

**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: ERP-система управління ресурсами та виробничою діяльністю  
підприємства

Виконав: здобувач вищої освіти  
4 курсу, групи Сінж-2022-1  
напряму підготовки (спеціальності)  
151 «Автоматизація та комп'ютерно-  
інтегровані технології»  
Куц Роман В`ячеславович  
(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 15 «Автоматизація та приладобудування»  
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТ



БАРАНОВ О.О.

« 19 » червня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Куц Роман В`ячеславович

1. Тема роботи: ERP-система управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства

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

Керівник роботи Піддубна Л.В., кандидат філософських наук, доцент, доцент кафедри АКІТ

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

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



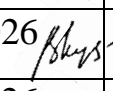
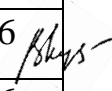




3. Вихідні дані до роботи ERP-система управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства

4. Зміст розрахунково пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Аналіз предметної області та існуючих рішень. Проектування ERP-системи. Програмна реалізація ERP-системи для підприємства з виробництва композитних труб. Охорона праці, висновки

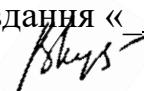
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

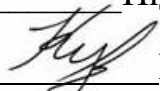
Презентація.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

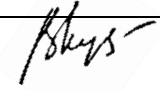



Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз проблеми	Піддубна Л.В.	11.05.2026 	21.05.2026 
Основна частина	Піддубна Л.В.	22.05.2026 	31.05.2026 
Спеціальний розділ	Піддубна Л.В.	01.06.2026 	11.06.2026 
Охорона праці	Малишева В.В.	06.06.2026 	11.06.2026 

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

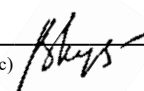
Керівник  Піддубна Л.В.  
(підпис)

Завдання прийняв до виконання  Куц Р. В.  
(підпис)

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів	Примітка
1	Розробка 1 го розділу бакалаврської роботи	11.05.2026 - 21.05.2026	
2	Розробка 2 го розділу бакалаврської роботи	22.05.2026 - 31.05.2026	
3	Розробка 3 го розділу бакалаврської роботи	01.06.2026 - 11.06.2026	
4	Розробка 4 го розділу з охорони праці	06.06.2026 - 11.06.2026	
5	Рецензування бакалаврської роботи	15.06.2026	Ківіренко О.Б
6	Захист на ДЕК	23.06.2026	

Здобувача вищої освіти  Куц Р. В.  
(підпис)

Керівник  Піддубна Л.В.  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

ERP-система управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства – Куц Роман В`ячеславович, дипломна робота бакалавра, Харків, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, кількість сторінок 109, кількість таблиць 35, кількість рисунків 18, кількість джерел літератури 20.

Актуальність дослідження. У сучасних умовах цифрової трансформації промисловості та переходу до концепцій розумного виробництва особливої ваги набуває автоматизація процесів управління ресурсами підприємства. Підвищення конкурентоспроможності, зменшення витрат, оптимізація виробничого планування та забезпечення прозорості бізнес-процесів неможливі без впровадження інтегрованих інформаційних систем. ERP-системи забезпечують комплексну автоматизацію управління матеріальними, фінансовими, виробничими та трудовими ресурсами, що дозволяє синхронізувати всі підсистеми підприємства в єдиному інформаційному середовищі. ERP-системи забезпечують взаємодію між виробничим обладнанням, автоматизованими лініями, системами керування технологічними процесами та управлінськими рівнями підприємства. Розробка та впровадження таких систем сприяє підвищенню ефективності виробництва, зменшенню впливу людського фактора та створенню передумов для подальшої цифровізації підприємств.

Об'єктом дослідження є процеси управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства в умовах автоматизованого та комп'ютерно-інтегрованого середовища.

Предметом дослідження є методи, моделі та програмні засоби розробки ERP-системи для автоматизації управління ресурсами і виробничими процесами підприємства.

Метою бакалаврської роботи є розробка ERP-системи управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства, що забезпечує інтеграцію

виробничих, облікових та управлінських процесів у єдиному інформаційному середовищі з метою підвищення ефективності функціонування підприємства.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно розв'язати такі задачі:

- Провести аналіз предметної області та існуючих ERP-систем управління підприємством.
- Визначити функціональні та технічні вимоги до розроблюваної системи.
- Розробити архітектуру ERP-системи та структуру її основних модулів.
- Спроекувати базу даних і модель інформаційних потоків підприємства.
- Реалізувати програмні модулі системи управління ресурсами та виробництвом.

У роботі використано методи системного аналізу для дослідження бізнес-процесів підприємства; методи моделювання для проектування архітектури системи; методи об'єктно-орієнтованого програмування для реалізації програмного забезпечення; методи проектування баз даних для створення інформаційної структури системи.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** комп'ютерно-інтегрована система, ERP-система, автоматизація, бізнес-процес.

## ABSTRACT

ERP system for enterprise resource and production management – Kuts Roman Vyacheslavovych, bachelor's thesis, Kharkiv, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, number of pages 109, number of tables 35, number of figures 18, number of literature sources 20.

Relevance of the study. In modern conditions of digital transformation of industry and transition to concepts of smart production, automation of enterprise resource management processes is of particular importance. Increasing competitiveness, reducing costs, optimizing production planning and ensuring transparency of business processes are impossible without the implementation of integrated information systems. ERP systems provide comprehensive automation of management of material, financial, production and labor resources, which allows synchronizing all subsystems of the enterprise in a single information environment. ERP systems provide interaction between production equipment, automated lines, process control systems and management levels of the enterprise. The development and implementation of such systems contributes to increasing production efficiency, reducing the impact of the human factor and creating the prerequisites for further digitalization of enterprises.

