад: завантажуюємо історичні виміри у CSV
```

```
df = pd.read_csv("historical_sensor_readings.csv")
```

```
# Формуємо ознаки — приклад: просто значення та ковзне середнє
```

```
df['value_lag1'] = df.groupby(['sensor_id', 'parameter'])['value'].shift(1)
df['value_diff'] = df['value'] - df['value_lag1']
df = df.dropna()
```

```
features = ['value', 'value_lag1', 'value_diff']
X = df[features]
```

```
model = IsolationForest(n_estimators=100, contamination=0.01, random_state=42)
model.fit(X)
```

```
# Збереження моделі
joblib.dump(model, "isolation_model.joblib")
print("Model trained and saved.")
```

2) REST API для детекції (Flask)

```
# app.py
from flask import Flask, request, jsonify
import joblib
import numpy as np
import pandas as pd
from datetime import datetime

app = Flask(__name__)

# Завантажуємо попередньо натреновану модель
model = joblib.load("isolation_model.joblib")

# Налаштування: яку структуру очікуємо
@app.route("/detect", methods=["POST"])
def detect():
```

"""

Очікуємо JSON:

```
{  
    "sensorId": "S123",  
    "parameter": "Temperature",  
    "value": 123.45,  
    "timestamp": "2025-10-26T12:34:56Z"  
}
```

"""

```
data = request.get_json()
```

```
if not data:
```

```
    return jsonify({"error": "no data"}), 400
```

```
try:
```

```
    value = float(data["value"])
```

У простому прикладі використаємо лише value та значення з попереднього кроку

У реальному сервісі потрібно брати історію з БД (Time-series DB) для побудови ознак

ТУТ: приклад з фіксованими lag/feature (для PoC)

Наприклад, ми можемо отримати останнє значення через API до DB — для прикладу поки NaN -> use 0

```
    value_lag1 = float(data.get("value_lag1", value)) # якщо не передана — беремо поточну
```

```
    value_diff = value - value_lag1
```

```
    X = np.array([[value, value_lag1, value_diff]])
```

```
    score = model.decision_function(X)[0] # чим вище — тим менш аномально за шкалою IsolationForest
```

```
    pred = model.predict(X)[0] # 1 -> нормальний, -1 -> аномалія
```

```
is_anom = (pred == -1)

return jsonify({"is_anomaly": bool(is_anom), "score": float(score)})
```

```
except Exception as e:

    return jsonify({"error": str(e)}), 500
```

```
if __name__ == "__main__":

    app.run(host="0.0.0.0", port=5000)
```

3) Dockerfile (якщо потрібно контейнеризувати ML-сервіс)

```
FROM python:3.10-slim

WORKDIR /app

COPY requirements.txt .

RUN pip install --no-cache-dir -r requirements.txt

COPY . .

EXPOSE 5000

CMD ["python", "app.py"]

Flask==2.2.5

scikit-learn==1.2.2

joblib==1.2.0

pandas==2.0.3

numpy==1.25.0
```

С. ПРИКЛАД SQL-СХЕМИ ТАБЛИЦІ (Т-SQL)

```
CREATE TABLE SensorReadings (

    Id BIGINT IDENTITY(1,1) PRIMARY KEY,

    SensorId NVARCHAR(50) NOT NULL,

    Parameter NVARCHAR(50) NOT NULL,

    Value FLOAT NOT NULL,

    Timestamp DATETIME2 NOT NULL,
```

```
IsAnomaly BIT NOT NULL DEFAULT 0,  
BatchId NVARCHAR(50) NULL  
);
```

```
CREATE INDEX IX_Sensor_Timestamp ON SensorReadings (SensorId,  
Timestamp);
```

D. ПРИКЛАД HTTP-ЗАПИТУ (CURL) — ВІД СИМУЛЯТОРА ДАТЧИКА

```
curl -X POST "https://your-web-api.example.com/api/sensor/ingest" \  
-H "Content-Type: application/json" \  
-d '{  
  "sensorId": "FURNACE_TEMP_1",  
  "parameter": "Temperature",  
  "value": 1423.5,  
  "timestamp": "2025-10-26T12:34:56Z",  
  "batchId": "BATCH-2025-10-26-001"  
}'
```

E. РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ІНТЕГРАЦІЇ ТА РОЗГОРТАННЮ

Історія для ознак в реальній системі ML-сервіс має звертатись до Time-series DB (InfluxDB/TimescaleDB) або SQL (з індексом за часом) щоб витягти попередні n значень і згенерувати ознаки (lags, rolling mean, seasonality features).

Масштабування ML-сервіс розгортати як окремий контейнер(и); .NET API — у Kubernetes/AKS/ App Service.

Черги для пікових навантажень використати message broker (RabbitMQ/Kafka) — .NET записує в чергу, ML worker обробляє потік асинхронно і пише результат (аналітичні події) назад у БД.

Моніторинг Prometheus/Grafana для метрик; ELK/EFK для логів.

Безпека в захищатстві ML-ендпойнти аутентифікацією (API key / mTLS), використовувати HTTPS.

Тестування unit-тести для сервера та інтеграційні тести; валідація ML моделі (backtest) перед розгортанням.

F. КОРОТКЕ ПОЯСНЕННЯ І ДЕ ЩО ПОСТАВИТИ У РОБОТІ

Фрагмент C# призначений для розділу «Реалізація серверного API» (показ практичної інтеграції).

Python-фрагменти — у розділі «Математичне/алгоритмічне забезпечення» і «Реалізація ML-модуля».

SQL — у підрозділі «Проектування бази даних» або «Фізична модель БД».

Опис CI/CD/контейнеризації — у розділі «Розгортання/Технічне забезпечення».