

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА
Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему: Розробка комп'ютерноінтегрованої підсистеми опрацювання
замовлень для підприємства трубної промисловості

Виконав: здобувач вищої освіти
3 курсу, групи Сінж-2023-1-У
напряму підготовки (спеціальності)
174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка»
Сіколенко Даниїл Олександрович
(прізвище та ініціали)
Керівник Піддубна Л.В., доц. каф. АКІТ
(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)

Рецензент Ківіренко О.Б., начальник
виробництва ТОВ «Альфа-Композіт»
(прізвище та ініціали, наук. ступ., вч. звання)


**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О. М. БЕКЕТОВА**

**Навчально-науковий Інститут енергетичної, інформаційної та
транспортної інфраструктури**

Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр
Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ

 БАРАНОВ О.О.

« 19 » червня 2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Сіколенко Даниїл Олександрович

1. Тема роботи Розробка комп'ютерноінтегрованої підсистеми опрацювання
замовлень для підприємства трубної промисловості

Затверджена наказом університету від « 22 » травня 2026 року № 440-03.

Керівник роботи Піддубна. Д.В., к.філос. н., доц., доц. кафедри АКІТ

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

2. Строк подання роботи здобувачем вищої освіти « 15 » червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Розробка комп'ютерноінтегрованої підсистеми
опрацювання замовлень для виробничого підприємства трубної промисловості

4. Зміст розрахунково пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити): Вступ. Аналіз об'єкта автоматизації та обґрунтування розробки.

Проектування архітектури та алгоритмічного забезпечення. Дослідження
комп'ютерноінтегрованої підсистеми опрацювання замовлень на
підприємстві. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях, висновки

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

Презентація.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз проблеми	Піддубна Л.В.	11.05.2026 <i>Blays</i>	21.05.2026 <i>Blays</i>
Основна частина	Піддубна Л.В.	22.05.2026 <i>Blays</i>	31.05.2026 <i>Blays</i>
Спеціальний розділ	Піддубна Л.В.	01.06.2026 <i>Blays</i>	11.06.2026 <i>Blays</i>
Охорона праці	Малишева В.В.	06.06.2026 <i>Ulap</i>	11.06.2026 <i>Ulap</i>

7. Дата видачі завдання « 11 » травня 2026 р.

Керівник *Blays* (підпис) Піддубна Л.В.

Завдання прийняв до виконання *Сіколенко Д. О.* (підпис) Сіколенко Д. О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів	Примітка
1	Розробка 1го розділу бакалаврської роботи	11.05.2026 - 21.05.2026	<i>Blays</i>
2	Розробка 2го розділу бакалаврської роботи	22.05.2026 - 31.05.2026	<i>Blays</i>
3	Розробка 3го розділу бакалаврської роботи	01.06.2026 - 11.06.2026	<i>Blays</i>
4	Розробка розділу з охорони праці	06.06.2026 - 11.06.2026	<i>Ulap</i>
5	Рецензування бакалаврської роботи	15.06.2026	
6	Захист на ДЕК	24.06.2026	

Здобувача вищої освіти *Сіколенко Д. О.* (підпис) Сіколенко Д. О.

Керівник *Blays* (підпис) Піддубна Л.В.

РЕФЕРАТ

Розробка комп'ютерноінтегрованої підсистеми опрацювання замовлень для підприємства трубної промисловості – Сіколенко Даниїл Олександрович, дипломна робота бакалавра, Харків, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, кількість сторінок 94, кількість таблиць 29, кількість рисунків 14, кількість джерел літератури 19.

Актуальність бакалаврського диплому зумовлена необхідністю підвищення операційної ефективності виробничих підприємств трубної промисловості через впровадження комп'ютерно-інтегрованих рішень. Автоматизація опрацювання замовлень дозволяє мінімізувати помилки «людського чинника», скоротити терміни підготовки виробництва та забезпечити прозорість проходження замовлення від клієнта до складу готової продукції.

Метою бакалаврського диплому є розробка комп'ютерно-інтегрованої підсистеми, яка забезпечує автоматизацію збору, обробки та передачі даних про замовлення на рівень планування виробництва, що дозволяє скоротити час обробки документації та підвищити точність виконання виробничих планів.

Об'єктом дослідження є процес управління замовленнями та диспетчеризації на підприємстві трубної промисловості в структурі комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Предметом дослідження є методи, алгоритми та програмно-технічні засоби побудови підсистеми автоматизованого опрацювання та супроводження замовлень.

Реалізація поставленої мети висуває необхідність реалізації таких завдань:

- Проаналізувати бізнес-процеси опрацювання замовлень на підприємстві з виробництва труб та виявити «вузькі місця».
- Обґрунтувати вибір структури комп'ютерно-інтегрованої підсистеми та стек технологій, наприклад, інтеграція з ERP/MES системами.

- Розробити алгоритм проходження замовлення: від валідації технічних параметрів труб до формування завдання на виробництво.
- Опрацювати інформаційне та програмне забезпечення підсистеми, а саме бази даних, інтерфейси користувача.

Для розв'язання поставлених завдань використовуються системний аналіз, методи об'єктно-орієнтованого проектування, теорія баз даних, методи математичного моделювання.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: комп'ютерно-інтегроване виробництво, виробничі підсистеми, бази даних, інтерфейс користувача,

ABSTRACT

Development of a computer-integrated order processing subsystem for a pipe industry enterprise – Daniil Oleksandrovykh Sikolenko, bachelor's thesis, Kharkiv, Kharkiv National University of Urban Economy named after O.M. Beketov, number of pages 94, number of tables 29, number of figures 14, number of literature sources 19.

The relevance of the bachelor's degree is due to the need to increase the operational efficiency of manufacturing enterprises in the pipe industry through the implementation of computer-integrated solutions. Automation of order processing allows you to minimize "human factor" errors, reduce production preparation times and ensure transparency of the order from the client to the finished product.

The purpose of the bachelor's degree is to develop a computer-integrated subsystem that provides automation of the collection, processing, and transmission of order data to the production planning level, which allows to reduce the time for processing documentation and increase the accuracy of production plan execution.

The object of the study is the process of order management and dispatching at a pipe industry enterprise in the structure of computer-integrated production.

The subject of the research is methods, algorithms, and software and hardware tools for building a subsystem for automated processing and support of orders.

The implementation of the set goal requires the implementation of the following tasks:

- Analyze the business processes of order processing at a pipe manufacturing enterprise and identify "bottlenecks".
- Justify the choice of the structure of the computer-integrated subsystem and the technology stack, for example, integration with ERP/MES systems.
- Develop an order processing algorithm: from validation of technical parameters of pipes to formation of a production task.

- Develop the information and software of the subsystem, namely databases and user interfaces.

To solve the tasks, systems analysis, object-oriented design methods, database theory, and mathematical modeling methods are used.

KEYWORDS: computer-integrated manufacturing, manufacturing subsystems, databases, user interface,

ЗМІСТ

ВСТУП 9

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ.....	11
1.1 Технологічна характеристика трубного виробництва як об'єкта керування	11
1.2 Огляд існуючих методів та засобів опрацювання замовлень на підприємстві	17
1.3 Формування вимог до комп'ютерно-інтегрованої підсистеми	20
Висновок до розділу 1.	25
РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ТА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	27
2.1 Розробка структури інформаційних потоків у підсистемі.....	27
2.2 Алгоритмізація процесу перевірки та валідації замовлень	30
2.3 Моделювання бази даних та вибір стеку технологій	35
Висновок до розділу 2.	43
РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ НА ПІДПРИЄМСТВІ	45
3.1 Розробка програмних модулів та інтерфейсів підсистеми	45
3.2 Розробка засобів інтеграції з виробничими протоколами та мережами ..	55
3.3 Розробка інструкції користувача та опис процедури розгортання підсистеми.....	63
Висновок до розділу 3.	67
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	69
4.1 Організаційно-правові основи забезпечення безпеки праці.....	69
4.2 Характеристика об'єкта та виявлення потенційних небезпек	69
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування та розробка заходів щодо їх попередження	71
Висновок до розділу 4.	77
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	79
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	81
ДОДАТОК А.....	83

ВСТУП

Сучасна трубна промисловість характеризується складністю технологічних циклів та високими вимогами до точності виконання специфікацій. Традиційні методи обробки замовлень призводять до затримок у комунікації між відділом збуту та виробничими цехами, що спричиняє простої обладнання або надлишкові витрати енергоресурсів. Впровадження комп'ютерно-інтегрованої підсистеми дозволяє об'єднати дані про замовлення з ресурсами підприємства в єдиному інформаційному просторі. Це критично важливо для оптимізації завантаження ліній прокату, контролю якості та енергозбереження, що є ключовим фактором конкурентоспроможності в умовах цифровізації промисловості (Industry 4.0).

Об'єктом дослідження є процес управління замовленнями та диспетчеризації на підприємстві трубної промисловості в структурі комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Предметом дослідження є методи, алгоритми та програмно-технічні засоби побудови підсистеми автоматизованого опрацювання та супроводження замовлень.

Метою бакалаврського диплому є розробка комп'ютерно-інтегрованої підсистеми, яка забезпечує автоматизацію збору, обробки та передачі даних про замовлення на рівень планування виробництва, що дозволяє скоротити час обробки документації та підвищити точність виконання виробничих планів.

Для реалізації мети у бакалаврській роботі потрібно виконати наступні завдання:

- Проаналізувати бізнес-процеси опрацювання замовлень на підприємстві з виробництва труб та виявити «вузькі місця».
- Обґрунтувати вибір структури комп'ютерно-інтегрованої підсистеми та стек технологій, наприклад, інтеграція з ERP/MES системами.
- Розробити алгоритм проходження замовлення від валідації технічних параметрів труб до формування завдання на виробництво.

- Опрацювати інформаційне та програмне забезпечення підсистеми, а саме бази даних, інтерфейси користувача.

З метою розв'язання поставлених завдань використовуються методи системного аналізу для вивчення структури підприємства та взаємозв'язків між підрозділами; методи об'єктно-орієнтованого проектування (UML) для розробки архітектури програмної частини; теорія баз даних для організації надійного збереження та швидкого доступу до параметрів замовлень; методи математичного моделювання для опису логіки перевірки замовлень на відповідність виробничим потужностям.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ

1.1 Технологічна характеристика трубного виробництва як об'єкта керування

Трубне виробництво є складним багатофакторним об'єктом керування, що поєднує в собі безперервні металургійні процеси та дискретні операції з обробки готової продукції. Як об'єкт автоматизації, воно характеризується великою кількістю вхідних параметрів, жорсткими вимогами до дотримання геометричних розмірів та механічних властивостей виробів.

Ключовою особливістю трубного підприємства є надзвичайно широкий сортамент продукції. Класифікація виробів здійснюється за декількома ознаками, а саме, за способом виготовлення, за геометрією, за призначенням (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація виробів трубного підприємства

Ознака класифікації	Види продукції	Технологічні особливості
Спосіб виготовлення	Безшовні (гаряче- та холоднодеформовані)	Висока міцність, відсутність зварного шва.
	Зварні (прямошовні, спіральшовні)	Виготовляються зі сталевих стрічки (штрипса).
Форма перерізу	Круглі	Стандартні труби для транспортування середовищ.
	Профільні	Квадратні, прямокутні, овальні (конструкційні).

Ознака класифікації	Види продукції	Технологічні особливості
Клас точності	Звичайна точність	Допуски згідно зі стандартними ДСТУ
	Підвищена точність	Калібровані труби для машинобудування.
Тип покриття	Без покриття («чорні»)	Потребують додаткового захисту від корозії.
	Оцинковані / Полімерні	Мають антикорозійний шар.

Виробництво суворо регламентується державними та міжнародними стандартами (наприклад, ДСТУ, ASTM, API). Для системи автоматизації це означає, що кожне замовлення має містити чітку прив'язку до нормативного документа, який визначає допуски на діаметр, товщину стінки та хімічний склад сталі.

Типовий процес виробництва безшовної труби як об'єкта керування включає такі основні етапи:

- 1) Підготовка та нагрів заготовки: керування температурним режимом у кільцевих або методичних печах.
- 2) Прошивка: отримання гільзи з суцільної заготовки на прошивному стані.
- 3) Прокат (редукування): формування кінцевого діаметру та товщини стінки на розкочувальних станах.
- 4) Оздоблення та термообробка: калібрування, правка, термічне зміцнення для досягнення заданих механічних властивостей.
- 5) Контроль та пакування: неруйнівний контроль (ультразвуковий, вихрострумний), нарізка різьби та маркування.

В умовах сучасного ринку трубні підприємства працюють переважно за моделлю Make-to-Order (МТО), що передбачає виготовлення під конкретне замовлення. МТО робить «Замовлення» базовим інформаційним об'єктом, який ініціює всі наступні процеси в комп'ютерно-інтегрованій системі.

У таблиці 1.2 наведено приклади сортаменту сталевих труб (типові параметри), які є вхідною інформацією для нашої бази даних. Параметри зазвичай обираються згідно з ДСТУ (наприклад, ДСТУ 8938:2019 для безшовних труб).

Таблиця 1.2 – Приклади сортаменту сталевих труб

Зовнішній діаметр (D), мм	Товщина стінки (S), мм	Теоретична маса 1 м п., кг	Сфера застосування
21,3	2,0 – 3,2	0,95 – 1,43	Водо- та газопровідні мережі (ВГП)
57	3,0 – 5,0	4,00 – 6,41	Комунальне господарство, металоконструкції
108	4,0 – 8,0	10,26 – 19,73	Промислові трубопроводи
159	4,5 – 12,0	17,15 – 43,50	Нафтогазова галузь
325	6,0 – 20,0	47,20 – 150,43	Магістральні теплові мережі

Блок-схема інформаційних потоків опрацювання замовлення наведена на рисунку 1.1.

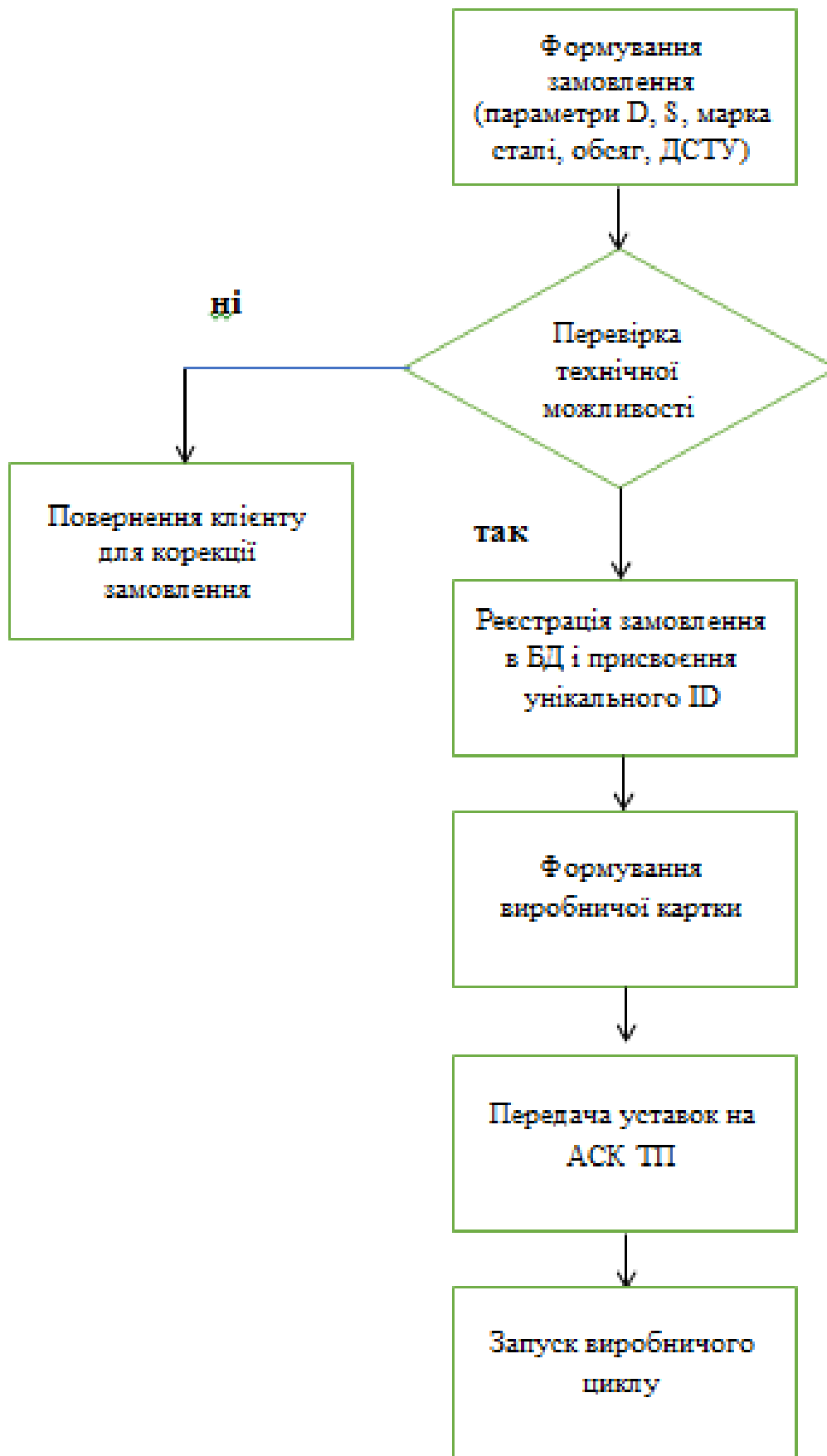


Рисунок 1.1 – Блок-схема інформаційних потоків опрацювання замовлення

Ключовою ланкою процесу обробки замовлень є комп'ютерно-інтегрована підсистема, яка виконує роль фільтра та інтерфейсу між комерційним запитом клієнта та технологічними параметрами виробничого обладнання, що дозволяє автоматизувати процес переналагодження станів під кожен новий тип труб із сортаменту. Розроблена блок-схема відображає послідовність проходження замовлення через різні рівні системи – від клієнта до безпосереднього запуску виробництва. Алгоритм має ієрархічну структуру та включає перевірку, обробку, інтеграцію та виконання.