The object of the study is the processes of resource management and production activities of the enterprise in an automated and computer-integrated environment.

The subject of the study is methods, models and software tools for developing an ERP system for automating the management of resources and production processes of the enterprise.

The purpose of the bachelor's thesis is to develop an ERP system for managing resources and production activities of an enterprise, which ensures the integration of production, accounting and management processes in a single information environment in order to increase the efficiency of the enterprise's functioning.

To achieve the set goal in the work, it is necessary to solve the following tasks:

- Analyze the subject area and existing ERP systems for enterprise management.

- Determine the functional and technical requirements for the developed system.

- Develop the architecture of the ERP system and the structure of its main modules.

- Design a database and a model of enterprise information flows.

- Implement software modules for the resource and production management system.

The work uses systems analysis methods to study the business processes of the enterprise; modeling methods to design the system architecture; object-oriented programming methods to implement software; database design methods to create the information structure of the system.

**KEYWORDS:** computer-integrated system, ERP system, automation, business process.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ.....	13
1.1 Особливості управління ресурсами та виробничими процесами підприємства .....	13
1.2 Сутність та функціональні можливості ERP-систем.....	17
1.3 Огляд існуючих та аналіз сучасних ERP-систем.....	21
Висновок до розділу 1. ....	24
РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ERP-СИСТЕМИ .....	26
2.1 Розробка загальної архітектури ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб .....	26
2.2 Проєктування структури бази даних та бізнес-процесів .....	32
2.3 Функціональна структура ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб.....	39
Висновок до розділу 2. ....	52
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ERP-СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИТНИХ ТРУБ.....	53
3.1 Обґрунтування вибору технологій та середовища розробки .....	53
3.2 Реалізація основних функцій ERP-системи .....	71
3.3 Програмна реалізація ERP-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб .....	76
Висновок до розділу 3. ....	79
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	81
4.1. Організаційно-правові основи забезпечення безпеки праці.....	81
4.2 Характеристика об'єкта та виявлення потенційних небезпек.....	82
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування та розробка заходів щодо їх попередження.....	84
Висновок до розділу 4. ....	90
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	94
Додаток А.....	96

## Перелік умовних позначень, скорочень і термінів

ERP-система –Enterprise Resource Planning система

ER-діаграма Entity-Relationship Diagram

MRP – Material Requirements Planning

KICУ – Комп'ютерно-інтегровані системи управління

BI – Business Intelligence

AI – штучний інтелект

CRM – Customer Relationship Management (управління відносинами з клієнтами)

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition

MES – Manufacturing Execution System

BOM – Bill of Materials

## ВСТУП

В умовах цифрової трансформації економіки та переходу підприємств до концепцій розумного виробництва особливої актуальності набуває впровадження інтегрованих інформаційних систем управління. Сучасні виробничі підприємства функціонують у середовищі високої конкуренції, нестабільності ринків та зростаючих вимог до якості продукції, що потребує підвищення оперативності й обґрунтованості управлінських рішень. Традиційні підходи до організації обліку ресурсів і планування виробництва часто є розрізненими, що ускладнює координацію підрозділів і знижує ефективність використання матеріальних, трудових та фінансових ресурсів. У таких умовах ERP-системи стають ключовим інструментом комплексної автоматизації діяльності підприємства.

Інтеграція виробничих, логістичних, фінансових і кадрових процесів у межах єдиного інформаційного середовища дозволяє забезпечити прозорість управління та мінімізувати інформаційні втрати. Особливо важливою є можливість синхронізації ERP-систем із автоматизованими системами керування технологічними процесами, що створює передумови для підвищення продуктивності обладнання, оптимізації виробничого планування та зменшення простоїв. Крім того, впровадження таких систем сприяє зниженню впливу людського фактора та підвищенню точності обліку й контролю ресурсів.

Для України питання цифровізації та модернізації виробництва є особливо актуальним у контексті відновлення промислового потенціалу та інтеграції у світовий економічний простір. Розробка ERP-системи управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства відповідає сучасним вимогам автоматизації та є важливим кроком до створення ефективного, конкурентоспроможного та технологічно розвиненого виробництва.

Метою бакалаврської роботи є розробка та обґрунтування ERP-системи управління ресурсами і виробничою діяльністю підприємства, яка забезпечує комплексну автоматизацію основних бізнес-процесів, інтеграцію виробничих

та управлінських підсистем і підвищення ефективності функціонування підприємства в умовах цифрового середовища. Досягнення поставленої мети передбачає створення програмного рішення, що дозволяє здійснювати планування, облік і контроль матеріальних, трудових та фінансових ресурсів у межах єдиного інформаційного простору. Розроблювана система має забезпечувати узгоджену взаємодію між виробничими підрозділами, складським господарством, фінансовими службами та адміністративним управлінням. Важливим аспектом є реалізація архітектури, яка відповідає принципам комп'ютерно-інтегрованих технологій та забезпечує можливість подальшого масштабування і інтеграції з автоматизованими системами керування виробництвом.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно розв'язати такі задачі:

- Здійснити дослідження предметної області та виконати огляд наявних ERP-рішень для управління діяльністю підприємства.
- Сформувати перелік функціональних можливостей і технічних характеристик, яким має відповідати проєктована система.
- Спроектувати загальну архітектуру ERP-системи та визначити склад і взаємодію її ключових модулів.
- Розробити структуру бази даних і побудувати модель інформаційних потоків у межах підприємства.
- Виконати програмну реалізацію модулів, що забезпечують автоматизацію управління ресурсами та виробничими процесами.