Етап 1. Формування замовлення (вхідні дані). На початковому етапі клієнт формує замовлення, в якому задає основні параметри продукції: діаметр труби (D); товщина стінки (S); марка матеріалу; обсяг замовлення; нормативний документ (ДСТУ). Ці дані є вхідною інформацією для системи та визначають подальшу можливість виготовлення продукції.

Етап 2. Перевірка технічної можливості (бізнес-логіка). На цьому етапі система виконує логічний аналіз замовлення. Перевіряється чи входять задані параметри у допустимий сортамент підприємства; чи є доступні виробничі потужності для виконання замовлення. Можливі результати:

- Якщо відповідь «НІ», замовлення не може бути виконане; воно повертається клієнту для корекції параметрів; процес завершується або починається заново після виправлення.
- Якщо відповідь «ТАК», замовлення приймається до виконання; відбувається його реєстрація в базі даних; системою генерується унікальний ідентифікатор (ID).

Етап 3. Формування виробничої картки (інтеграційний рівень, MES). Після підтвердження замовлення система переходить до інтеграції з виробництвом. На цьому етапі розраховується необхідна кількість заготовки; визначається технологічний маршрут виготовлення: піч (нагрів), стан (формування труби), оздоблення (фінішна обробка); формується виробнича картка (аналог технологічного завдання). Цей етап фактично пов'язує інформаційну систему із виробничими процесами.

Етап 4. Передача параметрів у виробництво (технологічний рівень). Сформована виробнича картка передається на рівень автоматизованої системи керування технологічним процесом (АСК ТП / PLC). Передаються такі параметри: параметри різання; налаштування валків прокатного стану; температурні режими печі. Ці дані задають режими роботи виробничої лінії.

Етап 5. Запуск виробничого циклу. Після передачі всіх параметрів відбувається запуск виробничого процесу; система переходить у режим виконання замовлення; надалі можливий моніторинг та контроль виконання.

Запропонований алгоритм реалізує принцип поетапної фільтрації та деталізації інформації. Введення параметрів (клієнтський рівень); Перевірка та прийняття рішення (логічний рівень); Інтеграція з виробництвом (MES-рівень); Керування обладнанням (PLC-рівень).

Алгоритм забезпечує автоматизацію прийому замовлень; виключає некоректні або невиконувані замовлення; інтегрує бізнес-процеси з виробництвом; зменшує вплив людського фактору; підвищує ефективність використання ресурсів. Алгоритм дозволяє реалізувати повністю автоматизований цикл обробки замовлення – від введення параметрів клієнтом до запуску виробничого процесу. Його використання забезпечує узгодженість між інформаційною системою та технологічним обладнанням, що є ключовою вимогою для сучасних комп'ютерно-інтегрованих виробництв.

Такі параметри, як діаметр, стінка, марка сталі є ключовими атрибутами у нашій базі даних. Наша підсистема автоматично перевіряє, чи входить вказана у замовленні комбінація «діаметр-стінка» у виробничий діапазон конкретного стану, наприклад, ТПА-140 чи ТПА-30-102, що і є основою комп'ютерно-інтегрованого керування.

Формування виробничої програми передбачає, що параметри замовлення (кількість метрів / тонн, марка сталі, типорозмір) визначають вибір вихідної заготовки та налаштування обладнання. Диспетчеризація сприяє тому, що замовлення стає основою для розрахунку завантаження

потужностей. Без автоматизованого опрацювання замовлень виникає ризик помилкового налаштування станів, що призводить до масового браку. Простежуваність означає, що кожен етап виробництва (від печі до складу готової продукції) має бути прив'язаний до номера замовлення. Таким чином, замовлення є не просто фінансовим документом, а первинним набором технологічних уставок для всієї вертикалі автоматизації підприємства. Ефективне комп'ютерно-інтегроване опрацювання цих даних на початковому етапі є критично важливим для мінімізації витрат металу та енергоресурсів.

1.2 Огляд існуючих методів та засобів опрацювання замовлень на підприємстві

Процес опрацювання замовлень на підприємствах трубної промисловості традиційно складається з кількох етапів: від отримання первинної заявки відділом збуту до формування виробничого завдання для цехів. На багатьох підприємствах цей процес досі залишається частково автоматизованим або базується на використанні розрізаних програмних продуктів, наприклад, пакетів MS Office та застарілих систем обліку. Існуюча схема документообігу передбачає послідовну передачу інформації між підрозділами, що створює значне навантаження на персонал. Основні етапи та інструменти опрацювання наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Аналіз процесу опрацювання замовлень

Етап опрацювання замовлення	Відповідальний підрозділ	Використовувані засоби	Форма результату
Прийом та реєстрація	Відділ збуту (маркетинг)	Е-mail, Excel, телефон	Реєстр замовлень

Етап опрацювання замовлення	Відповідальний підрозділ	Використовувані засоби	Форма результату
заявки			
Технічна експертиза (валідація)	Технологічний відділ	Паперові довідники, ДСТУ	Віза "Можливо/Неможливо"
Розрахунок потреби в металі	Планово- економічний відділ	Калькуляції в Excel	Виробнича специфікація
Формування завдання на зміну	Диспетчерська служба цеху	Журнали, локальні мережі	Наряд-допуск

Таблиця показує, що хоча комп'ютери на заводах є, вони використовуються як «друкарські машинки», а не як частина єдиної системи.

Розберемо кожен етап та проблеми, які виникають на кожному етапі. Існує чітко виражена проблема розриву між підрозділами. Так, наприклад, такі інструменти, як Excel, E-mail, телефон і паперові довідники, не пов'язані між собою. Дані, які менеджер ввів у Excel, не потрапляють автоматично до технолога. Технолог змушений переписувати їх або копіювати вручну, що є головним джерелом помилок. В системі прослідковується залежність від людського чинника на етапі валідації.

На етапі «Технічної експертизи» технолог використовує паперові довідники та ДСТУ. Людина очима шукає в таблиці стандартів, чи можна виготовити трубу 159 × 4,5 мм із конкретної марки сталі.

Втома або неуважність призводять до того, що замовлення приймають, а на етапі прокату з'ясовується, що обладнання не витримує навантаження або

сталь «рветься». Наша підсистема має замінити цей ручний пошук автоматичним алгоритмом.

Ще однією проблемою є ручне формування виробничих завдань. На найнижчому рівні – «Формування завдання на зміну» фігурують «журнали» та «наряди-допуски». Навіть якщо в офісі все порахували правильно, диспетчер у цеху може вручну записати в журнал не ті цифри, або оператор стану може помилитися при налаштуванні валків, бо він отримав папірець, а не цифрову команду в систему керування (PLC).

Аналіз поточної системи виявив низку критичних недоліків, які негативно впливають на продуктивність підприємства. Головною проблемою є розрив інформаційного ланцюга між офісним рівнем (замовлення) та виробничим майданчиком.

Окрім того, існує низька швидкість обробки замовлень, проблема дублювання даних та відсутність потрібного контролю. Низька швидкість обробки обумовлена тим, що інформація передається послідовно (як у черзі), а не паралельно. Поки один відділ не закінчить, інший не почне. Кожен відділ створює свій власний «Реєстр», «Специфікацію» чи «Журнал», хоча всі вони описують одне й те саме замовлення.

Немає автоматичного зворотного зв'язку. Якщо замовлення застрягло на етапі розрахунку металу, менеджер з продажу про це дізнається лише тоді, коли сам зателефонує і запитає.

Основні проблеми класифіковано за типами у таблиці 1.4. Виявлені проблеми свідчать про те, що класичний «паперовий» або фрагментарний документообіг не відповідає вимогам Industry 4.0.

Для усунення затримок необхідно впровадити комп'ютерно-інтегровану підсистему, яка автоматично перевірятиме замовлення на відповідність ДСТУ та можливостям обладнання (виключення помилок розрахунку); створить єдиний інформаційний простір для всіх відділів; забезпечить пряму передачу параметрів замовлення до систем керування (PLC/SCADA), мінімізуючи вплив людського чинника.

Таблиця 1.4 – Перелік проблем поточного процесу опрацювання замовлень

Категорія проблеми	Сутність проблеми	Наслідки для підприємства
Часові затримки	Тривале узгодження параметрів замовлення між відділами (від декількох годин до днів).	Збільшення термінів виконання замовлення, втрата клієнтів.
Людський чинник	Помилки при ручному введенні геометричних параметрів труб (D, S).	Виробництво бракованої продукції, перевитрата металу.
Помилки розрахунків	Неправильний розрахунок маси або необхідної кількості заготовки.	Брак сировини на лінії або надлишки незавершеного виробництва.
Відсутність прозорості	Менеджер не бачить реального стану виконання замовлення в цеху.	Неможливість надати клієнту точну інформацію про готовність.

Автоматизація етапу технічної валідації та інтеграція з виробничими протоколами, що пропонуються у даній бакалаврській роботі, дозволять нівелювати більшість вказаних ризиків

1.3 Формування вимог до комп'ютерно-інтегрованої підсистеми

Розробка комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень є доцільною і обгрунтованою технологічною необхідністю, вимогами до точності і якості, економічною ефективністю, тощо.

На сучасних підприємствах існує розрив між рівнем управління бізнесом (ERP) та рівнем безпосереднього керування обладнанням (SCADA / PLC).

Проектована підсистема виконує роль «інтеграційного містка». Вона перетворює комерційне замовлення клієнта у набір технологічних уставок (діаметр, товщина стінки, допуски), які можуть бути автоматично передані на контролери виробничої лінії.

Для трубного підприємства діють жорсткі вимоги щодо підвищення точності та якості, адже виробництво має жорсткі стандарти (ДСТУ, API). Помилка на етапі введення даних менеджером призводить до запуску у виробництво цілої партії бракованої продукції. Автоматизація валідації замовлень дозволяє системі самостійно перевіряти вхідні параметри на відповідність сортаменту та потужностям станів. Це виключає «людський чинник» і гарантує, що у виробництво потраплять лише технічно коректні завдання.

Ручне опрацювання замовлення, узгодження його з технологами та плановим відділом займає значний час. Автоматизація дозволяє скоротити час від отримання заявки до її запуску в цех у 5 – 10 разів. Точне планування замовлень дозволяє оптимізувати графік переналагодження прокатного обладнання, що знижує енерговитрати та знос інструменту. Для сертифікації продукції на міжнародних ринках важливо знати, з якої заготовки і за яких параметрів була виготовлена конкретна труба. Створення єдиної бази даних замовлень дозволяє відстежувати статус кожного виробу в реальному часі та формувати автоматичні звіти для клієнтів і керівництва.

Таблиця 1.5 – Порівняння традиційного і комп’ютерно-інтегрованого підходу.

Критерій	Традиційний підхід (як є)	Комп’ютерно-інтегрований підхід (як буде)
Обмін даними	Паперовий, E-mail, телефон	Єдине інформаційне середовище (БД)

Критерій	Традиційний підхід (як є)	Комп'ютерно-інтегрований підхід (як буде)
Валідація даних	Ручна (технолог перевіряє за ДСТУ)	Автоматична (алгоритмічна перевірка)
Передача в цех	Паперові змінні завдання	Цифрові уставки через OPC/MQTT протоколи
Ризик помилки	Високий (людський чинник)	Мінімальний (контроль системними правилами)

Програмне забезпечення (ПЗ) підсистеми опрацювання замовлень має відповідати принципам модульності та масштабованості. Основними технічними вимогами є надійність та відказостійкість, кросплатформеність, швидкодія, підтримка промислових стандартів.

ПЗ повинно забезпечувати цілісність даних при критичних збоях, наприклад, розрив з'єднання з мережею цеху. Кросплатформеність проявляється у можливості роботи на різних операційних системах (Windows для офісу, Linux для вбудованих промислових панелей). Час автоматичної перевірки одного замовлення на відповідність сортаменту не повинен перевищувати 2 – 3 секунд. ПЗ має включати стеки протоколів (TCP/IP, OPC) для зв'язку з нижнім рівнем автоматизації.

Трубне підприємство вже має накопичені масиви даних (довідники сталей, таблиці ДСТУ, залишки заготовки на складі). Підсистема не повинна дублювати ці дані, а має ефективно інтегруватися з ними. Використання єдиних баз даних виключає ризик суперечливих даних у різних відділах.

Оскільки підсистемою будуть користуватися працівники з різними задачами, інтерфейс має бути адаптивним та функціонально-орієнтованим. Для цього будемо використовувати рольову модель доступу (Role-Based Access Control, RBAC), яка представляє собою метод розмежування прав

доступу в системі, де дозволи прив'язуються не до конкретної людини, а до її ролі (посади чи функцій) на підприємстві.

Таблиця 1.6 – Вимоги до інтеграції з інформаційними ресурсами

Тип даних	Джерело (БД)	Метод інтеграції	Призначення
Нормативно-довідкові	SQL-сервер ДСТУ/ГОСТ	SQL-запити (Select)	Перевірка допустимих комбінацій \$\$\$ та \$\$\$
Складські залишки	ERP-система (1C/SAP)	API або проміжні таблиці	Перевірка наявності заготовки під замовлення
Виробничі звіти	MES-система / БД АСК ТП	Прямий доступ до БД	Моніторинг статусу виконання замовлення

Система опрацювання замовлень об'єднує «офіс» та «цех». Якщо дати всім однакові права, менеджер може випадково змінити налаштування прокатного стану, а оператор – видалити фінансові дані замовлення.

Обґрунтуємо три основні ролі для нашої підсистеми.

Роль «менеджер відділу збуту» (комерційний рівень) є «вхідною точкою» даних. Його завдання – швидко прийняти запит від клієнта. Менеджер має дозволи на створення нових замовлень, редагування контактних даних клієнта, перегляд статусу готовності (для інформування замовника). Не має права змінювати технологічні параметри, наприклад, змінювати температуру нагріву заготовки, оскільки це поза його компетенцією.

Роль «технолог» (контролюючий / інженерний рівень) є «фільтром» системи. Він відповідає за те, щоб замовлення було технічно реальним.

Технолог має дозволи на редагування бази даних сортаменту, встановлення допусків за ДСТУ, затвердження замовлень до виробництва. Він не працює з фінансовими документами клієнта, зосереджений виключно на відповідності замовлення стандартам і потужностям обладнання.

Роль «диспетчер / оператор» (виробничий рівень) виконує людина, яка знаходиться безпосередньо в цеху біля пультів керування. Диспетчер має дозволи на перегляд черги замовлень, запуск замовлення в роботу (сигнал на PLC), відмітка про виконання етапів (наприклад, «прошивка завершена», «труба порізана»). Він не може створювати нові замовлення або змінювати стандарти ДСТУ в базі даних. У таблиці 1.7 зображено матрицю доступу для описаних ролей.

Таблиця 1.7 – Порівняльна таблиця прав доступу

Функція підсистеми	Менеджер збуту	Технолог	Диспетчер цеху
Створення замовлення	Так	Ні	Ні
Затвердження ТТХ за ДСТУ	Ні	Так	Ні
Редагування сортаменту	Ні	Так	Ні
Запуск у виробництво	Ні	Ні	Так
Моніторинг виконання	Читання	Читання	Запис

Рольова модель доступу забезпечує інформаційну безпеку, запобігання помилкам, ергономіку. Інформаційна безпека передбачає захист бази даних від некоректних змін або видалення важливої інформації. Запобігання помилкам організовано таким чином, що система просто не дозволить менеджеру

помилково ввести неіснуючий діаметр труби, якщо технолог не додав його в дозволений сортамент. Кожен користувач бачить лише ті кнопки та поля, які йому потрібні. Інтерфейс не перевантажений зайвими функціями, що зменшує час на обробку даних. Для мінімізації ручного введення, використовуються випадаючі списки для вибору типорозмірів труб та марок сталі. Система сповіщень передбачає візуальне виділення некоректних замовлень, наприклад, червоним кольором, якщо товщина стінки не відповідає обраному діаметру за ДСТУ.

Висновок до розділу 1.

У першому розділі було проведено аналіз діяльності трубного підприємства як об'єкта автоматизації та обґрунтовано необхідність впровадження комп'ютерно-інтегрованих технологій у процеси опрацювання замовлень.

Проаналізовано специфіку трубного виробництва, яка характеризується широким сортаментом продукції та складністю технологічних циклів. Встановлено, що замовлення є базовим інформаційним об'єктом, який ініціює всі стадії виробництва – від підготовки заготовки до контролю якості готової продукції.

Досліджено існуючі методи опрацювання інформації на підприємстві та виявлено значні недоліки традиційного документообігу. Основними проблемами є фрагментарність даних (використання розрізаних MS Excel файлів та паперових носіїв), значні часові затримки при узгодженні замовлень та високий ризик помилок через «людський чинник».

Обґрунтовано доцільність розробки комп'ютерно-інтегрованої підсистеми. Встановлено, що перехід до єдиного цифрового середовища

дозволить не лише скоротити час обробки замовлень у декілька разів, а й забезпечити безшовну передачу технологічних уставок безпосередньо на рівень промислових контролерів (PLC), що відповідає стратегії Industry 4.0. Визначено необхідність впровадження рольової моделі доступу, інтеграції з існуючими базами даних нормативно-довідкової інформації (ДСТУ).