Об'єктом дослідження виступають процеси організації та управління ресурсами і виробничою діяльністю підприємства в умовах впровадження автоматизованих та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Предметом дослідження є підходи, математичні й інформаційні моделі, а також програмні інструменти, що застосовуються для створення ERP-системи з метою автоматизації управління ресурсним забезпеченням і виробничими процесами підприємства.

У процесі виконання роботи застосовано комплекс наукових і прикладних методів, вибір яких зумовлений специфікою досліджуваної задачі та вимогами до створення ERP-системи. Зокрема, методи системного аналізу використано для дослідження структури підприємства, його бізнес-процесів та взаємозв'язків між підрозділами, що дозволило розглядати підприємство як цілісну систему, визначити ключові інформаційні потоки, виявити проблемні ділянки в управлінні ресурсами та сформувані обґрунтовані вимоги до автоматизації.

Для розробки концепції та побудови структури майбутньої ERP-системи застосовано методи моделювання. Зокрема, функціональне та структурне моделювання дало змогу формалізувати бізнес-процеси, описати логіку роботи модулів і спроектувати архітектуру системи з урахуванням інтеграції її компонентів. Використання моделей забезпечило наочність проєктних рішень і зменшило ризик помилок на етапі програмної реалізації.

Реалізація програмного забезпечення здійснювалася із застосуванням методів об'єктно-орієнтованого програмування, що забезпечують модульність, повторне використання коду та зручність масштабування системи. Такий підхід дозволяє структурувати програмний продукт у вигляді взаємодіючих класів і компонентів, що відповідають окремим функціональним модулям ERP-системи.

Для створення інформаційної основи системи використано методи проєктування баз даних, зокрема розроблення концептуальної, логічної та фізичної моделей даних, що забезпечило цілісність, узгодженість і надійність зберігання інформації, а також ефективну обробку запитів і підтримку багатокористувацького режиму роботи. Застосування зазначених методів у комплексі дало змогу створити структуровану, функціонально завершену та технологічно обґрунтовану ERP-систему управління підприємством.

## **РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ІСНУЮЧИХ РІШЕНЬ**

### **1.1 Особливості управління ресурсами та виробничими процесами підприємства**

Управління ресурсами та виробничими процесами є ключовим напрямом діяльності будь-якого сучасного підприємства, оскільки саме від ефективності використання наявних ресурсів залежить рівень продуктивності, собівартість продукції та конкурентоспроможність на ринку. До основних видів ресурсів належать матеріальні, трудові, фінансові, інформаційні та енергетичні ресурси, кожен з яких потребує системного обліку, планування та контролю. В умовах зростання складності виробництва та інтеграції технологічних процесів особливого значення набуває координація використання цих ресурсів у межах єдиного управлінського механізму.

Виробничий процес являє собою сукупність взаємопов'язаних операцій, спрямованих на перетворення сировини та матеріалів у готову продукцію. Він включає стадії підготовки виробництва, планування, безпосереднього виготовлення продукції, контролю якості, складування та реалізації. Ефективне управління виробничими процесами передбачає раціональне планування виробничих потужностей, оптимізацію завантаження обладнання, узгодження графіків постачання матеріалів і мінімізацію простоїв.

Однією з характерних особливостей сучасного підприємства є необхідність оперативного прийняття управлінських рішень на основі актуальної та достовірної інформації. Відсутність інтегрованої системи обліку призводить до фрагментарності даних, дублювання інформації та зростання ризику помилок. Тому управління ресурсами потребує централізованого інформаційного середовища, яке забезпечує прозорість руху матеріалів, контроль витрат і можливість аналізу ефективності виробничої діяльності.

Важливим аспектом є взаємозв'язок між стратегічним, тактичним і оперативним рівнями управління. На стратегічному рівні визначаються довгострокові цілі розвитку підприємства, обсяги виробництва та інвестиційна

політика. Тактичний рівень передбачає формування виробничих планів, бюджетів і графіків постачання. Оперативний рівень забезпечує щоденний контроль виконання виробничих завдань, облік ресурсів і коригування процесів у разі відхилень.

У сучасних умовах цифровізації промисловості значну роль відіграє автоматизація процесів управління. Використання комп'ютерно-інтегрованих технологій дозволяє забезпечити безперервний моніторинг стану виробничого обладнання, аналіз завантаження потужностей та прогнозування потреб у ресурсах. Інтеграція інформаційних систем із виробничими підсистемами сприяє підвищенню точності планування, зменшенню виробничих витрат і покращенню якості управлінських рішень.

Кваліфікаційна робота бакалавра виконана на базі підприємства «Альфа-Композит», яке спеціалізується на виробництві та постачанні композитних труб для потреб електротехнічної, будівельної, енергетичної та інших галузей промисловості. Підприємство характеризується багатостадійним технологічним процесом, широкою номенклатурою продукції та необхідністю виготовлення виробів відповідно до індивідуальних технічних вимог замовників. Додатковими факторами складності є високі вимоги до дотримання термінів виконання замовлень, контролю якості та раціонального використання матеріальних і виробничих ресурсів. За таких умов ефективність діяльності підприємства значною мірою залежить від рівня автоматизації управлінських і виробничих процесів. Координація постачання сировини, планування виробничих потужностей, облік складських запасів, формування виробничих графіків та контроль виконання замовлень потребують функціонування єдиного інформаційного середовища. Саме тому доцільним є впровадження ERP-системи, яка забезпечує інтеграцію всіх ключових підсистем підприємства – виробничої, логістичної, фінансової та управлінської – в межах централізованої платформи.