РОЗДІЛ 2. ПРОЄКТУВАННЯ АРХІТЕКТУРИ ТА АЛГОРИТМІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

2.1 Розробка структури інформаційних потоків у підсистемі

Для ефективної роботи трубного підприємства необхідно організувати швидкий та безпомилковий обмін даними. Розглянемо, як інформація рухається між основними підрозділами та на якій технічній базі будується ця взаємодія.

У проєктованій підсистемі взаємодія між відділом збуту, складом та цехами будується за принципом єдиного інформаційного простору. Пояснимо більш детально.

Відділ збуту та склад: Коли менеджер вводить нове замовлення, система автоматично надсилає запит на склад. Це дозволяє миттєво дізнатися, чи є в наявності потрібна металева заготовка (штрипс або злиток). Якщо заготовки немає, система автоматично формує запит на її закупівлю.

Відділ збуту та виробничі цехи: Після підтвердження наявності металу, замовлення передається у цех. Цехи отримують не просто «папірець», а набір точних цифрових параметрів: діаметр труби, товщина стінки та кількість метрів.

Зворотний зв'язок: Цех через підсистему звітує про виконання кожного етапу. Склад і відділ збуту бачать у реальному часі, що замовлення вже «прокатане» або «відвантажено».

Основну логіку взаємодії можна зобразити так:

Відділ збуту формує замовлення. → Дані передаються на сервер. → Сервер обробляє інформацію та записує її в базу даних. → Склад отримує інформацію про необхідні матеріали. → Виробничі цехи отримують виробничі завдання. → Результати виконання повертаються в систему.

Інформаційні потоки визначають порядок передачі даних між підрозділами підприємства. Вони забезпечують узгоджену роботу всіх елементів системи (таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Інформаційні потоки системи

Джерело	Призначення	Тип даних
Відділ збуту	Сервер	Замовлення
Сервер	Склад	Потреба в матеріалах
Сервер	Виробництво	Виробничі завдання
Склад	Сервер	Наявність матеріалів
Виробництво	Сервер	Статус виконання

Для реалізації підсистеми обрано комбінований підхід, який поєднує стабільність локальної мережі та гнучкість хмарних технологій. Архітектура «клієнт-сервер» є базовою структурою нашої системи.

Клієнт – це програма на комп'ютерах працівників, користувачами якої є відділ збуту, оператор складу, інженер. Вона звертається до сервера за даними. Це зручно, бо всі зміни, які вніс один працівник, одразу бачать інші.

Сервер – це «мозок» системи, який обробляє запити та зберігає базу даних. Він знаходиться на території підприємства для безпеки. Сервер обробляє всі запити та забезпечує зв'язок з обладнанням у цехах.

Перевагами архітектури «клієнт-сервер» є централізоване управління даними; зручність доступу; масштабованість; підвищена безпека.

Таблиця 2.2 – Ролі компонентів

Компонент	Функція
Клієнт	Введення та перегляд даних
Сервер	Обробка запитів
База даних	Зберігання інформації

Для підвищення ефективності роботи система може бути розгорнута у хмарному середовищі, що забезпечує доступ із будь-якого місця; резервне копіювання даних; масштабування ресурсів; безперервна робота системи. Переваги хмарного рішення: Частина функцій підсистеми доцільно винести у «хмару» (дистанційний сервер). Доступ звідусіль: Керівництво може бачити звіти про роботу заводу з телефону або домашнього ноутбука. У хмарі автоматично створюються резервні копії даних. Якщо на заводі вимкнеться світло або зламається сервер, інформація не зникне.

Таблиця 2.3 – Порівняння локального та хмарного рішень

Критерій	Локальне	Хмарне
Доступ	Обмежений	Віддалений
Масштабованість	Низька	Висока
Вартість	Висока (обладнання)	Гнучка
Надійність	Середня	Висока

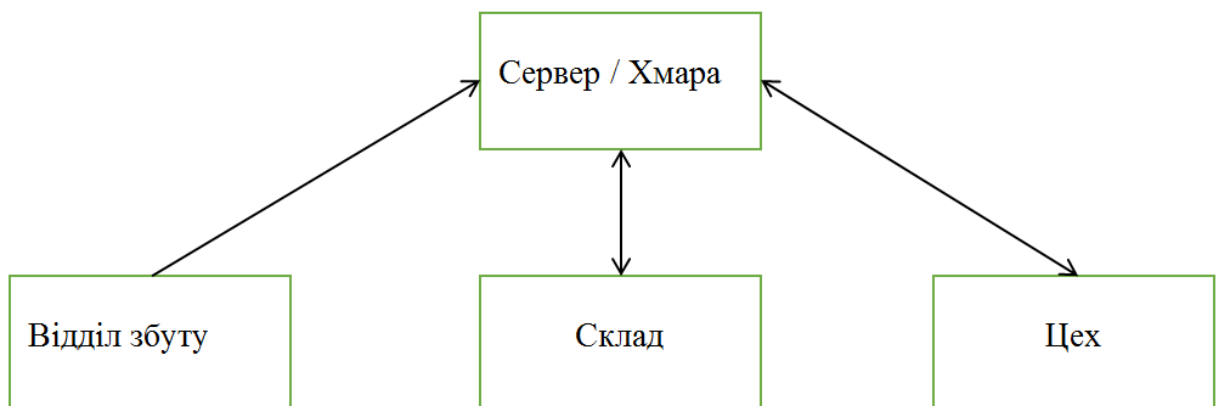


Рисунок 2.1 – Схема інформаційних потоків у підсистемі

На рисунку 2.1 показано взаємодію між основними компонентами системи. Центральним елементом є сервер / хмара, який забезпечує обмін даними між відділом збуту, складом та виробничими цехами. Сервер – це ядро системи, де перетинаються всі потоки. База даних забезпечує синхронізацію між усіма учасниками. Відділ збуту → Сервер: Менеджер вносить специфікації (діаметр D , стінка S , довжина L). Склад ↔ Сервер: Система автоматично перевіряє наявність заготовок на складі та резервує їх під конкретне замовлення. Сервер → Виробничий цех: Підтвержене замовлення конвертується у цифрові уставки. Дані через шлюз (Gateway) передаються безпосередньо на промислові контролери (PLC). Цех → Сервер (Зворотний зв'язок): Датчики на лінії фіксують кількість виготовленої продукції та передають інформацію про статус виконання замовлення («В роботі», «Готово», «Брак»).

Розроблена структура інформаційних потоків забезпечує ефективну взаємодію між підрозділами підприємства. Використання архітектури «клієнт-сервер» та хмарних технологій дозволяє створити гнучку, масштабовану та надійну систему, яка відповідає сучасним вимогам автоматизації виробництва

2.2 Алгоритмізація процесу перевірки та валідації замовлень

Процес валідації замовлення є центральним інтелектуальним компонентом підсистеми. Він трансформує суб'єктивні вимоги замовника у об'єктивну оцінку технічної спроможності виробничих потужностей.

Для автоматизації процесу необхідно представити характеристики замовлення та технічні можливості обладнання у вигляді математичної моделі. Кожне замовлення описується вектором параметрів:

$$Z = \{D_{\text{req}}, S_{\text{req}}, L_{\text{req}}, M_{\text{st}}, T_{\text{ol}}\} \quad (2.1)$$

де D_{req} – зовнішній діаметр, мм;

S_{req} – товщина стінки, мм;

L_{req} – довжина труби, м;

M_{st} – марка сталі;

T_{ol} – клас точності згідно з ДСТУ.

Виробничі можливості прокатного стану описуються множиною геометричних, деформаційних, енергосилових обмежень P .

До геометричних обмежень відносять

$$D_{min} \leq D_{req} \leq D_{max} \quad \text{та} \quad S_{min} \leq S_{req} \leq S_{max}.$$

До деформаційних обмежень відносять коефіцієнт тонкостінності

$$\Psi = D_{req} / S_{req}, \quad \text{який повинен знаходитися в межах } [\Psi_{min}, \Psi_{max}].$$

Наприклад, для гарячекатаних труб зазвичай $\Psi < 40$, інакше виникає ризик втрати стійкості профілю при прокаті.

Енергосилові обмеження пов'язані із навантаженням на приводи стану $F(M_{st}, D, S) \leq F_{adm}$, де F_{adm} – гранично допустиме зусилля.

Детально розглянемо структуру алгоритму валідації, який розбивається на чотири послідовні рівні перевірки.

Рівень 1. Синтаксичний та нормативний контроль.

Програма перевіряє, чи заповнені всі обов'язкові поля та чи відповідає введений типорозмір стандартній сітці ДСТУ. Якщо користувач ввів діаметр 159,2 мм, а стандарт передбачає лише 159 мм, система запропонує автокорекцію до найближчого значення.

Рівень 2. Перевірка геометричної сумісності зі станом.

На цьому етапі алгоритм порівнює запит із паспортом обраного агрегату. Якщо на підприємстві декілька станів (наприклад, ТПА-140 та ТПА-30-102), алгоритм автоматично обирає той, у чий діапазон потрапляє замовлення.

Рівень 3. Технологічний розрахунок маси та заготовки.

На цьому етапі автоматично розраховується теоретична маса погонного метра за формулою:

$$M = 0,02466 \cdot S_{\text{req}} \cdot (D_{\text{req}} - S_{\text{req}}) \quad (2.2)$$

Це необхідно для перевірки, чи вистачить маси вихідної заготовки (штанги) для отримання труби заданої довжини L_{req} з урахуванням припусків на обрізку кінців.

Рівень 4. Аналіз черги та пріоритетності.

Якщо замовлення технічно можливе, алгоритм аналізує поточне завантаження лінії. Якщо лінія перевантажена, система пропонує розрахункову дату готовності.

Результат роботи алгоритму можна описати функцією $R(Z)$, яка набуває значень:

"Accept" (1) – замовлення прийнято в роботу.

"Warning" (0,5) – замовлення можливе за певних умов (наприклад, заміна марки сталі або збільшення терміну).

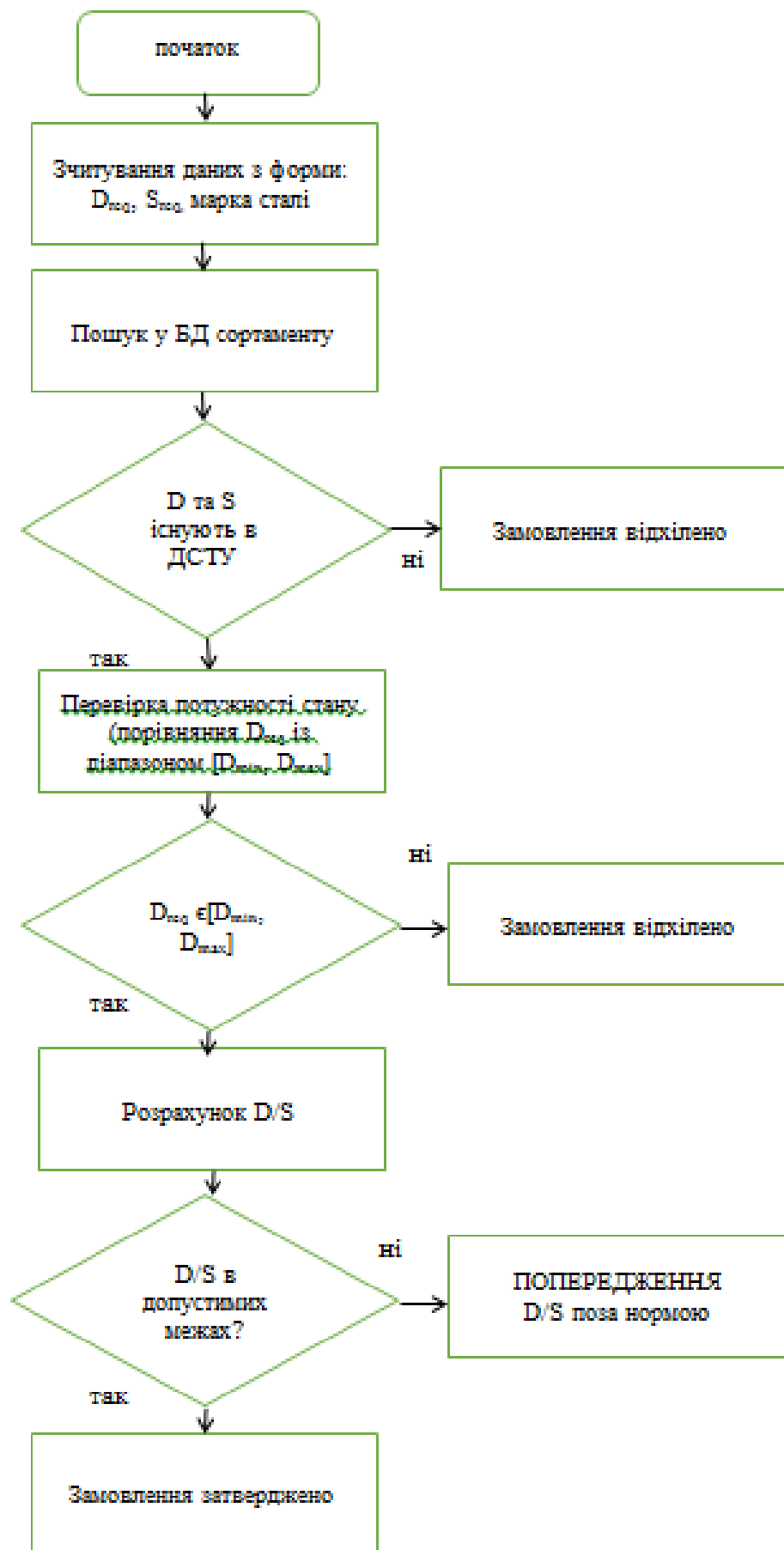
"Reject" (0) – виробництво неможливе.

У алгоритмі передбачено модулі обробки нестандартних ситуацій:

«Термінове замовлення» – Алгоритм перераховує пріоритети в черзі, зсуваючи менш важливі замовлення.

«Спецзамовлення» – Якщо параметри виходять за межі ДСТУ, але технічно можливі, алгоритм не блокує систему, а надсилає запит на ручне підтвердження головному технологу.

Ключовою функцією підсистеми є автоматична валідація – перевірка того, чи здатне обладнання підприємства виготовити трубу із заданими параметрами, що дозволяє уникнути помилок ще на етапі прийому замовлення. Для того, щоб алгоритм міг прийняти рішення «виконати» або «відхилити», він має порівняти замовлені параметри (D – діаметр, S – товщина стінки) з технічним паспортом прокатного стану. Основними обмеженнями виступають геометричний діапазон, коефіцієнт деформації, марка сталі. Кожен прокатний стан має мінімальний та максимальний діаметр труби, який він може сформувати.



31

Рисунок 2.2 – Блок-схема алгоритму валідації.

Стан не може прокатати занадто тонку стінку при великому діаметрі (труба втратить стійкість) або занадто товсту стінку (не вистачить потужності двигунів стана). Велике значення має марка сталі, адже властивості металу впливають на допустимі навантаження на валки стану.

Алгоритм працює за послідовною логікою «від простого до складного». Розпишемо кроки роботи алгоритму.

Зчитування даних: Система отримує значення D_{req} , S_{req} та марки сталі із форми замовлення.

Пошук у БД сортаменту: Програма звертається до таблиці нормативних документів (ДСТУ). Якщо такої комбінації D та S не існує у ДСТУ, то замовлення відхиляється.

Перевірка потужності стану: Система порівнює D_{req} із діапазоном $[D_{min}, D_{max}]$ обраного стану.

Розрахунок технічної можливості: Обчислюється відношення діаметра до стінки. Якщо D / S виходить за межі допустимого для даного обладнання, видається попередження.

Прийняття рішення: Якщо всі умови виконані, замовлення отримує статус «Затверджено» і передається в план виробництва.

Якщо на заводі встановлять новий стан, достатньо просто змінити цифри D_{min} та D_{max} у базі даних, і алгоритм почне працювати з новим обладнанням без переписування коду.

Якщо менеджер випадково помилиться і введе діаметр 1000 мм для стана, який максимум тягне 159 мм, система просто не дасть натиснути кнопку «Зберегти».

2.3 Моделювання бази даних та вибір стеку технологій

Ефективне функціонування інформаційної системи автоматизації обробки замовлень потребує надійної та гнучкої структури бази даних. Основною метою проектування є забезпечення цілісності даних, швидкого доступу до інформації та можливості масштабування системи.

Зробимо аналіз предметної області, яка включає процес формування, зберігання та обробки специфікацій замовлень. Кожне замовлення містить загальні дані (номер, дата, статус); інформацію про замовника; перелік позицій (товарів або послуг); технічні параметри або специфікації; історію змін.

Для реалізації системи обрано реляційну модель даних, оскільки вона забезпечує високу цілісність даних (ACID-властивості); підтримує складні запити; є стандартизованою та широко підтримуваною. У випадках, коли специфікації мають складну або змінну структуру, доцільно використовувати гібридний підхід із застосуванням JSON-полів.

У процесі проектування було виділено такі основні сутності, як Customers (Замовники), Orders (Замовлення), OrderItems (Позиції замовлення), Products (Продукти/послуги), Specifications (Специфікації), OrderHistory (Історія змін) (див. таблиця 2.4).

Таблиця 2.4 – Основні сутності бази даних комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень на трубному підприємстві

№	Сутність	Поля
1	Customers (Замовники)	customer_id (PK) name contact_info
2	Orders (Замовлення)	order_id (PK)

№	Сутність	Поля
		customer_id (FK) order_date status
3	OrderItems (Позиції замовлення)	item_id (PK) order_id (FK) product_id (FK) quantity price
4	Products (Продукти/послуги)	product_id (PK) name description
5	Specifications (Специфікації)	spec_id (PK) item_id (FK) parameters (JSON)
6	OrderHistory (Історія змін)	history_id (PK) order_id (FK) change_date status comment

Оскільки специфікації можуть мати різну структуру залежно від типу продукту, використовуємо поля типу JSON, що дозволяє зберігати змінні параметри без зміни схеми БД; зменшити складність моделі; забезпечити гнучкість системи.

У різних товарів або послуг набір характеристик відрізняється. Наприклад, для кабелю характеристиками є довжина, матеріал, діаметр, для двигуна – потужність, напруга, оберти, для IoT-пристрою – тип датчика,

частота передачі, протокол. Якщо робити класичну реляційну таблицю, довелося би створювати багато колонок (частина з них буде пустою) або постійно змінювати структуру БД (ALTER TABLE).

JSON замість жорстко визначених колонок використовується одне поле, наприклад, parameters (JSON), в якому зберігається структура під конкретний товар.

Приклад 1 (кабель):

```
{  
  "length": 100,  
  "material": "copper",  
  "diameter": 5  
}
```

Приклад 2 (двигун):

```
{  
  "power": 5.5,  
  "voltage": 380,  
  "rpm": 1500  
}
```

JSON дозволяє масштабувати систему, адже дає можливість зберігати змінні параметри без зміни схеми БД. Не потрібно додавати нові поля в таблицю; змінювати структуру бази даних. Новий тип товару → просто інший JSON.

JSON дозволяє зменшити складність моделі. Без нього довелося би створювати окремі таблиці під кожен тип специфікації або робити складні зв'язки (Entity-Attribute-Value-модель (EAV)).

Вибір технологічного стеку здійснювався з урахуванням вимог до продуктивності, масштабованості, простоти розробки та підтримки. Для реалізації бази даних обрано СУБД PostgreSQL, яка здійснює підтримку

складних SQL-запитів; дає можливість роботи з JSON; має відкритий вихідний код.

Вибір мови програмування відбувався між Python та JavaScript (Node.js).

Таблиця 2.5 – Порівняльний аналіз мов програмування для backend-розробки

Критерій	Python	Node.js (JavaScript)
Тип виконання	Інтерпретована мова загального призначення	Середовище виконання JavaScript на сервері
Парадигма	Переважно об'єктно-орієнтована, підтримка процедурного та функціонального стилів	Подієво-орієнтована, асинхронна
Продуктивність	Середня (повільніша за Node.js)	Висока для I/O-операцій (асинхронність)
Простота розробки	Висока, зрозумілий синтаксис	Середня, потребує розуміння асинхронності
Швидкість розробки	Висока (менше коду, багато готових рішень)	Висока, особливо при fullstack (одна мова)
Фреймворки	Django, FastAPI	Express.js, NestJS
Робота з БД	Зручна через ORM (Django ORM, SQLAlchemy)	Через ORM/ODM (Sequelize, Mongoose)
Асинхронність	Підтримується (async/await), але не основа	Основна модель роботи
Масштабованість	Добра, особливо для бізнес-логіки	Висока для високонавантажених API
Сфера застосування	Data Science, IoT, backend, AI	Web API, real-time системи, стрімінг

Критерій	Python	Node.js (JavaScript)
Навчальна складність	Низька	Середня
Єдина мова frontend/backend	Ні	Так (JavaScript)

JavaScript (Node.js) забезпечує асинхронну обробку запитів; єдину мову для frontend і backend. У дипломній роботі як основну мову серверної частини обрано Python, оскільки вона має простий синтаксис та високу швидкість розробки; підтримує велику кількість бібліотек; добре інтегрується з базами даних; широко використовується в системах обробки даних та IoT.

Вибір фреймворків. Для backend-розробки доцільно використовувати Django для швидкої розробки з вбудованою ORM або FastAPI для створення високопродуктивних API (таблиця 2.6). Для frontend доречно застосовувати React або Vue.js, які забезпечують динамічний інтерфейс користувача; підтримують компонентний підхід (таблиця 2.7).

Таблиця 2.6 – Порівняльний аналіз фреймворків для backend-розробки

Критерій	Django	FastAPI
Тип фреймворку	Повнофункціональний (full-stack)	Легковаговий (мікрофреймворк)
Призначення	Розробка комплексних веб-додатків	Створення високопродуктивних API
Продуктивність	Середня	Висока
Асинхронність	Обмежена (частково підтримується)	Повна підтримка (async/await)
Вбудована ORM	Є (Django ORM)	Немає (використовуються)

Критерій	Django	FastAPI
		сторонні, (наприклад, SQLAlchemy)
Адміністративна панель	Є (вбудована)	Відсутня
Швидкість розробки	Висока (багато готових компонентів)	Висока для API, але більше налаштувань
Гнучкість	Менша (структура проекту визначена)	Висока (мінімальні обмеження)
Документація API	Потрібно реалізувати додатково	Автоматична (Swagger/OpenAPI)
Безпека	Вбудовані механізми (CSRF, auth, XSS)	Потрібно налаштовувати
Масштабованість	Добра	Висока
Крива навчання	Середня	Низька–середня
Типові сценарії використання	CRM, ERP, системи управління	REST API, мікросервіси, IoT

Фреймворк Django доцільно використовувати для створення повноцінних веб-додатків із розвиненою бізнес-логікою, оскільки він надає широкий набір вбудованих інструментів, включаючи ORM та адміністративну панель. FastAPI, у свою чергу, є більш ефективним рішенням для побудови високопродуктивних API та систем із великою кількістю запитів у реальному часі завдяки асинхронній моделі виконання та високій швидкодії. Вибір між цими фреймворками залежить від архітектури системи: для комплексних монолітних рішень доцільніше застосовувати Django, тоді як для мікросервісних або IoT-орієнтованих систем – FastAPI.

Бібліотека React є потужним інструментом для розробки складних та масштабованих користувацьких інтерфейсів, забезпечуючи високу гнучкість та широку екосистему. Водночас фреймворк Vue.js характеризується простотою освоєння, зрозумілою структурою та швидкістю розробки, що робить його доцільним для створення інтерфейсів середньої складності.

Вибір між React та Vue.js залежить від вимог проєкту та рівня підготовки розробника: React є більш універсальним для великих систем, тоді як Vue.js – більш зручним для швидкої розробки та навчальних проєктів.

Таблиця 2.7 – Порівняльний аналіз frontend-фреймворків

Критерій	React	Vue.js
Тип технології	Бібліотека для побудови UI	Повноцінний фреймворк
Розробник	Meta (Facebook)	Спільнота (створений Evan You)
Складність вивчення	Середня	Низька
Синтаксис	JSX (JavaScript + HTML)	Шаблони (HTML + директиви)
Компонентний підхід	Так	Так
Продуктивність	Висока (Virtual DOM)	Висока (оптимізований Virtual DOM)
Гнучкість	Висока (мінімум обмежень)	Середня (чіткіша структура)
Екосистема	Дуже велика	Достатня, але менша
Масштабованість	Висока (підходить для великих проєктів)	Висока (але частіше для середніх проєктів)
Інтеграція	Потребує додаткових	Легша (багато вбудованих)

Критерій	React	Vue.js
	бібліотек	рішень)
Документація	Хороша	Дуже зрозуміла та структурована
Типові сценарії використання	Великі SPA, складні інтерфейси	Швидка розробка UI, середні проєкти

У дипломній роботі для backend-розробки використовуємо FastAPI, який дає високу продуктивність; асинхронну обробку запитів; автоматичну документацію API; зручну роботу з REST-сервісами. Для Frontend застосовуємо Vue.js, який забезпечує зручний та інтерактивний інтерфейс; швидке відображення змін без перезавантаження сторінки.

Систематизуємо і узагальнимо обраний стек технологій (Backend + Frontend + БД) у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Характеристика обраного стеку технологій (Backend + Frontend + БД)

Компонент системи	Технологія	Опис	Основні переваги	Роль у системі
Backend (серверна частина)	FastAPI	Легковаговий Python-фреймворк для створення REST API	Висока продуктивність, асинхронність, автоматична документація API	Обробка запитів, бізнес-логіка, взаємодія з БД
Frontend (клієнтська)	Vue.js	JavaScript-фреймворк для	Простота розробки,	Відображення даних, взаємодія з

Компонент системи	Технологія	Опис	Основні переваги	Роль у системі
частина)		побудови користувачького інтерфейсу	реактивність, компонентний підхід	користувачем
Система управління базами даних	PostgreSQL	Реляційна СУБД з підтримкою JSON	Надійність, ACID, підтримка JSONB, масштабованість	Зберігання структурованих і напівструктурованих даних

Обраний стек технологій забезпечує ефективну реалізацію клієнт-серверної архітектури. Використання FastAPI дозволяє створити високопродуктивний серверний рівень із підтримкою асинхронної обробки запитів. Vue.js забезпечує розробку зручного та динамічного користувачького інтерфейсу, а PostgreSQL гарантує надійне зберігання даних із можливістю роботи з гнучкими структурами (JSON). Такий підхід дозволяє досягти високої продуктивності, масштабованості та гнучкості системи, що є важливим для сучасних інформаційних рішень.

Висновок до розділу 2.

У другому розділі було розглянуто питання проектування архітектури та алгоритмічного забезпечення інформаційної системи обробки замовлень.

У підрозділі 2.1 розроблено структуру інформаційних потоків у підсистемі, що дозволило визначити основні джерела, напрямки та етапи передачі даних між компонентами системи. Це забезпечило цілісне уявлення

про функціонування системи та створило основу для подальшої реалізації її модулів.

У підрозділі 2.2 проведено алгоритмізацію процесу перевірки та валідації замовлень. Було сформовано послідовність обробки даних, що включає перевірку коректності введених параметрів, відповідність специфікацій встановленим вимогам та обробку можливих помилок. Запропонований алгоритм дозволяє підвищити надійність системи та мінімізувати ризик обробки некоректних даних.

У підрозділі 2.3 здійснено моделювання бази даних та обґрунтовано вибір стеку технологій. Розроблена структура бази даних забезпечує ефективне зберігання інформації про замовлення, їх специфікації та історію змін. Використання гібридного підходу із застосуванням JSON-полів дозволяє врахувати варіативність структури даних. Обраний стек технологій забезпечує високу продуктивність, масштабованість та зручність розробки системи.

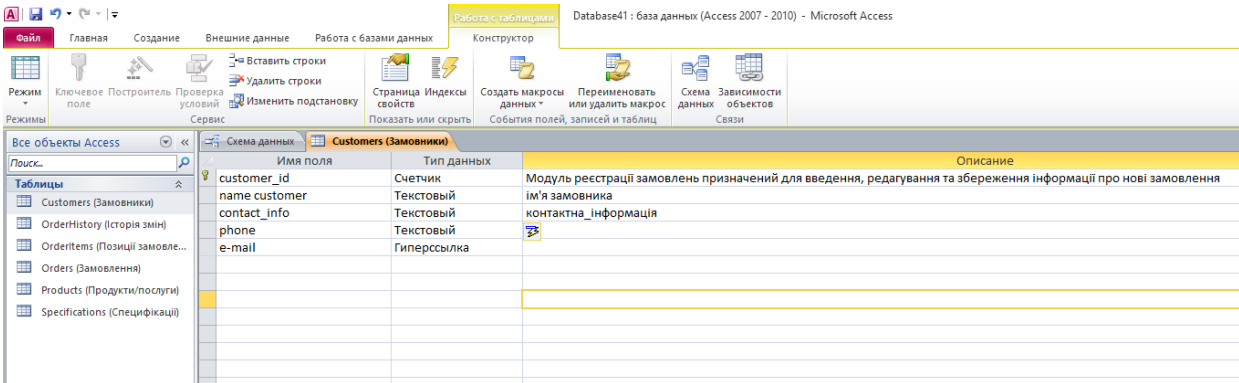
У цілому результати розділу формують цілісну архітектурну основу системи, визначають принципи її функціонування та створюють передумови для подальшої програмної реалізації й експериментального дослідження.

РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ ПІДСИСТЕМИ ОПРАЦЮВАННЯ ЗАМОВЛЕНЬ НА ПІДПРИЄМСТВІ

3.1 Розробка програмних модулів та інтерфейсів підсистеми

Програмна реалізація підсистеми побудована за модульним принципом, що забезпечує розділення функціональності та спрощує подальшу підтримку і масштабування системи. Основними модулями є модуль реєстрації замовлень; модуль роботи з базою даних трубного сортаменту; модуль логічної перевірки (валідації) замовлень. Кожен із модулів реалізує окрему функціональну частину системи та взаємодіє з іншими через програмний інтерфейс (API).

Модуль реєстрації замовлень призначений для введення, редагування та збереження інформації про нові замовлення. Основними функціями модуля є введення даних про замовника; формування складу замовлення (додавання позицій); введення технічних характеристик продукції; передача даних на валідацію; збереження замовлення у базі даних. Модуль реалізовано за допомогою таблиць Customers (Замовники), Orders (Замовлення), OrderItems (Позиції замовлення).



The screenshot shows the Microsoft Access interface with the 'Customers (Замовники)' table structure displayed. The table has the following fields:

Имя поля	Тип данных	Описание
customer_id	Счетчик	Модуль реєстрації замовлень призначений для введення, редагування та збереження інформації про нові замовлення
name customer	Текстовый	ім'я замовника
contact_info	Текстовый	контактна інформація
phone	Текстовый	
e-mail	Гиперссылка	

Рисунок 3.1 – Таблица Customers (Замовники)

Имя поля	Тип данных	Описание
order_id	Счетчик	код замовлення
customer_id	Числовой	код замовника
order_date	Дата/время	дата замовлення
status	Текстовый	статус замовлення

Рисунок 3.2 – Таблица Orders (Замовлення)

Имя поля	Тип данных	Описание
item_id	Счетчик	код позиць замовлення
order_id	Числовой	код замовлення
product_id	Числовой	код продукту / послуги
quantity	Числовой	кількість
price	Денежный	ціна

Рисунок 3.3 – Таблица OrderItems (Позиції замовлення)

Інтерфейс модуля реалізований у вигляді форми, що містить поля для введення загальної інформації (номер, дата, клієнт); таблицю позицій замовлення; блок введення специфікацій.

На рисунку 3.4 представлено форму створення замовлення, де користувач має змогу послідовно вводити дані та формувати структуру замовлення.

Реєстрація замовлення

Система обробки замовлень

Іваненко О. Диспетчер

Загальна інформація

Номер замовлення * 3М-2026-0127

Клієнт * ТОВ "МеталТрейд"

Статус Чернетка

Дата замовлення * 20.05.2026

Контактна особа Петренко О. В.

Умови постачання DAP - склад покупця

Бажана дата відвантаження 27.05.2026

Телефон +380 (50) 123-45-67

Примітка Додати примітку...

Позиції замовлення

+ Додати позицію Обрати з сортаменту Редагувати Видалити

№	Код продукції	Найменування	Діаметр, мм	Товщина стінки, мм	Матеріал	Кількість, м	Ціна за м, грн	Сума, грн
1	TP-48x3.5	Труба сталева безшовна	48.0	3.5	Сталь 20	120.00	85.00	10 200.00
2	TP-76x4.0	Труба сталева безшовна	76.0	4.0	Сталь 20	60.00	145.00	8 700.00
3	TP-108x4.5	Труба сталева безшовна	108.0	4.5	Сталь 09Г2С	80.00	210.00	16 800.00
Разом:								35 700.00

Специфікації та додаткові параметри

Тип продукції Труба сталева безшовна

Специфікація

```

1 {
2   "standard": "ГОСТ 8732-78",
3   "length_type": "мірна",
4   "tolerance": "±1%",
5   "end_finish": "без обробки",
6   "surface": "гарячекатана"
7 }

```

Додаткові вимоги

Маркування згідно з вимогами замовника. Супровідні документи надаються.

Зберегти Зберегти як чернетку Скасувати Перевірити замовлення

← Згорнути меню

Рисунок 3.4 – Вікно реєстрації замовлення

Інтерфейс модуля реєстрації замовлення організовано у вигляді багатоблочної форми, що забезпечує логічне групування даних та зручність роботи користувача.

У верхній частині вікна розташовано блок «Загальна інформація», який містить основні реквізити замовлення, а саме, номер замовлення; дата оформлення; дані про клієнта; контактна особа та телефон; статус замовлення; умови постачання та примітки. Цей блок забезпечує введення базової інформації, необхідної для ідентифікації замовлення та подальшої його обробки.

Нижче розташовано блок «Позиції замовлення», який реалізований у вигляді таблиці. У цьому блоці користувач має можливість додавати нові позиції; обирати продукцію з довідника трубного сортаменту; редагувати або видаляти позиції.

Таблиця містить ключові характеристики продукції, зокрема найменування, діаметр, товщину стінки, матеріал, кількість, ціну та загальну вартість. Також автоматично розраховується підсумкова сума замовлення.

У нижній частині інтерфейсу розміщено блок «Специфікації та додаткові параметри», який дозволяє обрати тип продукції; задати технічні характеристики у вигляді структурованих даних (JSON); вказати додаткові вимоги замовника.

Такий підхід забезпечує гнучкість у зберіганні параметрів продукції та підтримує різні типи специфікацій.

У нижній частині вікна розташовано кнопки керування «Зберегти» – для запису замовлення в базу даних; «Зберегти як чернетку» – для відкладеного редагування; «Скасувати» – для відміни введення; «Перевірити замовлення» для запуску модуля валідації.

Представлений інтерфейс забезпечує повний цикл введення даних замовлення, є інтуїтивно зрозумілим для користувача та мінімізує ймовірність помилок завдяки структурованій організації елементів керування.