Підприємства з виробництва композитних матеріалів належать до високотехнологічних виробництв, діяльність яких характеризується складною

структурою ресурсного забезпечення та багатостадійністю технологічних процесів. Композитні матеріали, як правило, виготовляються на основі поєднання армувальних компонентів (скловолокно, вуглецеве волокно, базальтове волокно) та полімерних матриць (епоксидні, поліефірні або вінілестерні смоли). Така специфіка виробництва обумовлює підвищені вимоги до точності дозування компонентів, дотримання температурних режимів, вологості та часових параметрів технологічних операцій.

Управління матеріальними ресурсами на такому підприємстві передбачає організацію постачання сировини, контроль її якості, зберігання в спеціальних умовах та облік залишків на складах. Наприклад, полімерні смоли мають обмежений термін придатності та чутливі до умов зберігання, що потребує постійного моніторингу складських запасів і своєчасного оновлення партій. Невчасне використання або порушення умов зберігання може призвести до браку продукції та фінансових втрат. Тому важливим є впровадження системи автоматизованого обліку матеріалів із можливістю відстеження партій і термінів придатності.

Виробничий процес виготовлення композитних виробів зазвичай включає підготовку форм, укладання армувального матеріалу, просочення смолою, формування виробу, полімеризацію (отвердження) та механічну обробку. Кожен етап потребує точного дотримання технологічних параметрів і координації роботи персоналу та обладнання. Управління виробничими процесами полягає у плануванні завантаження форм і автоклавів, оптимізації черговості замовлень, мінімізації простоїв та забезпеченні рівномірного використання виробничих потужностей.

Особливістю такого виробництва є висока варіативність продукції, оскільки композитні матеріали часто виготовляються за індивідуальними технічними вимогами замовника, що ускладнює планування виробництва та потребує гнучкої системи управління замовленнями. Необхідно враховувати специфікації кожного виробу, норми витрат матеріалів, тривалість технологічних операцій і доступність обладнання. Відсутність інтегрованої

інформаційної системи може призвести до помилок у розрахунках, перевитрат матеріалів і порушення термінів виконання замовлень.

Управління трудовими ресурсами також має важливе значення. Виробництво композитів вимагає кваліфікованого персоналу, здатного працювати з високотехнологічним обладнанням та дотримуватися суворих технологічних регламентів. Планування змін, контроль виконання виробничих завдань і оцінювання продуктивності праці повинні здійснюватися на основі достовірних даних. Автоматизований облік робочого часу та виконаних операцій сприяє підвищенню дисципліни та прозорості управління.

Фінансове управління підприємством пов'язане з контролем собівартості продукції, яка значною мірою залежить від вартості імпортованих компонентів і енергоносіїв. Необхідність точного розрахунку витрат на кожне замовлення обумовлює потребу в інтегрованому обліку матеріалів, енергії та трудових витрат. Аналіз цих показників дозволяє визначати рентабельність виробів і приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо оптимізації виробничої програми.

У структурі ERP-системи важливу роль відіграють модулі управління взаємодією з клієнтами (CRM), які забезпечують облік замовлень, формування комерційних пропозицій, контроль виконання контрактів та аналіз клієнтської бази. Проте на відміну від ізольованої CRM-системи, ERP-рішення дозволяє пов'язати дані про замовлення з плануванням виробництва, потребами в матеріалах, завантаженням обладнання та фінансовими показниками. Такий комплексний підхід підвищує прозорість управління, зменшує ризик помилок і сприяє оптимізації діяльності підприємства «Альфа-Композит».

Управління ресурсами та виробничими процесами на підприємстві з виробництва композитних матеріалів характеризується високою складністю, багатофакторністю та залежністю від точності інформації. Ефективність функціонування такого підприємства безпосередньо пов'язана з рівнем автоматизації обліку, планування та контролю. Саме тому впровадження інтегрованої ERP-системи є доцільним рішенням, що дозволяє забезпечити

координацію матеріальних, виробничих і фінансових потоків, підвищити якість управління та мінімізувати виробничі ризики.

Управління ресурсами та виробничими процесами підприємства є багаторівневою і багатокомпонентною задачею, що потребує комплексного підходу, системного аналізу та впровадження сучасних інформаційних технологій. Саме ці особливості зумовлюють необхідність розробки інтегрованих ERP-систем, здатних забезпечити ефективну координацію всіх елементів виробничої діяльності підприємства.

## **1.2 Сутність та функціональні можливості ERP-систем**

В умовах цифровізації промисловості та зростання складності виробничих структур особливого значення набуває впровадження інтегрованих інформаційних систем управління підприємством. ERP-системи є еволюційним розвитком систем планування матеріальних ресурсів (MRP) і призначені для комплексної підтримки всіх ключових процесів організації в межах єдиного інформаційного простору. Їх сутність полягає у забезпеченні наскрізної автоматизації управління ресурсами підприємства на основі централізованої бази даних, регламентованих процедур обробки інформації та формалізованих бізнес-процесів.