Модуль бази даних трубного сортаменту забезпечує доступ до довідкової інформації про трубний сортамент, яка використовується при формуванні замовлень. Основними функціями модулю бази даних є зберігання характеристик труб (діаметр, товщина стінки, матеріал); пошук та фільтрація продукції; вибір параметрів для додавання у замовлення; перевірка відповідності стандартам. Модуль виконано за допомогою таблиць Products (Продукти/послуги), Specifications (Специфікації), OrderHistory (Історія змін).

Database411 : база данных (Access 2007 - 2010) - Microsoft Access

Имя поля	Тип данных	
product_id	Счетчик	код продукції / послуги
name (продукту/послуги)	Текстовый	назва (продукту/послуги)
description	Текстовый	опис

Рисунок 3.5 – Таблица Products (Продукты/послуги)

Database411 : база данных (Access 2007 - 2010) - Micro

Имя поля	Тип данных	
spec_id	Счетчик	код специфікації
item_id	Числовой	идентификатор_товару
parameters (JSON)	Текстовый	параметри

Рисунок 3.6 – Таблица Specifications (Специфікації)

Имя поля	Тип данных	код змін
history_id	Счетчик	код змін
order_id	Числовой	ідентифікатор_замовлення
change_date	Текстовый	дата зміни
status	Текстовый	статус
comment	Поле МЕМО	примітка

Рисунок 3.7 – Таблица OrderHistory (Історія змін)

Між собою таблиці поєднуються за ключовими полями. Зв'язок між таблицями можна побачити у схемі даних (рисунок 3.8).

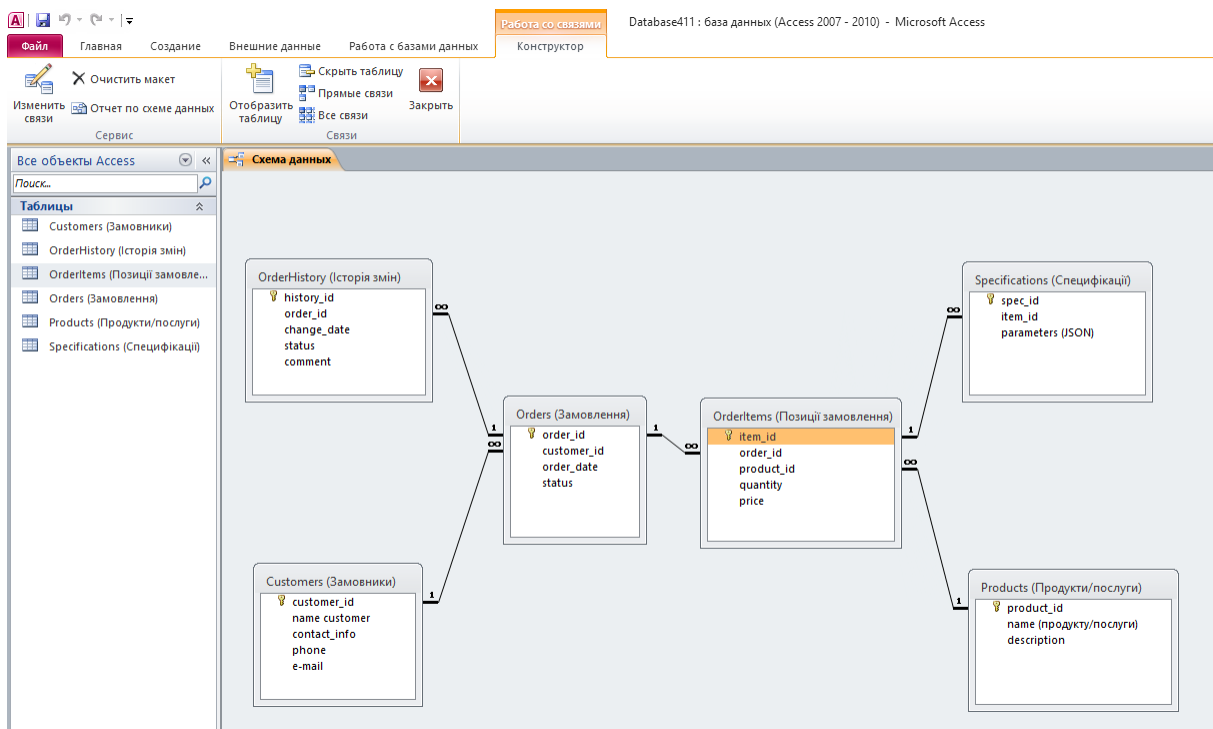


Рисунок 3.8 – Таблица схемы даних

Інтерфейс модуля представлений у вигляді таблиці з можливістю сортування; фільтрації; швидкого пошуку.

Система обробки замовлень

- Замовлення
- Трубний сортамент
- Клієнти
- Перевірка замовлень
- Звіти
- Довідники
- Користувачі
- Налаштування

← Згорнути меню

Трубний сортамент

Пошук за найменуванням, маркою, ГОСТ...

Тип продукції: Усі типи

Матеріал: Усі матеріали

Діаметр, мм: від до

Товщина стінки, мм: від до

Фільтрувати
Очистити

Перелік труб Знайдено: 128 позицій Експорт

№	Найменування	Тип продукції	Зовнішній діаметр, мм	Товщина стінки, мм	Матеріал	Марка сталі	ГОСТ / ТУ	Маса 1 м, кг	Одиниця виміру	Дія
1	Труба 48x3.5	Безшовна	48.0	3.5	Сталь	20	ГОСТ 8732-78	3.59	м	Переглянути
2	Труба 57x4.0	Безшовна	57.0	4.0	Сталь	20	ГОСТ 8732-78	5.02	м	Переглянути
3	Труба 76x4.0	Безшовна	76.0	4.0	Сталь	20	ГОСТ 8732-78	6.84	м	Переглянути
4	Труба 89x4.5	Безшовна	89.0	4.5	Сталь	20	ГОСТ 8732-78	8.85	м	Переглянути
5	Труба 108x4.5	Безшовна	108.0	4.5	Сталь	09Г2С	ГОСТ 8732-78	10.85	м	Переглянути
6	Труба 133x5.0	Безшовна	133.0	5.0	Сталь	09Г2С	ГОСТ 8732-78	14.16	м	Переглянути
7	Труба 159x5.0	Безшовна	159.0	5.0	Сталь	09Г2С	ГОСТ 8732-78	16.92	м	Переглянути
8	Труба 219x6.0	Безшовна	219.0	6.0	Сталь	09Г2С	ГОСТ 8732-78	28.11	м	Переглянути
9	Труба 273x6.0	Безшовна	273.0	6.0	Сталь	09Г2С	ГОСТ 8732-78	35.27	м	Переглянути
10	Труба 325x7.0	Безшовна	325.0	7.0	Сталь	09Г2С	ГОСТ 8732-78	50.26	м	Переглянути

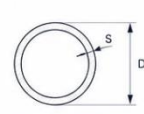
Показати по: 10

« < 1 2 3 4 5 ... 13 > »

1 – 10 з 128

Детальна інформація про позицію

Найменування:	Труба 108x4.5	Матеріал:	Сталь	Маса 1 м:	10.85 кг
Тип продукції:	Безшовна	Марка сталі:	09Г2С	Одиниця виміру:	м
Зовнішній діаметр:	108.0 мм	ГОСТ / ТУ:	ГОСТ 8732-78	Примітка:	—
Товщина стінки:	4.5 мм	Довжина:	6.0 – 12.0 м		



D – зовнішній діаметр
S – товщина стінки

Іваненко О.
Диспетчер

Рисунок 3.9 – Вікно перегляду трубного сортаменту

На рисунку 3.9 представлено інтерфейс модуля перегляду трубного сортаменту, який призначений для роботи з довідковою базою даних продукції та використовується при формуванні замовлень. Інтерфейс організовано у вигляді інформаційної панелі з елементами пошуку, фільтрації та табличного відображення даних, що забезпечує зручний доступ до великого обсягу номенклатури.

У верхній частині вікна розташовано блок пошуку та фільтрації, який дозволяє користувачу здійснювати пошук за найменуванням, маркою або стандартом (ГОСТ); фільтрувати продукцію за типом, матеріалом; задавати діапазони значень для діаметра та товщини стінки; очищувати або застосовувати фільтри. Це забезпечує швидке знаходження необхідних позицій у великій базі даних.

Основну частину інтерфейсу займає блок «Перелік труб», реалізований у вигляді таблиці. Таблиця містить такі основні поля, як найменування

продукції; тип труби; зовнішній діаметр; товщина стінки; матеріал; марка сталі; стандарт (ГОСТ/ТУ); маса одиниці продукції; одиниця виміру. Також передбачено можливість сортування даних за кожним із параметрів, що дозволяє ефективно аналізувати доступний асортимент. Для кожної позиції передбачено дію «Переглянути», яка дозволяє отримати детальну інформацію про вибраний елемент.

У нижній частині інтерфейсу реалізовано можливість працювати з великими обсягами даних без перевантаження інтерфейсу. Додатково представлено блок детальної інформації про позицію, який відображає уточнені характеристики труби; значення параметрів; схематичне зображення геометрії (діаметр та товщина стінки). Цей блок дозволяє користувачу швидко оцінити параметри продукції перед її вибором.

Інтерфейс модуля перегляду трубного асортименту забезпечує ефективний доступ до довідкової інформації, підтримує швидкий пошук та аналіз даних і є важливим елементом системи при формуванні коректних замовлень.

Модуль логічної перевірки (валідації) виконує автоматичну перевірку введених даних на відповідність заданим правилам та обмеженням. Основними функціями модулю валідації є перевірка заповнення обов'язкових полів; контроль допустимих значень параметрів; перевірка узгодженості специфікацій; формування повідомлень про помилки.

Алгоритм роботи модуля передбачає послідовну перевірку кожного елемента замовлення з подальшим формуванням результату у вигляді сповіщення «успішна валідація» або «виявлення помилок із зазначенням причин».

Результати валідації замовлення

Валідація завершена з помилками
Знайдено 4 помилки та 1 попередження. Будь ласка, виправте їх перед збереженням замовлення. [Повторити перевірку](#)

Інформація про замовлення

Номер замовлення:	Клієнт:	Дата замовлення:	Кількість позицій:	Статус валідації:
ЗМ-2026-0127	ТОВ "МеталТрейд"	20.05.2026	3	Не пройдено

Підсумок перевірки

Помилки	Попередження	Успішні перевірки
4	1	7

Список виявлених проблем

Тип	Позиція / Поле	Опис проблеми	Рекомендація
Помилка	Позиція №1 – Товщина стінки	Вказана товщина стінки (3.5 мм) менша за мінімально допустим м (4.0 мм) для діаметра 48.0 мм.	Виберіть товщину стінки не менше 4.0 мм.
Помилка	Позиція №2 – Матеріал	Не вибрано марку сталі.	Вкажіть марку сталі для позиції.
Помилка	Позиція №3 – Кількість	Кількість не може бути від'ємним значенням (-20 м).	Вкажіть коректне значення кількості.
Помилка	Загальна інформація – Дата відвантаження	Дата відвантаження (15.05.2026) не може бути раніше дати замовлення (20.05.2026).	Виберіть дату відвантаження не раніше 20.05.2026.
Попередження	Позиція №2 – Діаметр	Діаметр 76.0 мм є нестандартним для обраного матеріалу.	Перевірте можливість виготовлення або змініть діаметр.

Деталі перевірки

Перевірка обов'язкових полів	Успішно	Перевірка логічних правил	3 помилками
Перевірка значень параметрів	Успішно	Перевірка дат	3 помилками
Перевірка відповідності сортаменту	Успішно	Перевірка унікальності	Успішно

[Згорнути меню](#) [Закрити](#) [Перейти до редагування](#)

Рисунок 3.10 – Відображення результатів валідації замовлення

На рисунку 3.10 представлено інтерфейс модуля відображення результатів валідації замовлення, який призначений для аналізу коректності введених даних та інформування користувача про виявлені помилки і невідповідності.

У верхній частині вікна розміщено інформаційний блок із загальним результатом перевірки. У даному випадку відображається повідомлення про завершення валідації з помилками, а також наведено їх кількість і рекомендацію щодо необхідності виправлення перед збереженням замовлення. Поруч розташована кнопка повторного запуску перевірки.

Нижче представлено блок «Інформація про замовлення», який містить такі основні дані, як номер замовлення; клієнт; дата оформлення; кількість позицій; статус проходження валідації. Цей блок дозволяє швидко ідентифікувати замовлення та оцінити його загальний стан.

У центральній частині інтерфейсу розташовано блок «Підсумок перевірки», де у зручному вигляді відображено кількість критичних помилок; кількість попереджень; кількість успішно пройдених перевірок.

Використання кольорової індикації (червоний, жовтий, зелений) підвищує наочність і дозволяє користувачу швидко оцінити ситуацію.

Основний функціональний елемент – блок «Список виявлених проблем», реалізований у вигляді таблиці. Для кожної помилки або попередження наведено тип (помилка або попередження); позицію або поле, до якого вона належить; опис проблеми; рекомендації щодо її усунення. Такий формат подання інформації забезпечує зручність аналізу та спрощує процес виправлення помилок.

У нижній частині вікна розташовано блок деталей перевірки, який відображає результати виконання окремих етапів валідації, зокрема перевірку обов'язкових полів; перевірку значень параметрів; перевірку відповідності сортаменту; перевірку логічних правил; перевірку дат та унікальності даних. Це дозволяє отримати більш глибоке уявлення про стан перевірки та локалізувати проблемні ділянки.

У нижній частині інтерфейсу розміщено кнопки керування «Закрити» – для виходу з вікна; «Перейти до редагування» – для повернення до форми замовлення з метою виправлення помилок.

Представлений інтерфейс забезпечує ефективний механізм контролю коректності даних, підвищує надійність системи та сприяє зменшенню кількості помилок при оформленні замовлень.

Взаємодія користувача (менеджера або диспетчера) з системою відбувається за наступною схемою:

Користувач відкриває модуль реєстрації замовлення → Вводить загальні дані про замовлення → Обирає продукцію з бази трубного сортаменту → Вводить або уточнює технічні параметри → Ініціює процес перевірки (валідації) → У разі виявлення помилок — виправляє їх → Після успішної перевірки – зберігає замовлення у базі даних.

Такий підхід забезпечує зменшення кількості помилок; підвищення швидкості обробки замовлень; покращення зручності роботи користувача.

У результаті було реалізовано програмні модулі верхнього рівня системи, які забезпечують повний цикл обробки замовлення – від введення даних до їх перевірки та збереження. Використання модульного підходу дозволило розділити функціональність системи, що підвищує її гнучкість та спрощує подальший розвиток. Реалізований користувацький інтерфейс забезпечує зручну взаємодію з системою та мінімізує ймовірність виникнення помилок при введенні даних.

3.2 Розробка засобів інтеграції з виробничими протоколами та мережами

Для реалізації обміну даними між підсистемою та виробничим рівнем було розглянуто сучасні протоколи, що відповідають концепції Industry 4.0, зокрема OPC UA та MQTT.

Протокол OPC UA є промисловим стандартом, який забезпечує платформонезалежність; вбудовані механізми безпеки (шифрування, автентифікація); ієрархічну модель даних; надійний обмін у режимі клієнт–сервер.

У свою чергу, MQTT є легковаговим протоколом обміну повідомленнями за моделлю publish/subscribe, що характеризується мінімальними накладними витратами; високою швидкістю передачі; ефективністю при роботі з IoT-пристроями.

Таблиця 3.1 – Порівняльний аналіз промислових протоколів передачі даних

Критерій	OPC UA	MQTT
Тип протоколу	Промисловий сервіс-орієнтований протокол	Легковаговий протокол обміну повідомленнями
Модель взаємодії	Клієнт–сервер	Publish/Subscribe (видавець–підписник)
Призначення	Промислова автоматизація, SCADA, PLC	ІоТ, передача телеметрії
Структура даних	Ієрархічна (об’єкти, вузли, атрибути)	Проста (теми та повідомлення)
Продуктивність	Середня	Висока
Затримки передачі	Низькі	Дуже низькі
Надійність	Висока (підтримка підтверджень, контроль сесій)	Висока (QoS 0, 1, 2)
Безпека	Вбудована (шифрування, сертифікати, автентифікація)	Залежить від реалізації (TLS, auth)
Складність реалізації	Висока	Низька
Обсяг переданих даних	Більший (через складну структуру)	Мінімальний
Підтримка PLC/SCADA	Повна (стандарт промисловості)	Обмежена (потребує шлюзів)
Масштабованість	Висока	Дуже висока
Типові сценарії використання	Виробничі системи, MES, SCADA	ІоТ, хмарні сервіси, датчики

З урахуванням вимог до інтеграції з промисловим обладнанням, необхідності структурованого подання даних та підтримки стандартів автоматизації, у даній роботі обрано протокол OPC UA як основний засіб взаємодії з виробничими системами.

Для забезпечення коректної взаємодії з PLC було розроблено структуру пакета даних, яка відображає параметри замовлення у форматі, зрозумілому для контролерів. Основними параметрами, що передаються, є ідентифікатор замовлення; тип продукції; зовнішній діаметр труби; товщина стінки; довжина виробу; марка сталі; кількість виробів; технологічні параметри (швидкість прокату, температура тощо).

Дані формуються у вигляді структурованого об'єкта, наприклад:

```
{
  "order_id": "ORD-2026-001",
  "product_type": "pipe",
  "diameter": 89,
  "wall_thickness": 6,
  "length": 12000,
  "steel_grade": "S355",
  "quantity": 100,
  "process_params": {
    "rolling_speed": 1.5,
    "temperature": 950
  }
}
```

У середовищі OPC UA ці дані відображаються у вигляді ієрархічного набору вузлів (nodes), де кожен параметр відповідає окремій змінній PLC.