На відміну від ізольованих програмних продуктів, що вирішують окремі задачі (бухгалтерський облік, складський облік або управління персоналом), ERP-система охоплює весь цикл діяльності підприємства – від надходження замовлення до відвантаження готової продукції та фінансового аналізу результатів, що дозволяє забезпечити прозорість управління, підвищити оперативність обміну даними між підрозділами та мінімізувати ризики, пов'язані з розрізненістю інформації.

Побудова ERP-систем базується на низці методологічних принципів, що визначають їх архітектуру та функціональні можливості. Одним із базових є принцип єдиного інформаційного простору, який передбачає централізоване зберігання та обробку даних. Усі підрозділи підприємства працюють із узгодженою інформацією, що усуває дублювання записів та суперечності в облікових даних.

Другим важливим принципом є процесна орієнтація. ERP-система підтримує не окремі функції підрозділів, а бізнес-процеси, які проходять через декілька структурних одиниць підприємства. Наприклад, процес виконання замовлення включає етапи прийому заявки, планування виробництва, забезпечення матеріалами, виготовлення продукції, контролю якості та фінансового обліку. ERP забезпечує інтеграцію цих етапів у межах єдиного алгоритму.

Не менш важливими є принципи масштабованості та адаптивності. Система повинна підтримувати розширення функціоналу, підключення нових виробничих підрозділів або інтеграцію з зовнішніми інформаційними платформами. Для підприємств промислового сектору актуальним є також принцип відкритості архітектури, що забезпечує можливість взаємодії ERP із системами автоматизованого керування технологічними процесами (SCADA, MES).

Якщо ERP-система забезпечує управління ресурсами та бізнес-процесами на рівні підприємства, то системи SCADA та MES працюють безпосередньо на рівні виробничих процесів і технологічного обладнання. Їх інтеграція дозволяє створити повноцінне комп'ютерно-інтегроване середовище управління.

SCADA – це система диспетчерського керування та збору даних, призначена для моніторингу і контролю технологічних процесів у реальному часі. Вона функціонує на рівні взаємодії з промисловими контролерами (PLC), датчиками, приводами та іншим обладнанням. SCADA-система забезпечує оперативний контроль за станом обладнання та дозволяє оператору своєчасно

реагувати на відхилення параметрів від заданих значень. Для виробництва композитних труб SCADA може контролювати температурні режими полімеризації; швидкість намотування армувального волокна; тиск у формувальних установках; параметри роботи печей або автоклавів.

MES – це система оперативного управління виробництвом, яка розташовується між рівнем ERP і SCADA. Вона забезпечує координацію виробничих операцій у режимі реального часу та перетворює виробничі плани ERP у конкретні виробничі завдання. MES дозволяє отримувати достовірну інформацію про фактичний стан виробництва та передавати її до ERP для фінансового й управлінського аналізу. На підприємстві з виробництва композитних труб MES може формувати виробничі завдання відповідно до замовлень клієнтів; контролювати проходження кожного виробу через технологічні стадії; фіксувати фактичні витрати смоли та армувальних матеріалів; відстежувати партії сировини; забезпечувати контроль якості продукції.

У загальній архітектурі управління підприємством ERP – стратегічний і тактичний рівень (планування ресурсів, фінанси, замовлення). MES – оперативний виробничий рівень (контроль виконання плану). SCADA – технологічний рівень (керування обладнанням і збір даних). Інтеграція цих систем дозволяє синхронізувати виробничі плани з реальним станом обладнання; підвищити точність розрахунку собівартості; зменшити виробничі простой; забезпечити повну простежуваність продукції.

Функціонал ERP-систем охоплює широкий спектр управлінських задач. До ключових можливостей належать планування виробництва та управління виробничими замовленнями; розрахунок потреб у матеріалах (MRP); управління закупівлями та постачанням; складський облік і логістика; фінансовий облік та бюджетування; управління персоналом; аналітична звітність та підтримка прийняття рішень.

Особливу роль відіграє функція планування потреб у ресурсах, яка дозволяє визначати оптимальні обсяги закупівель і виробництва на основі

прогнозованого попиту. Завдяки цьому підприємство може зменшити обсяги складських запасів, скоротити витрати на зберігання та мінімізувати дефіцит матеріалів. Сучасні ERP-системи також підтримують інструменти бізнес-аналітики (BI), що дозволяють здійснювати багатовимірний аналіз даних, формувати інтерактивні звіти та моделювати сценарії розвитку підприємства. Це підвищує якість стратегічного управління та забезпечує своєчасне реагування на зміни зовнішнього середовища. BI-системи дозволяють перетворювати великі масиви даних, що накопичуються в ERP та інших інформаційних системах підприємства, у зрозумілу аналітичну інформацію у вигляді звітів, панелей моніторингу, графіків та показників ефективності (KPI).

Підприємство «Альфа-Композіт», яке є базою для виконання дипломної роботи, спеціалізується на виробництві композитних труб, характеризується багатостадійним технологічним процесом, використанням різномірних матеріалів і високими вимогами до контролю якості продукції. Виробництво включає етапи підготовки армувальних матеріалів, формування виробу, полімеризації, механічної обробки та тестування. Кожен із цих етапів потребує точного планування, синхронізації з іншими операціями та контролю ресурсів.

У такому середовищі ERP-система виконує роль інтеграційної платформи, що поєднує виробничі, складські, фінансові та управлінські процеси. Модуль управління виробництвом дозволяє формувати виробничі графіки з урахуванням завантаження обладнання, тривалості технологічних операцій і наявності сировини. Автоматизований розрахунок потреб у матеріалах є критично важливим, оскільки композитні смоли та армувальні компоненти мають обмежений термін придатності та специфічні умови зберігання.

Модуль складського обліку забезпечує контроль руху матеріалів за партіями, що дозволяє відстежувати їх використання в конкретних замовленнях. Це особливо важливо для підприємства, яке працює з

індивідуальними технічними вимогами клієнтів і повинно гарантувати простежуваність кожного виробу.

Фінансовий модуль ERP дозволяє здійснювати точний розрахунок собівартості композитних труб із урахуванням витрат на матеріали, енергію, амортизацію обладнання та оплату праці. Аналіз цих показників сприяє прийняттю рішень щодо оптимізації виробничої програми та формування конкурентної цінової політики.

Впровадження ERP створює основу для інтеграції з виробничими системами моніторингу обладнання, що дозволяє отримувати дані про фактичне завантаження ліній, тривалість операцій та показники якості продукції безпосередньо з технологічного рівня управління. У перспективі така інтеграція може стати підґрунтям для реалізації принципів цифрового виробництва та переходу до елементів «розумної фабрики».

ERP-система для підприємства «Альфа-Композіт» виступає не лише інструментом обліку, а стратегічною платформою управління, що забезпечує синхронізацію матеріальних, виробничих і фінансових потоків. Її впровадження дозволяє підвищити ефективність використання ресурсів, знизити виробничі ризики, покращити контроль якості та забезпечити сталий розвиток підприємства в умовах цифрової трансформації промисловості.

### **1.3 Огляд існуючих та аналіз сучасних ERP-систем**

Сучасні ERP-системи є ключовим інструментом цифрової трансформації підприємств. Вони забезпечують інтеграцію фінансових, виробничих, логістичних, кадрових та аналітичних процесів у межах єдиного інформаційного середовища. Ринок ERP-рішень представлений як глобальними платформами корпоративного рівня, так і спеціалізованими або галузевими рішеннями для середнього й малого бізнесу. Для аналізу були обрані найбільш поширені системи, що використовуються у виробничому

секторі SAP S/4HANA, Oracle NetSuite, Microsoft Dynamics 365, Odoo, BAS ERP. Вибір цих систем зумовлений їх популярністю, функціональною повнотою та застосуванням у виробничих підприємствах.

Корпоративна ERP-платформа SAP S/4HANA має потужну аналітику та підтримку складних виробничих процесів. Її перевагами є висока масштабованість; розвинені модулі управління виробництвом (MRP, SCM); інтеграція з BI та аналітикою в реальному часі; підтримка міжнародних стандартів обліку. До недоліків можна віднести високу вартість впровадження; складність налаштування; потребу у кваліфікованих консультантах; надмірну функціональність для середніх підприємств.

Хмарна ERP-система Oracle NetSuite орієнтована на середній бізнес. До її переваг відносяться повністю cloud-рішення; швидке впровадження; вбудована аналітика; гнучкість масштабування, до недоліків – залежність від інтернет-з'єднання; обмежена адаптація під специфіку складного виробництва; висока абонентська плата.

Для комплексного ERP/CRM-рішення Microsoft Dynamics 365 характерним є модульна архітектура. Перевагами рішення є його інтеграція з екосистемою Microsoft; зручний інтерфейс; підтримка виробничих модулів; гнучке налаштування, недоліками є складність кастомізації; потреба у додаткових ліцензіях; значні витрати на підтримку.

ERP з відкритим кодом Odoo орієнтована на гнучкість і модульність. Її перевагами є доступна вартість; відкритий код; гнучке доопрацювання; широкий вибір модулів. У якості недоліків можна зазначити, що система потребує технічної експертизи; не завжди стабільна при великих навантаженнях; обмежена підтримка складного виробництва.

Українська ERP-система BAS ERP адаптована до національного законодавства. У якості переваг можна відзначити її відповідність українському бухгалтерському обліку; порівняно невисоку вартість; зрозумілу локалізацію. Недоліками BAS ERP є обмежена інтеграція з сучасними індустріальними системами; слабка аналітична складова; застарілі

архітектурні підходи. У таблиці 1.1 та 1.2 надамо порівняльний аналіз ERP-систем.

Таблиця 1.1 – Порівняння функціональних характеристик ERP-систем

Критерій	SAP S / 4HANA	Oracle NetSuite	MS Dynamics 365	Odoо	BAS ERP
Масштабованість	Висока	Висока	Середня	Середня	Низька
Підтримка виробництва	Розширена	Середня	Достатня	Обмежена	Базова
Хмарна архітектура	Так	Так	Так	Так	Частково
Локалізація для України	Обмежена	Обмежена	Часткова	Потребує адаптації	Повна
Вартість впровадження	Дуже висока	Висока	Висока	Помірна	Помірна
Інтеграція з ВІ	Вбудована	Вбудована	Через Power BI	Через модулі	Обмежена

Таблиця 1.2 – Переваги та недоліки (узагальнення)

Система	Основні переваги	Основні недоліки
SAP S/4HANA	Потужність, комплексність	Висока вартість
Oracle NetSuite	Cloud-рішення	Обмежена виробнича глибина
MS Dynamics 365	Інтеграція з Microsoft	Дорогі ліцензії
Odoо	Гнучкість, open-source	Потреба в доопрацюванні
BAS ERP	Локалізація	Обмежена сучасна інтеграція

Аналіз існуючих рішень дозволив сформувавши функціональні, технічні та організаційні вимоги до розроблюваної ERP-системи для підприємства з виробництва композитних матеріалів. До функціональних вимог можна віднести підтримку MRP-планування; управління виробничими замовленнями; контроль витрат матеріалів; інтеграцію зі складським обліком; формування аналітичної звітності; підтримку CRM-модуля. Технічні вимоги зумовлені модульною архітектурою; web-орієнтованим інтерфейсом; інтеграцією з SCADA/MES; підтримкою баз даних SQL; можливістю масштабування. Організаційні вимоги до розроблюваної ERP-системи пов'язані з адаптацією до українського законодавства; невисокою вартістю впровадження; простотою навчання персоналу; можливістю подальшого розвитку.