Перед передачею виконується перевірка коректності значень; приведення одиниць вимірювання до стандартних; конвертація типів даних

(float, integer, string). Такий підхід забезпечує однозначність інтерпретації даних на рівні виробничого обладнання.

Інтеграція підсистеми у загальну інформаційно-виробничу інфраструктуру підприємства реалізується за багаторівневою архітектурою.

Основними рівнями є рівень управління (Enterprise level), рівень виробничого управління (MES/SCADA), рівень керування обладнанням (Control level). Рівень управління (Enterprise level) представляє собою підсистему обробки замовлень (Backend + БД), яка формує виробничі завдання. Рівень виробничого управління (MES/SCADA) – це системи диспетчеризації та моніторингу, що координують виконання замовлень. Рівень керування обладнанням (Control level) представлено PLC-контролерами, які безпосередньо керують технологічними процесами.

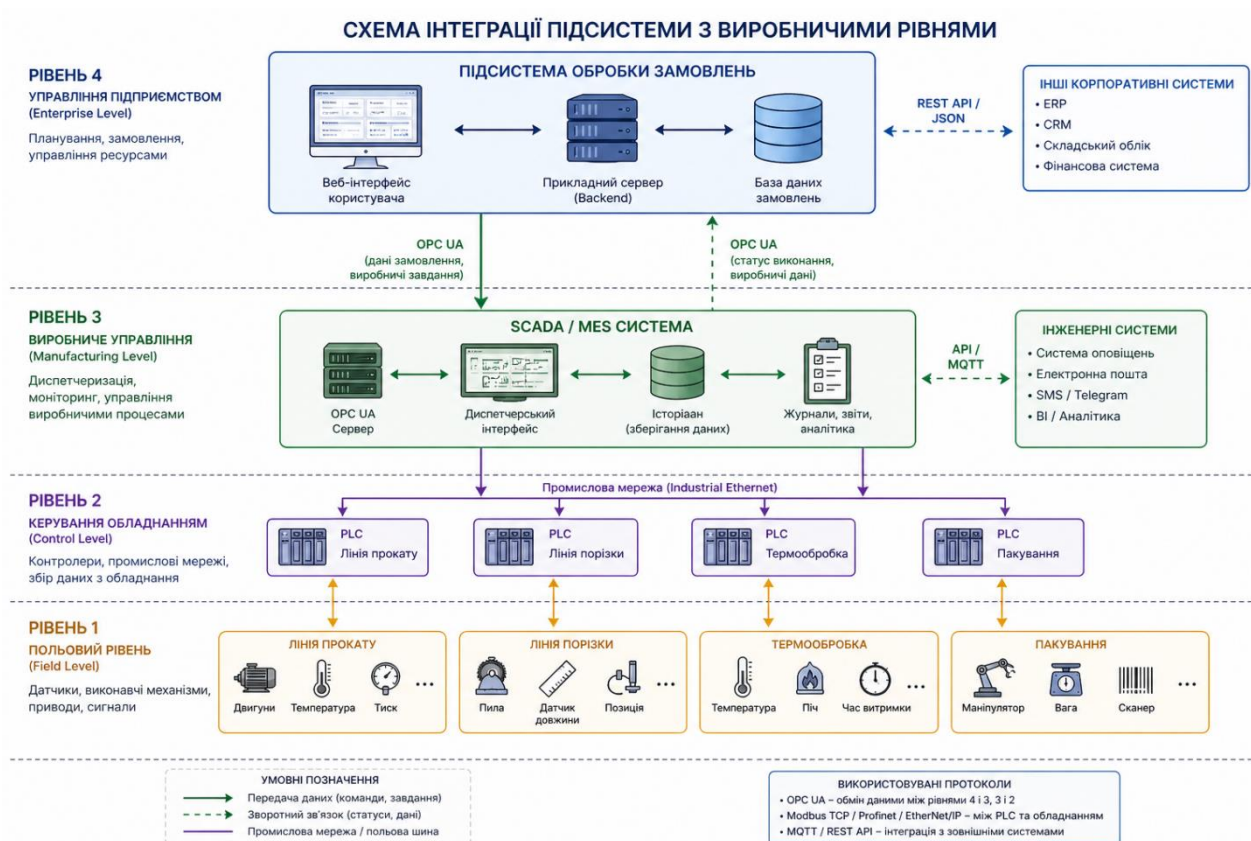


Рисунок 3.11 – Схема інтеграції підсистеми з виробничими рівнями [12]

Передача даних здійснюється за наступною схемою:

підсистема формує замовлення → дані передаються через OPC UA сервер → SCADA/MES система отримує та обробляє дані → PLC отримує параметри та виконує керування обладнанням.

Для забезпечення коректної взаємодії підсистеми обробки замовлень із виробничим обладнанням необхідно виконати перетворення параметрів замовлення у формат, зрозумілий для програмованих логічних контролерів (PLC). Це досягається шляхом формування стандартизованого пакета даних та його подальшої адаптації до змінних контролера.

На рівні інформаційної системи замовлення описується у вигляді структурованих даних (наприклад, JSON), які містять такі параметри, як діаметр труби; товщина стінки; довжина виробу; марка сталі; кількість; технологічні параметри.

Приклад представлення:

```
{  
  "order_id": "ORD-2026-015",  
  "diameter_mm": 89.0,  
  "wall_thickness_mm": 6.0,  
  "length_mm": 12000,  
  "steel_grade": "S355",  
  "quantity": 50  
}
```

Процес адаптації даних до PLC включає такі кілька етапів, як валідація даних, нормалізація одиниць вимірювання, кодування символічних значень. Валідація даних здійснюється шляхом перевірки коректності значень (допустимі діапазони, відповідність сортаменту). Нормалізація одиниць вимірювання полягає у тому, що всі параметри приводяться до стандартних одиниць, що використовуються у PLC: довжина → мм, діаметр → мм, швидкість → м/с. Кодування символічних значень передбачає, що текстові

параметри (наприклад, марка сталі) перетворюються у числові коди (див. таблицю 3.2).

Таблиця 3.2 – Таблиця кодування символічних значень

Марка сталі	Код PLC
S235	1
S355	2
09Г2С	3

Дані приводяться до типів, підтримуваних PLC:

float → REAL

integer → INT / DINT

boolean → BOOL

Дані розкладаються по змінних контролера.

Після перетворення формується набір змінних, який передається через промисловий протокол (наприклад, OPC UA):

Таблиця 3.3 – Таблиця відображення у змінні PLC

Параметр	Змінна PLC	Тип даних	Опис
Діаметр труби	Pipe_Diameter	REAL	Зовнішній діаметр, мм
Товщина стінки	Wall_Thickness	REAL	Товщина стінки, мм
Довжина	Pipe_Length	DINT	Довжина заготовки, мм
Марка сталі	Steel_Code	INT	Код матеріалу
Кількість	Batch_Size	INT	Кількість виробів
Старт процесу	Start_Command	BOOL	Команда запуску

У результаті формується структурований набір даних. Приклад сформованого пакета для PLC

```
{  
  "Pipe_Diameter": 89.0,  
  "Wall_Thickness": 6.0,  
  "Pipe_Length": 12000,  
  "Steel_Code": 2,  
  "Batch_Size": 50,  
  "Start_Command": true  
}
```

У середовищі OPC UA ці параметри відповідають вузлам адресного простору, які напряму пов'язані зі змінними PLC.

Один і той самий пакет даних замовлення (діаметр, матеріал, довжина тощо) є базовим, але для різних виробничих ліній до нього додаються специфічні технологічні параметри. Є універсальна частина (спільна для всіх процесів); є спеціалізована частина (залежить від типу виробництва). Різні виробничі лінії виконують різні функції. Так лінія прокату → формує трубу (технологічний процес), лінія порізки → ріже готову трубу (операційний процес). Відповідно, контролери (PLC) на цих лініях потребують різні керуючі параметри. Для лінії прокату (виробництво труби) важливо керувати саме процесом виготовлення, тому додаються параметри швидкість прокату, яка визначає продуктивність і якість формування; температура нагріву, що критично впливає на властивості металу; режим обробки, що представляє собою набір технологічних налаштувань, наприклад, чорнова / чистова обробка. PLC використовує ці дані для керування двигунами; регулювання печей; синхронізації обладнання.

Лінія порізки (обробка готового виробу) представляє собою процес, який вже не змінює матеріал, а розділяє виріб, тому параметри інші. Основним керуючим параметром є довжина різку. Допуски – це допустиме відхилення

(точність); кількість відрізків – це обсяг виконання операції. PLC використовує ці дані для позиціонування ріжучого інструменту; контролю точності; підрахунку виробів.

Замість створення окремих форматів під кожен ліній використовуються єдиний пакет + додаткові параметри під конкретний процес, що дає універсальність системи; просту інтеграцію нових ліній; мінімальні зміни в архітектурі.

Базовий пакет:

діаметр + товщина + матеріал + довжина

+ для прокату:

швидкість + температура + режим

+ для порізки:

довжина різки + допуск + кількість

Основними перевагами запропонованої архітектури є модульність і масштабованість; стандартизований обмін даними; можливість інтеграції з різними типами обладнання; підвищення надійності виробничих процесів.

Запропоновано підхід до інтеграції підсистеми з виробничими мережами, який базується на використанні сучасних промислових протоколів. Обґрунтовано вибір OPC UA як основного засобу передачі даних, сформовано структуру інформаційного пакета та визначено архітектуру мережевої взаємодії. Запропоноване рішення забезпечує надійну, стандартизовану та масштабовану інтеграцію інформаційної системи з виробничим середовищем, що відповідає вимогам концепції Industry 4.0.

3.3 Розробка інструкції користувача та опис процедури розгортання підсистеми

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи підсистеми необхідно враховувати вимоги до апаратного та програмного забезпечення. Залежно від масштабу використання (локальне розгортання або корпоративна система), характеристики обладнання можуть змінюватися.

Розглянемо мінімальні вимоги до серверної частини.

Серверна частина забезпечує виконання бізнес-логіки, обробку запитів та взаємодію з базою даних.

Таблиця 3.4 – Порівняльна таблиця мінімальних та рекомендованих вимог до серверної частини

Параметр	Мінімальні вимоги	Рекомендовані
Процесор	2 ядра (2.0 GHz)	4+ ядер (2.5 GHz і вище)
Оперативна пам'ять	4 ГБ	8–16 ГБ
Накопичувач	20 ГБ (SSD)	50+ ГБ (SSD/NVMe)
Операційна система	Ubuntu 20.04 / Windows 10	Ubuntu Server 22.04
Мережа	100 Mbps	1 Gbps

Клієнтська частина працює через веб-браузер і не потребує встановлення додаткового програмного забезпечення.

Таблиця 3.5 – Вимоги до клієнтської частини

Параметр	Вимоги
Процесор	2 ядра

Параметр	Вимоги
Оперативна пам'ять	4 ГБ
Браузер	Google Chrome / Mozilla Firefox / Microsoft Edge (актуальні версії)
Роздільна здатність екрану	не менше 1366×768

Для функціонування підсистеми необхідно встановити такі програмні компоненти, як мова програмування: Python 3.10+; backend-фреймворк: FastAPI; система управління базами даних: PostgreSQL; сервер застосунків: Uvicorn / Gunicorn; веб-сервер (за потреби): Nginx; бібліотеки для роботи з протоколом OPC UA.

Для інтеграції з виробничими системами необхідно забезпечити доступ до мережі підприємства (Industrial Ethernet); наявність OPC UA сервера або шлюзу; налаштовані канали зв'язку з PLC та SCADA; дотримання політик інформаційної безпеки.

Визначені вимоги до технічного забезпечення дозволяють забезпечити стабільну роботу підсистеми як у локальному, так і у промисловому середовищі. Використання сучасних програмних засобів та масштабованої архітектури забезпечує можливість подальшого розширення системи відповідно до потреб підприємства

Розгортання підсистеми обробки замовлень передбачає встановлення програмного забезпечення, налаштування серверного середовища та запуск основних сервісів. Процедура складається з таких послідовних етапів, як підготовка середовища, встановлення середовища виконання, отримання та встановлення проєкту, налаштування бази даних, ініціалізація бази даних, запуск серверної частини, розгортання клієнтської частини, налаштування веб-сервера (опційно), інтеграція з виробничими системами, перевірка працездатності.

На початковому етапі необхідно підготувати сервер або робочу станцію: встановити операційну систему (рекомендовано Ubuntu Server 22.04). Оновити системні пакети:

```
sudo apt update && sudo apt upgrade
```

Встановити необхідні утиліти:

```
sudo apt install git curl build-essential
```

Встановити середовище виконання, а саме, Python (версія 3.10 або вище):

```
sudo apt install python3 python3-pip python3-venv
```

Створити віртуальне середовище:

```
python3 -m venv venv  
source venv/bin/activate
```

Отримання та встановлення проєкту починаємо з клонування репозиторію:

```
git clone https://github.com/your-project/order-system.git  
cd order-system
```

Встановлення залежності:

```
pip install -r requirements.txt
```

Налаштування бази даних, почнемо зі встановлення PostgreSQL:

```
sudo apt install postgresql postgresql-contrib
```

Створення бази даних:

```
CREATE DATABASE orders_db;
CREATE USER orders_user WITH PASSWORD 'password';
ALTER ROLE orders_user SET client_encoding TO 'utf8';
ALTER ROLE orders_user SET default_transaction_isolation TO 'read
committed';
ALTER ROLE orders_user SET timezone TO 'UTC';
GRANT ALL PRIVILEGES ON DATABASE orders_db TO orders_user;
```

Налаштування підключення у файлі .env:

```
DATABASE_URL=postgresql://orders_user:password@localhost/orders_db
```

Ініціалізація бази даних розпочинаємо з виконання міграції (створення таблиць):

```
alembic upgrade head
```

Для запуску backend використовується FastAPI:

```
uvicorn main:app --host 0.0.0.0 --port 8000
```

Після запуску API буде доступне за адресою:

<http://<server-ip>:8000>

Документація API:

<http://<server-ip>:8000/docs>

Розгортання клієнтської частини починаємо зі встановлення Node.js:

```
sudo apt install nodejs npm
```

Переходимо до frontend-проєкту:

```
cd frontend
```

Встановлюємо залежності:

```
npm install
```

Запускаємо застосунок (для розробки):

```
npm run dev
```

Для забезпечення доступу до системи у виробничому середовищі використовується веб-сервер, наприклад, Nginx, шляхом налаштування проксі для backend; розміщення статичних файлів frontend; забезпечення HTTPS.

Для інтеграції з виробничими системами потрібно встановити бібліотеки для роботи з OPC UA, налаштувати підключення до OPC UA сервера, вказати адресний простір (node IDs) для обміну даними з PLC, перевірити передачу тестових даних.

Після завершення розгортання необхідно перевірити доступ до веб-інтерфейсу; створити тестове замовлення; виконати валідацію; перевірити запис у базу даних; протестувати передачу даних у виробничу систему. Запропонована процедура розгортання забезпечує поетапне впровадження підсистеми та дозволяє контролювати кожен етап налаштування. Використання сучасних інструментів та стандартизованих підходів гарантує стабільну роботу системи та її готовність до інтеграції з виробничими процесами.

Висновок до розділу 3.

У третьому розділі виконано дослідження комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень на підприємстві, зокрема розглянуто питання її програмної реалізації, інтеграції з виробничими системами та практичного впровадження.

У підрозділі 3.1 здійснено розробку програмних модулів та користувацьких інтерфейсів підсистеми. Реалізовано основні функціональні компоненти, зокрема модуль реєстрації замовлень, модуль роботи з базою трубного сортаменту та модуль логічної перевірки даних. Запропонований інтерфейс забезпечує зручну та інтуїтивно зрозумілу взаємодію користувача із системою, що сприяє зменшенню кількості помилок при введенні інформації.

У підрозділі 3.2 розроблено засоби інтеграції підсистеми з виробничими протоколами та мережами. Обґрунтовано вибір сучасних стандартів обміну даними, сформовано структуру пакета даних для передачі у програмовані логічні контролери та визначено архітектуру мережевої взаємодії з системами рівня MES/SCADA. Це забезпечує можливість автоматизованої передачі параметрів замовлень безпосередньо до виробничого обладнання.

У підрозділі 3.3 розглянуто питання практичного впровадження підсистеми, зокрема визначено вимоги до технічного забезпечення, а також розроблено процедуру розгортання системи. Запропонований підхід дозволяє поетапно виконати встановлення, налаштування та запуск підсистеми, що забезпечує її стабільну роботу в умовах підприємства.

У цілому результати розділу підтверджують можливість створення ефективної комп'ютерно-інтегрованої підсистеми, яка забезпечує автоматизацію процесу опрацювання замовлень, їх перевірку та передачу у виробниче середовище. Запропоновані рішення характеризуються гнучкістю, масштабованістю та відповідністю сучасним вимогам цифровізації промисловості.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Організаційно-правові основи забезпечення безпеки праці

Забезпечення безпечних умов праці є одним із пріоритетних напрямів діяльності будь-якого підприємства незалежно від форми власності та виду діяльності. Особливої актуальності питання охорони праці набувають під час розробки, впровадження та експлуатації комп'ютерно-інтегрованих систем, які використовуються для автоматизації виробничих та управлінських процесів.

Організаційно-правові основи охорони праці в Україні визначаються Конституцією України, Кодексом законів про працю України, Законом України «Про охорону праці», Законом України «Про пожежну безпеку», Законом України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування», а також державними стандартами, санітарними нормами та іншими нормативно-правовими актами.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці» роботодавець зобов'язаний забезпечити функціонування системи управління охороною праці, створити на кожному робочому місці безпечні умови праці, організувати навчання та перевірку знань працівників з питань охорони праці, а також здійснювати контроль за дотриманням вимог безпеки.