Проведений аналіз показав, що існуючі ERP-системи забезпечують високий рівень автоматизації, однак мають або надмірну складність і високу вартість (SAP, Oracle), або обмежену функціональність для складного виробництва (Odoo, BAS ERP). Для підприємства «Альфа-Композит» доцільною є розробка власної ERP-системи з урахуванням специфіки виробництва композитних труб, інтеграції з виробничими підсистемами та орієнтації на оптимальний баланс між функціональністю, вартістю та гнучкістю. Результати огляду стали основою для формування технічного завдання на розробку ERP-системи управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства.

## **Висновок до розділу 1.**

У розділі 1 було здійснено комплексний аналіз особливостей управління ресурсами та виробничими процесами підприємства, досліджено сутність і функціональні можливості сучасних ERP-систем. Встановлено, що ефективність діяльності виробничого підприємства безпосередньо залежить

від рівня інтеграції інформаційних потоків, точності планування матеріальних потреб, координації виробничих операцій та контролю витрат. Особливої актуальності набуває впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем управління в умовах зростання конкуренції, ускладнення технологічних процесів і необхідності підвищення оперативності прийняття управлінських рішень.

Розгляд сутності ERP-систем показав, що вони є ключовим інструментом цифрової трансформації підприємства, оскільки забезпечують централізоване управління фінансовими, виробничими, логістичними та кадровими ресурсами в межах єдиного інформаційного простору. Модульна архітектура, інтеграція бізнес-процесів та підтримка аналітичних функцій дозволяють підвищити прозорість діяльності підприємства, зменшити витрати та оптимізувати використання ресурсів.

У межах огляду сучасних ERP-рішень було проаналізовано популярні програмні продукти та здійснено їх порівняння за функціональними, технічними та економічними критеріями. Виявлено, що глобальні системи забезпечують високий рівень автоматизації та масштабованості, проте характеризуються значною вартістю впровадження і складністю адаптації. Водночас доступніші рішення часто мають обмежену функціональність або потребують доопрацювання для використання у виробничому середовищі.

Проведений аналіз дозволив сформулювати обґрунтовані вимоги до розробки власної ERP-системи, яка повинна враховувати специфіку виробничої діяльності підприємства, забезпечувати інтеграцію з виробничими модулями, підтримувати планування матеріальних ресурсів та надавати інструменти аналітичної підтримки управлінських рішень. Отримані результати є теоретичною та методичною основою для подальшого проектування архітектури системи та її програмної реалізації у наступних розділах роботи.

## РОЗДІЛ 2 ПРОЄКТУВАННЯ ERP-СИСТЕМИ

### 2.1 Розробка загальної архітектури ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб

Проектування ERP-системи для підприємства з виробництва композитних труб потребує формування такої архітектури, яка забезпечить інтеграцію виробничих, логістичних, фінансових та управлінських процесів у межах єдиного інформаційного середовища. Враховуючи специфіку виробництва (багатостадійність технологічного процесу, використання різномірної сировини, необхідність контролю якості та індивідуальні замовлення), архітектура системи повинна бути масштабованою, модульною та здатною до інтеграції з виробничими підсистемами.

Розглянемо загальну концепцію архітектури. В основу проєктованої ERP-системи покладено клієнт-серверну архітектуру з використанням веб-технологій, що забезпечує централізоване зберігання даних та доступ користувачів через локальну мережу або інтернет-браузер(див. таблиця 2.1).

Таблиця 2.1 – Розподіл функцій між рівнями архітектури

Рівень	Основні функції	Переваги
Клієнтський	Відображення інтерфейсу, введення даних	Простота доступу, кросплатформеність
Прикладний	Бізнес-логіка, обробка запитів, MRP-розрахунки	Централізований контроль
Дані	Зберігання та забезпечення цілісності	Надійність, резервування

Такий підхід дозволяє мінімізувати витрати на встановлення програмного забезпечення на робочих місцях; забезпечити централізоване

адміністрування; реалізувати гнучке масштабування; організувати захищений віддалений доступ. Архітектура системи є тривірневою та включає такі три рівні, як рівень представлення (Client Layer), прикладний рівень (Application Layer) і рівень даних (Database Layer)