4.2 Характеристика об'єкта та виявлення потенційних небезпек

Розглянемо питання забезпечення безпечних умов праці при розробці, впровадженні та експлуатації комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень на підприємстві. Основною метою є виявлення

потенційно небезпечних і шкідливих факторів, що можуть впливати на персонал, а також визначення заходів щодо їх мінімізації.

Об'єктом дослідження є робоче місце оператора (менеджера або диспетчера), який здійснює взаємодію з інформаційною системою, а також програмно-апаратний комплекс, що забезпечує обробку та передачу даних до виробничого рівня (MES/SCADA, PLC).

У процесі експлуатації підсистеми можуть виникати такі групи небезпек, як фізичні фактори, ергономічні фактори, психофізіологічні фактори, інформаційні та технічні ризики, небезпеки виробничого середовища.

Фізичні фактори обумовлені електричною небезпекою (ураження електричним струмом при несправності обладнання); електромагнітним випромінюванням від комп'ютерної техніки; мікрокліматом приміщення (температура, вологість, вентиляція); освітленням робочого місця (недостатнє або надмірне освітлення).

Ергономічні фактори пов'язані із тривалою роботою за комп'ютером; неправильною організацією робочого місця; статичним навантаженням на опорно-руховий апарат; зоровим напруженням.

Психофізіологічні фактори викликають підвищене навантаження на увагу та пам'ять; стресові ситуації при обробці великої кількості замовлень; відповідальність за правильність введення даних.

Інформаційні та технічні ризики можуть спричинити втрату або спотворення даних; збої програмного забезпечення; некоректну передачу даних у виробничу систему; кіберзагрози та несанкціонований доступ.

Небезпеки виробничого середовища викликані інтеграцією з виробничими процесами, а саме, можливий вплив шуму від обладнання; вібрації; підвищена температура у виробничих зонах; ризики, пов'язані з роботою промислового обладнання.

Для систематизації виявлених небезпек доцільно представити їх у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Ідентифікування потенційних небезпек

Група факторів	Джерело небезпеки	Можливі наслідки
Фізичні	Електрообладнання, освітлення	Травми, погіршення самопочуття
Ергономічні	Робоче місце оператора	Захворювання опорно-рухового апарату
Психофізіологічні	Інтенсивна робота	Стрес, перевтома
Технічні	ПЗ, мережа	Помилки в системі, збої
Виробничі	Обладнання цеху	Шум, вібрація, травматизм

У таблиці 4.1 визначено основні потенційні небезпеки, що можуть виникати при роботі з підсистемою як на рівні офісного середовища, так і при інтеграції з виробництвом. Ідентифікація цих факторів є основою для подальшої розробки заходів з охорони праці та забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування та розробка заходів щодо їх попередження

Зробимо аналіз та оцінку ризиків, пов'язаних із використанням комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень, з метою визначення рівня небезпеки виявлених факторів та встановлення пріоритетів щодо впровадження заходів захисту.

Оцінка ризику здійснюється на основі аналізу ймовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її наслідків. Для цього використовується якісно-кількісний підхід, що передбачає класифікацію ризиків за рівнями.

Ризик визначається як:

$$R=P \cdot S$$

4.1

де Р – ймовірність виникнення небезпечної події;

S – тяжкість наслідків.

Для оцінки ризиків використано шкалу (таблиця 4.2):

Таблиця 4.2 – Класифікація рівнів ризику

Рівень	Ймовірність (P)	Опис
Низька	1	Малоймовірна подія
Середня	2	Можлива подія
Висока	3	Ймовірна подія

Таблиця 4.3 – Класифікація рівнів і наслідків ризику

Рівень	Наслідки (S)	Опис
Незначні	1	Легке погіршення стану
Середні	2	Тимчасова втрата працездатності
Тяжкі	3	Серйозні наслідки, травми

На основі ідентифікованих небезпек проведено оцінку ризиків (таблиця 4.4).

Таблиця 4.4 – Оцінка основних ризиків

№	Небезпека	P	S	R	Рівень ризику
1	Ураження електричним струмом	1	3	3	Середній
2	Порушення зору (робота за ПК)	3	2	6	Високий

№	Небезпека	P	S	R	Рівень ризику
3	Захворювання опорно-рухового апарату	2	2	4	Середній
4	Психоемоційне перевантаження	2	2	4	Середній
5	Втрата або пошкодження даних	2	3	6	Високий
6	Збій програмного забезпечення	2	2	4	Середній
7	Некоректна передача даних у PLC	1	3	3	Середній
8	Вплив шуму (виробництво)	2	1	2	Низький

За результатами аналізу встановлено, що високий рівень ризику мають зорове навантаження; ризик втрати або спотворення даних; середній рівень ризику: електробезпека; ергономічні фактори; програмні збої; психофізіологічні навантаження. Низький рівень ризику має вплив виробничих факторів (для операторів, що працюють поза цехом).

На основі отриманих результатів визначено пріоритети:

1. Захист зору та оптимізація робочого місця.
2. Забезпечення цілісності та резервного копіювання даних.
3. Підвищення надійності програмного забезпечення.
4. Організація безпечних умов праці.

Проведений аналіз дозволив кількісно оцінити рівень ризиків та визначити найбільш критичні фактори, що впливають на безпеку праці. Отримані результати є основою для розробки комплексу заходів щодо зниження ризиків та підвищення рівня безпеки при експлуатації підсистеми.

Для умов підприємства, на якому впроваджується підсистема, можливими є такі типи надзвичайних ситуацій, як техногенні, природні, соціальні та воєнні (таблиця 4.5).

Таблиця 4.5 – Основні види надзвичайних ситуацій

Тип НС	Джерело виникнення	Приклади
Техногенні	Відмова обладнання,	Пожежа, відключення живлення, збій

Тип НС	Джерело виникнення	Приклади
	мереж	серверів
Природні	Стихійні явища	Гроза, повінь, сильний вітер
Соціальні	Дії людей	Кібератаки, несанкціонований доступ
Воєнні	Надзвичайні події	Пошкодження інфраструктури

До техногенних надзвичайних ситуацій відносяться пожежа в приміщенні серверної або офісу; відмова електроживлення; аварії обладнання або мережевої інфраструктури.

Природні надзвичайні ситуації можуть бути викликані сильними погодними явищами (бурями, зливами); перебоями електропостачання через стихійні фактори.

Соціальні та воєнні надзвичайні ситуації обумовлені несанкціонованим втручання в роботу системи; кіберінцидентами; пошкодженням інфраструктури внаслідок надзвичайних подій.

У разі виникнення надзвичайних ситуацій можливі такі наслідки, як загроза життю та здоров'ю персоналу; втрата або пошкодження обладнання; порушення роботи інформаційної системи; втрата або спотворення даних; зупинка виробничих процесів (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6 – Можливі наслідки надзвичайних ситуацій

НС	Вплив на персонал	Вплив на систему	Вплив на виробництво
Пожежа	Загроза життю	Знищення обладнання	Зупинка виробництва
Відключення живлення	Безпечні умови	Втрата даних	Тимчасова зупинка

НС	Вплив на персонал	Вплив на систему	Вплив на виробництво
Кібератака	Відсутній	Втрата/крадіжка даних	Порушення процесів
Збій ПЗ	Відсутній	Некоректна робота	Зниження ефективності

Заходи забезпечення безпеки поділяються на організаційні та технічні (таблиця 4.7). До організаційних заходів відносять розробку плану дій у надзвичайних ситуаціях; проведення інструктажів та навчання персоналу; призначення відповідальних осіб за евакуацію; регулярне проведення тренувань. Технічні заходи пов'язані із встановленням систем пожежної сигналізації та оповіщення; використанням засобів пожежогасіння (вогнегасників); резервним електроживленням (UPS, генераторів); захистом серверного обладнання (стійки, вентиляція).

Таблиця 4.7 – Заходи реагування на надзвичайні ситуації

Тип заходу	Захід	Призначення
Організаційні	Інструктаж персоналу	Підготовка до дій у НС
Організаційні	План евакуації	Захист життя персоналу
Технічні	Система пожежної сигналізації	Раннє виявлення пожежі
Технічні	UPS / генератори	Забезпечення безперебійного живлення
Інформаційні	Резервне копіювання	Захист даних
Інформаційні	Контроль доступу	Запобігання несанкціонованому доступу

Інформаційна безпека передбачає регулярне резервне копіювання даних; використання антивірусного захисту; обмеження доступу до системи; шифрування каналів передачі даних.

У випадку виникнення надзвичайних ситуацій персонал повинен діяти відповідно до встановлених інструкцій (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 – Алгоритм дій персоналу у надзвичайних ситуаціях

Ситуація	Дії персоналу
Пожежа	Повідомити служби, евакуація, використання вогнегасників
Відключення живлення	Перехід на UPS, коректне завершення роботи
Збій системи	Повідомлення адміністратора, відновлення з backup
Кібератака	Блокування доступу, повідомлення служби безпеки

При пожежі потрібно негайно повідомити відповідальні служби; відключити електроживлення (за можливості); розпочати евакуацію; використати первинні засоби пожежогасіння. При відключенні електроенергії треба забезпечити коректне завершення роботи системи; використати резервні джерела живлення; перевірити цілісність даних після відновлення. При збої інформаційної системи необхідно зафіксувати інцидент; повідомити адміністратора; відновити систему з резервної копії.

Таблиця 4.9 – Засоби забезпечення відмовостійкості

Засіб	Опис	Результат
Резервне копіювання	Регулярне створення копій	Відновлення даних

Засіб	Опис	Результат
Дублювання серверів	Резервні вузли	Безперервність роботи
Моніторинг системи	Контроль стану	Своєчасне реагування
План відновлення (DRP)	Алгоритм дій	Швидке відновлення

Для мінімізації впливу надзвичайних ситуацій на роботу підсистеми необхідно впровадити резервне копіювання даних (backup); дублювання критичних компонентів; використання хмарних сервісів (за можливості); систему моніторингу стану серверів; план аварійного відновлення (Disaster Recovery Plan). Комплексний підхід до забезпечення безпеки включає організаційні, технічні та інформаційні заходи, що забезпечують захист персоналу, збереження даних і безперервність функціонування підсистеми.

Висновок до розділу 4.

У четвертому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто комплекс питань, пов'язаних із забезпеченням безпечних умов праці при розробці, впровадженні та експлуатації комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень.

У підрозділі 4.1 виконано постановку завдання та ідентифікацію потенційних небезпек, що можуть виникати як на рівні робочого місця оператора, так і при взаємодії з виробничими системами. Визначено основні групи факторів ризику, зокрема фізичні, ергономічні, психофізіологічні та технічні, що дозволило сформулювати основу для подальшого аналізу.

У підрозділі 4.2 проведено аналіз та оцінку ризиків із використанням кількісного підходу, що враховує ймовірність виникнення небезпечних подій та тяжкість їх наслідків. Визначено найбільш критичні ризики, пов'язані із

зоровим навантаженням, можливістю втрати даних та програмними збоями, що потребують першочергового впровадження захисних заходів.

У підрозділі 4.3 розглянуто питання забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано можливі типи НС, їх наслідки та розроблено комплекс організаційних, технічних і інформаційних заходів, спрямованих на захист персоналу та забезпечення безперервності роботи підсистеми. Особливу увагу приділено резервному копіюванню даних, аварійному відновленню та підготовці персоналу до дій у критичних умовах.

У цілому результати розділу свідчать про те, що впровадження запропонованих заходів дозволяє суттєво знизити рівень виробничих та інформаційних ризиків, підвищити безпеку праці та забезпечити стійкість функціонування системи навіть у надзвичайних ситуаціях. Це є важливою складовою ефективного та безпечного функціонування сучасних інформаційно-виробничих систем.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі вирішено актуальну науково-прикладну задачу розробки комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень для підприємства трубної промисловості, спрямованої на підвищення ефективності управління виробничими процесами та зменшення кількості помилок при формуванні виробничих завдань.

У процесі виконання роботи проведено аналіз сучасних підходів до автоматизації обробки замовлень, інтеграції інформаційних систем із виробничими рівнями та використання технологій Industry 4.0. Визначено основні недоліки існуючих рішень, зокрема недостатню гнучкість, обмежені можливості інтеграції та високий рівень залежності від людського фактора.

На основі проведеного аналізу розроблено архітектуру підсистеми, яка включає модулі реєстрації замовлень, управління довідковими даними (трубний сортамент), логічної перевірки (валідації) та передачі даних у виробниче середовище. Запропоновано структуру інформаційних потоків та алгоритми перевірки коректності замовлень, що дозволяє автоматизувати контроль параметрів продукції.

Важливим результатом є моделювання бази даних із використанням гнучкого підходу до зберігання специфікацій замовлень, що забезпечує адаптивність системи до різних типів продукції. Обґрунтовано вибір сучасного технологічного стеку, який включає ефективні засоби розробки серверної та клієнтської частин системи.

У роботі реалізовано програмні модулі підсистеми та розроблено зручний користувацький інтерфейс, що забезпечує ефективну взаємодію користувача із системою. Особливу увагу приділено модулю валідації, який дозволяє виявляти помилки на етапі формування замовлення та запобігати їх передачі у виробництво.

Розроблено засоби інтеграції з виробничими системами, що базуються на використанні сучасних промислових протоколів обміну даними, що

забезпечує автоматизовану передачу параметрів замовлень до рівня PLC та SCADA. Це дозволяє реалізувати принципи комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Розглянуто питання практичного впровадження підсистеми, зокрема визначено вимоги до технічного забезпечення, розроблено процедуру розгортання та інструкції користувача, що забезпечує можливість ефективного використання системи в умовах реального підприємства.

У розділі охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях проведено аналіз потенційних небезпек, оцінку ризиків та розроблено заходи щодо їх мінімізації, що сприяє забезпеченню безпечних умов праці та надійності функціонування системи.

У цілому розроблена підсистема дозволяє автоматизувати процес опрацювання замовлень; підвищити точність і достовірність даних; зменшити вплив людського фактора; забезпечити інтеграцію з виробничими системами; підвищити ефективність управління виробництвом.

Отримані результати мають практичне значення та можуть бути використані на підприємствах трубної промисловості для підвищення рівня автоматизації та цифровізації виробничих процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hirsch E., Hoher S., Huber S. An OPC UA-based industrial Big Data architecture // *arXiv preprint*. – 2023. – URL: <https://arxiv.org/abs/2306.01418>
2. Sassnick O., Schäfer G., Rosenstatter T., Huber S. A Generative Model Based Honeytrap for Industrial OPC UA Communication // *arXiv preprint*. – 2024.
3. Lorenzo R., Gori G., Melis A., Girau R., Prandini M., Callegati F. Pk-IOTA: Blockchain empowered Programmable Data Plane to secure OPC UA communications in Industry 4.0 // *arXiv preprint*. – 2025.
4. Soares R. V., Ogata D. S., Santos A. L. et al. Development of a gateway for the OPC-UA and MQTT protocols // *Revista Brasileira de Mecatrônica*. – 2024. – Vol. 7(1). – P. 1–23.
5. Ribeiro D., Godoy E., Caldana V. Upgrading legacy systems for Industry 4.0 with Node-RED and OPC-UA // *Proceedings of Industrial Engineering Conference*. – 2024.
6. Oyague Bajaña E. S., Parra López R. A., Pincay Bopporquez F. S., Zurita Hurtado H. A. A Comparative Study of OPC UA and MQTT in a Simulated Industrial Environment // *ASCE Magazine*. – 2025.
7. Pethig F. Leveraging the Potential of MQTT in Industry 4.0 // *Automation.com*. – 2023.
8. OPC-UA in interoperability – a performance comparative testing // *IFAC-PapersOnLine*. – 2024. – Vol. 58(8). – P. 240–245.
9. Fraga-Lamas P., Fernandez-Carames T. M., Blanco-Novoa O., Vilar-Montesinos M. A Review on Industrial Augmented Reality Systems for Industry 4.0 // *arXiv preprint*. – 2024
10. Qian C., Yu W., Lu C., Griffith D., Golmie N. Towards Generative Adversarial Network on Industrial Internet of Things // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2022. – Vol. 9, No. 19. – DOI: <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3163894>

11. Alabadi M., Habbal A., Wei X. Industrial Internet of Things: Requirements, Architecture, Challenges, and Future Research Directions // *IEEE Access*. – 2022. – Vol. 10. – P. 66374–66400. – DOI: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3185049>
12. Misra S., Roy C., Sauter T., Mukherjee A., Maiti J. Industrial Internet of Things for Safety Management Applications: A Survey // *IEEE Access*. – 2022. – Vol. 10. – P. 83415–83439. – DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3194166>
13. Bravos G., Cabrera A. J., Correa C. et al. Cybersecurity for Industrial Internet of Things: Architecture, Models and Lessons Learned // *IEEE Access*. – 2022. – DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3225074>
14. Lee S., Yang T., Kim T.-S., Park S. TTGN: Two-Tier Geographical Networking for Industrial Internet of Things With Edge-Based Cognitive Computing // *IEEE Access*. – 2022. – Vol. 10. – P. 22238–22246. – DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3153726>
15. Alabadi M., Habbal A., Wei X. Industrial Internet of Things: Requirements, Architecture, Challenges, and Future Research Directions // *IEEE Access*. – 2022. – Vol. 10. – P. 66374–66400. – URL: <https://doi.org/10.1109/access.2022.3185049>
16. Закон України Про охорону праці (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668). <https://zakon.rada.gov.ua>
17. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021.
18. ДСТУ 4297:2004 Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги
19. ДСТУ EN 54-1:2022 Системи виявлення пожежі та пожежної сигналізації - Частина 1: Вступ (EN 54–1:2021, IDT).

ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
імені О. М. БЕКЕТОВА

Навчально-науковий інститут енергетичної, інформаційної та транспортної інфраструктури
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Розробка комп'ютерноінтегрованої підсистеми
опрацювання замовлень для підприємства трубної
промисловості

здобувача вищої освіти групи СІНЖ 2023-1-у
Спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Сіколенко Даниїл Олександрович
Керівник Піддубна Л.В., доц. каф. АКІТ



АКТУАЛЬНІСТЬ

Підприємства трубної промисловості обробляють значну кількість замовлень, що потребує оперативного обміну інформацією між відділами продажу, виробництва, складу та логістики. Використання ручного введення даних або розрізаних програмних засобів часто призводить до затримок, дублювання інформації та помилок під час виконання замовлень. Впровадження комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень дозволяє автоматизувати процес приймання, обробки та контролю виконання замовлень, забезпечити єдиний інформаційний простір підприємства, підвищити оперативність прийняття рішень і ефективність використання ресурсів.

Розробка комп'ютерно-інтегрованої підсистеми опрацювання замовлень для підприємства трубної промисловості є актуальним завданням, спрямованим на підвищення ефективності виробничої діяльності, скорочення часу обробки замовлень та покращення якості обслуговування клієнтів.

2

МЕТА

Метою роботи є розробка комп'ютерно-інтегрованої підсистеми, яка забезпечує автоматизацію збору, обробки та передачі даних про замовлення на рівень планування виробництва, що дозволяє скоротити час обробки документації та підвищити точність виконання виробничих планів.

Для реалізації мети у бакалаврській роботі потрібно виконати наступні завдання:

- Проаналізувати бізнес-процеси опрацювання замовлень на підприємстві з виробництва труб та виявити «вузькі місця».
- Обґрунтувати вибір структури комп'ютерно-інтегрованої підсистеми та стек технологій, наприклад, інтеграція з ERP/MES системами.
- Розробити алгоритм проходження замовлення від валідації технічних параметрів труб до формування завдання на виробництво.
- Опрацювати інформаційне та програмне забезпечення підсистеми, а саме бази даних, інтерфейси користувача.

3

Об'єкт, предмет і методи дослідження

Об'єктом дослідження є процес управління замовленнями та диспетчеризації на підприємстві трубної промисловості в структурі комп'ютерно-інтегрованого виробництва.

Предметом дослідження є методи, алгоритми та програмно-технічні засоби побудови підсистеми автоматизованого опрацювання та супроводження замовлень.

З метою розв'язання поставлених завдань використовуються методи системного аналізу для вивчення структури підприємства та взаємозв'язків між підрозділами; методи об'єктно-орієнтованого проектування (UML) для розробки архітектури програмної частини; теорія баз даних для організації надійного збереження та швидкого доступу до параметрів замовлень; методи математичного моделювання для опису логіки перевірки замовлень на відповідність виробничим потужностям.

4

Класифікація виробів трубного підприємства

Ознака класифікації:	Види продукції:	Технологічні особливості:
Спосіб виготовлення:	Безшовні (гаряче- та холоднодеформовані):	Висока щільність, відсутність зварного шва. ◦
	Зварні (прямшовні, спіральшовні):	Виготовляються зі сталевих стрічки (штрипса). ◦
Форма перерізу:	Круглі:	Стандартні труби для транспортування середовищ
	Профільні:	Квадратні, прямокутні, овальні (конструктивні). ◦
Клас точності:	Звичайна точність:	Допуски згідно зі стандартними ДСТУ
	Повищена точність:	Калібровані труби для машинобудування. ◦
Тип покриття:	Без покриття («чорні»):	Потребують додаткового захисту від корозії. ◦
	Оцинковані / Полімерні:	Мають антикорозійний шар. ◦

5

Приклади сортаменту сталевих труб

Зовнішній діаметр (D), мм	Товщина стінки (S), мм	Теоретична маса 1 м п., кг	Сфера застосування
21,3	2,0 – 3,2	0,95 – 1,43	Водо- та газопровідні мережі (ВГП)
57	3,0 – 5,0	4,00 – 6,41	Комунальне господарство, металоконструкції
108	4,0 – 8,0	10,26 – 19,73	Промислові трубопроводи
159	4,5 – 12,0	17,15 – 43,50	Нафтогазова галузь
325	6,0 – 20,0	47,20 – 150,43	Магістральні теплові мережі

6

Блок-схема інформаційних потоків опрацювання замовлення



7

Аналіз процесу опрацювання замовлень

Етап опрацювання замовлення	Відповідальний підрозділ	Використовувані засоби	Форма результату
Прийом та реєстрація заявки	Відділ збуту (маркетинг)	E-mail, Excel, телефон	Реєстр замовлень
Технічна експертиза (валідація)	Технологічний відділ	Паперові довідники, ДСТУ	Віза "Можливо/Неможливо"
Розрахунок потреби в металі	Планово-економічний відділ	Калькуляції в Excel	Виробнича специфікація
Формування завдання на зміну	Диспетчерська служба цеху	Журнали, локальні мережі	Наряд-допуск

8

Перелік проблем поточного процесу опрацювання замовлень

Категорія проблеми	Сутність проблеми	Наслідки для підприємства
Часові затримки	Тривале узгодження параметрів замовлення між відділами (від декількох годин до днів).	Збільшення термінів виконання замовлення, втрата клієнтів.
Людський чинник	Помилки при ручному введенні геометричних параметрів труб (D, S).	Виробництво бракованої продукції, перевитрата металу.
Помилки розрахунків	Неправильний розрахунок маси або необхідної кількості заготовки.	Брак сировини на дині або надлишки незавершеного виробництва.
Відсутність прозорості	Менеджер не бачить реального стану виконання замовлення в цеху.	Неможливість надати клієнту точну інформацію про готовність.

9

Порівняння традиційного і комп'ютерно-інтегрованого підходу.

Критерій	Традиційний підхід (як є)	Комп'ютерно-інтегрований підхід (як буде)
Обмін даними	Паперовий, E-mail, телефон	Єдине інформаційне середовище (БД)
Валідація даних	Ручна (технолог перевіряє за ДСТУ)	Автоматична (алгоритмічна перевірка)
Передача в цех	Паперові змінні завдання	Цифрові уставки через OPC/MQTT протоколи
Ризик помилки	Високий (людський чинник)	Мінімальний (контроль системними правилами)

10

Вимоги до інтеграції з інформаційними ресурсами

Тип даних	Джерело (БД)	Метод інтеграції	Призначення
Нормативно-довідкові	SQL-сервер ДСТУ/ГОСТ	SQL-запити (Select)	Перевірка допустимих комбінацій SDS та \$\$\$
Складські залишки	ERP-система (1C/SAP)	API або проміжні таблиці	Перевірка наявності заготовки під замовлення
Виробничі звіти	MES-система / БД АСК ТП	Прямий доступ до БД	Моніторинг статусу виконання замовлення

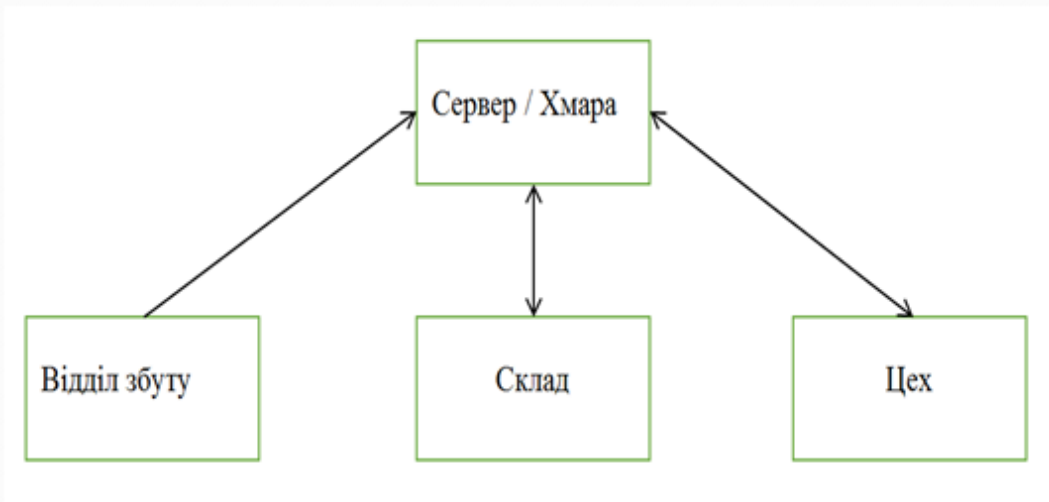
11

Порівняльна таблиця прав доступу

Функція підсистеми	Менеджер збуту	Технолог	Диспетчер цеху
Створення замовлення	Так	Ні	Ні
Затвердження ГТХ за ДСТУ	Ні	Так	Ні
Редагування сортаменту	Ні	Так	Ні
Запуск у виробництво	Ні	Ні	Так
Моніторинг виконання	Читання	Читання	Запис

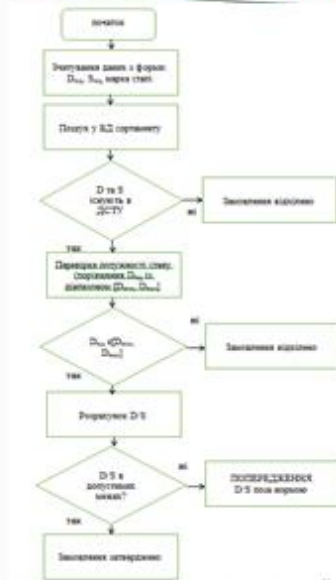
12

Схема інформаційних потоків у підсистемі



13

Блок-схема алгоритму валідації



11

14

**Основні сутності бази даних комп'ютерно-інтегрованої підсистеми
опрацювання замовлень на трубному підприємстві**

№	Сутність	Поля
1	Customers (Замовники)	customer_id (PK) name contact_info
2	Orders (Замовлення)	order_id (PK) customer_id (FK) order_date status
3	OrderItems (Позиції замовлення)	item_id (PK) order_id (FK) product_id (FK) quantity price

15

**Основні сутності бази даних комп'ютерно-інтегрованої підсистеми
опрацювання замовлень на трубному підприємстві**

4	Products (Продукти/послуги)	product_id (PK) name description
5	Specifications (Специфікації)	spec_id (PK) item_id (FK) parameters (JSON)
6	OrderHistory (Історія змін)	history_id (PK) order_id (FK) change_date status comment

16

Характеристика обраного стеку технологій (Backend + Frontend + БД)

Компонент системи	Технологія	Опис	Основні переваги	Роль у системі
Backend (серверна частина)	FastAPI	Легковаговий Python-фреймворк для створення REST API	Висока продуктивність, асинхронність, автоматична документація API	Обробка запитів, бізнес-логіка, взаємодія з БД
Frontend (клієнтська частина)	Vue.js	JavaScript-фреймворк для побудови користувацького інтерфейсу	Простота розробки, реактивність, компонентний підхід	Відображення даних, взаємодія з користувачем
Система управління базами даних	PostgreSQL	Реляційна СУБД з підтримкою JSON	Надійність, ACID, підтримка JSONB, масштабованість	Зберігання структурованих і напівструктурованих даних

17

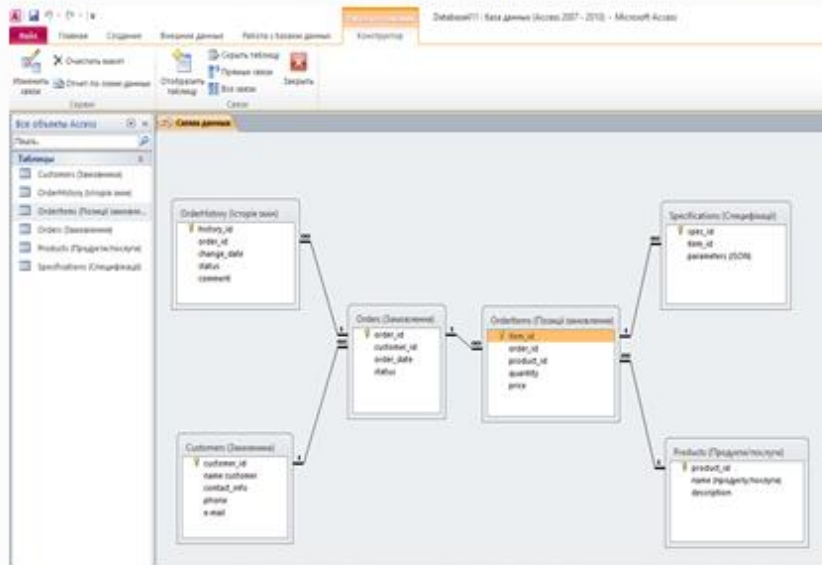
Вікно реєстрації замовлення

The screenshot shows a web application interface for 'Registration of orders'. On the left is a dark sidebar with navigation icons. The main content area is titled 'Реєстрація замовлення' and contains several sections:

- Детальні інформації:** A form with fields for 'Назва замовлення' (Value: 99-000-007), 'Дата замовлення' (Value: 01.09.2024), 'Валюта замовлення' (Value: 01.09.2024), 'Код' (Value: 999), 'Відомості про клієнта' (Value: 999-000-007), 'Відомості про замовлення' (Value: 999-000-007), 'Статус' (Value: Чекують), 'Відомості про замовлення' (Value: 999-000-007), and 'Відомості про замовлення' (Value: 999-000-007).
- Список замовлень:** A table with columns: #, Артикул, Назва, Кількість, Ціна, Статус, Дата, Сума. It contains three rows of order data.
- Специфічні та додаткові параметри:** A section for specifying additional parameters, including a dropdown for 'Тип замовлення' and a list of parameters.

18

Таблица схеми даних



19

Інтерфейс модуля перегляду трубного сортаменту

The screenshot shows a web application interface for viewing pipe specifications. The main table lists various pipe types with the following columns: ID, Назва (Name), Категорія (Category), Довжина (Length), Точність (Accuracy), Матеріал (Material), Діаметр (Diameter), and others. Below the table, there is a detailed view of a specific pipe specification, including a diagram of a pipe cross-section.

ID	Назва	Категорія	Довжина	Точність	Матеріал	Діаметр	Інші параметри
1	Труба 40x3	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
2	Труба 40x4	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
3	Труба 40x5	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
4	Труба 40x6	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
5	Труба 40x8	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
6	Труба 40x10	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
7	Труба 40x12	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
8	Труба 40x15	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
9	Труба 40x20	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000
10	Труба 40x25	Сталева	4000	±0.1	Сталь	40	15000000000

20

Інтерфейс модуля відображення результатів валідації замовлення

Результати валідації замовлення

Валідація замовлення успішна

Валідація 2 замовлень за 1 секунду. Будь-які помилки вказані в таблиці. Обмеження замовлення:

Інформація про замовлення

№ замовлення	№ замовлення	Дата замовлення	Кількість замовлень	Статус замовлення
№№ 0000-0001	№№ 0000-0001	09.09.2024	2	Валідація успішна

Пасивні замовлення

- Валідація (1)
- Помилка (1)
- Валідація успішна (7)

Список замовлень з помилками

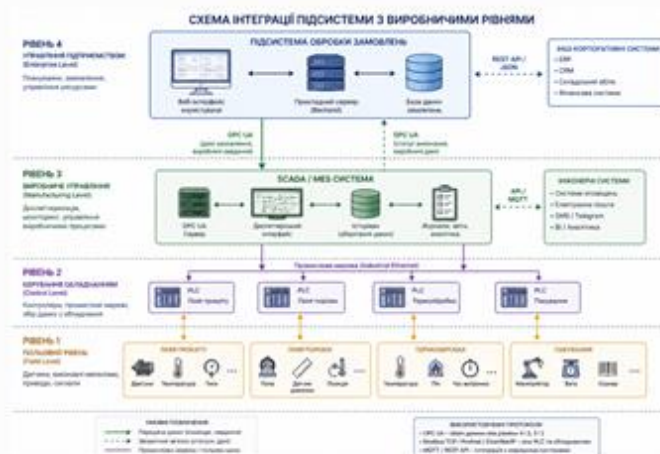
№ зам.	№ зам. замовлення	№ зам. замовлення	№ зам. замовлення	№ зам. замовлення
0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001
0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001
0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001
0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001
0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001	0000-0001

Детальні помилки

- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення
- Помилка в назві замовлення

21

Схема інтеграції підсистеми з виробничими рівнями



22

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломній роботі проведено аналіз сучасних підходів до автоматизації обробки замовлень, інтеграції інформаційних систем із виробничими рівнями та використання технологій Industry 4.0. На основі проведеного аналізу розроблено архітектуру підсистеми, яка включає модулі реєстрації замовлень, управління довідковими даними (трубний сортамент), логічної перевірки (валідації) та передачі даних у виробниче середовище.

Запропоновано структуру інформаційних потоків та алгоритми перевірки коректності замовлень, що дозволяє автоматизувати контроль параметрів продукції.

Обґрунтовано вибір сучасного технологічного стеку, який включає ефективні засоби розробки серверної та клієнтської частин системи.

Реалізовано програмні модулі підсистеми та розроблено зручний користувацький інтерфейс, що забезпечує ефективну взаємодію користувача із системою.

Розроблено процедуру розгортання та інструкції користувача, що забезпечує можливість ефективного використання системи в умовах реального підприємства.

У розділі охорони праці проведено аналіз потенційних небезпек, оцінка ризиків та розроблено заходи щодо їх мінімізації, що сприяє забезпеченню безпечних умов праці та надійності функціонування системи.

23



24