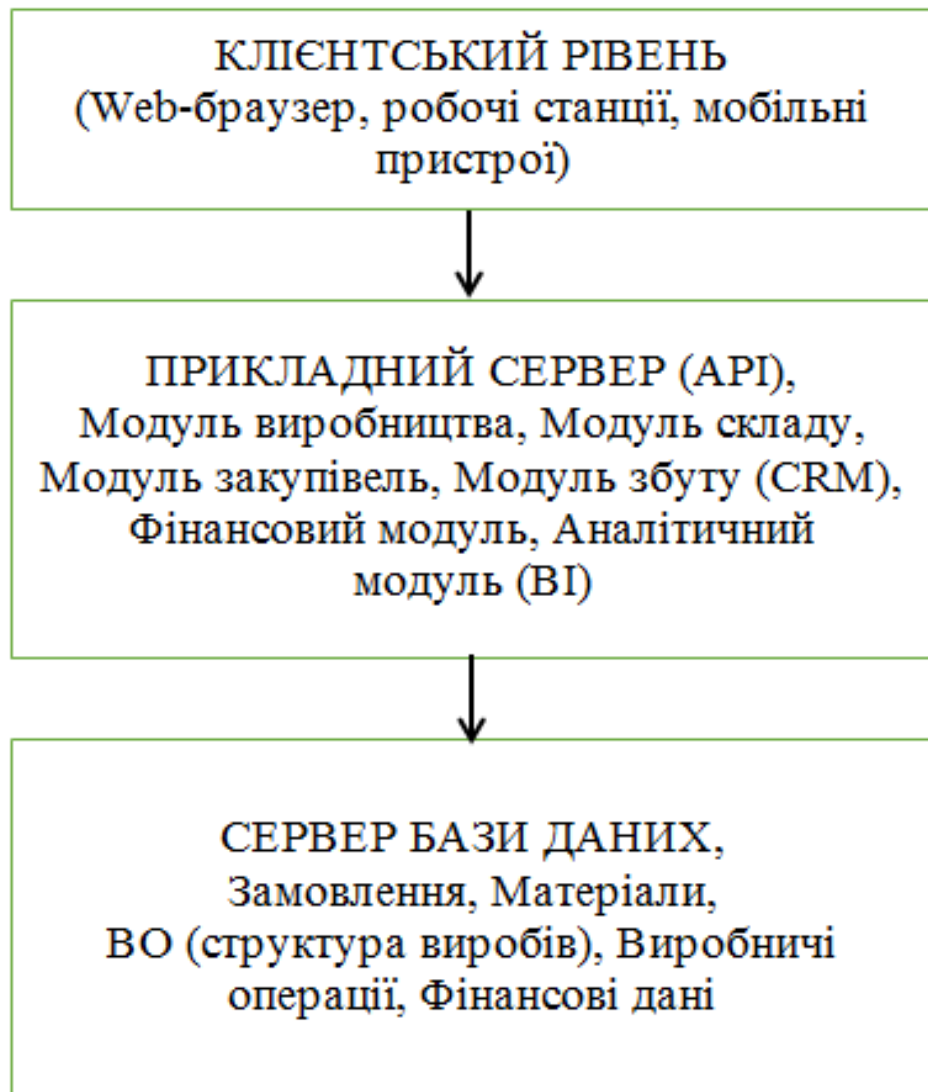


Рисунок 2.1 – Загальна архітектура ERP-системи

Клієнтський рівень (Presentation Layer) реалізовано у вигляді веб-інтерфейсу, що забезпечує доступ до функціональних модулів ERP через браузер. Користувачами системи є менеджери з продажу; працівники складу; виробничі диспетчери; бухгалтерія; керівництво підприємства. Інтерфейс

повинен підтримувати рольову модель доступу; адаптивний дизайн; інтерактивні панелі керування; візуалізацію ключових показників (KPI).



Рисунок 2.2 – Інформаційні потоки в ERP

Прикладний рівень (Application Layer) виконує основну бізнес-логіку системи. Саме на цьому рівні реалізуються обробка замовлень; розрахунок

потреб у матеріалах (MRP); формування виробничих планів; управління складськими запасами; фінансові операції; аналітична обробка даних.

Таблиця 2.2 – Основні модулі ERP для підприємства «Альфа-Композіт»

Модуль	Призначення	Особливість для виробництва композитних труб
Виробництво	Планування та диспетчеризація	Облік технологічних режимів
Склад	Облік матеріалів	Контроль витрат смоли та волокна
Закупівлі	Формування заявок	Планування постачання імпортової сировини
CRM	Управління замовленнями	Індивідуальні технічні параметри
Фінанси	Облік витрат	Розрахунок собівартості партії
ВІ	Аналітика	Аналіз маржинальності продукції

Прикладний рівень організовано за модульним принципом. Основними модулями на цьому рівні є модуль управління виробництвом; модуль управління запасами; модуль закупівель; модуль збуту (CRM-компонент); фінансово-обліковий модуль; аналітичний модуль (звітність та ВІ). Модульність забезпечує незалежність компонентів та можливість їх подальшого розширення без порушення цілісності системи.

Рівень даних (Database Layer) представлений централізованою реляційною базою даних, що зберігає довідники матеріалів; специфікації виробів (BOM); виробничі маршрути; дані про замовлення; фінансову інформацію; історію операцій. Централізоване зберігання гарантує цілісність даних; узгодженість інформаційних потоків; контроль доступу; резервне копіювання.

Система реалізується як web-орієнтований застосунок, що функціонує за принципом «тонкого клієнта». Це означає, що основна обробка даних відбувається на сервері, а клієнтський пристрій використовується лише для

відображення результатів. Перевагами веб-архітектури є відсутність необхідності встановлення спеціалізованого ПЗ; можливість роботи з різних пристроїв; централізоване оновлення системи; підтримка інтеграції через API.

Система реалізується за принципом REST API. Клієнт надсилає HTTP-запит. Сервер обробляє бізнес-логіку. Повертає JSON-відповідь. Інтерфейс відображає дані.

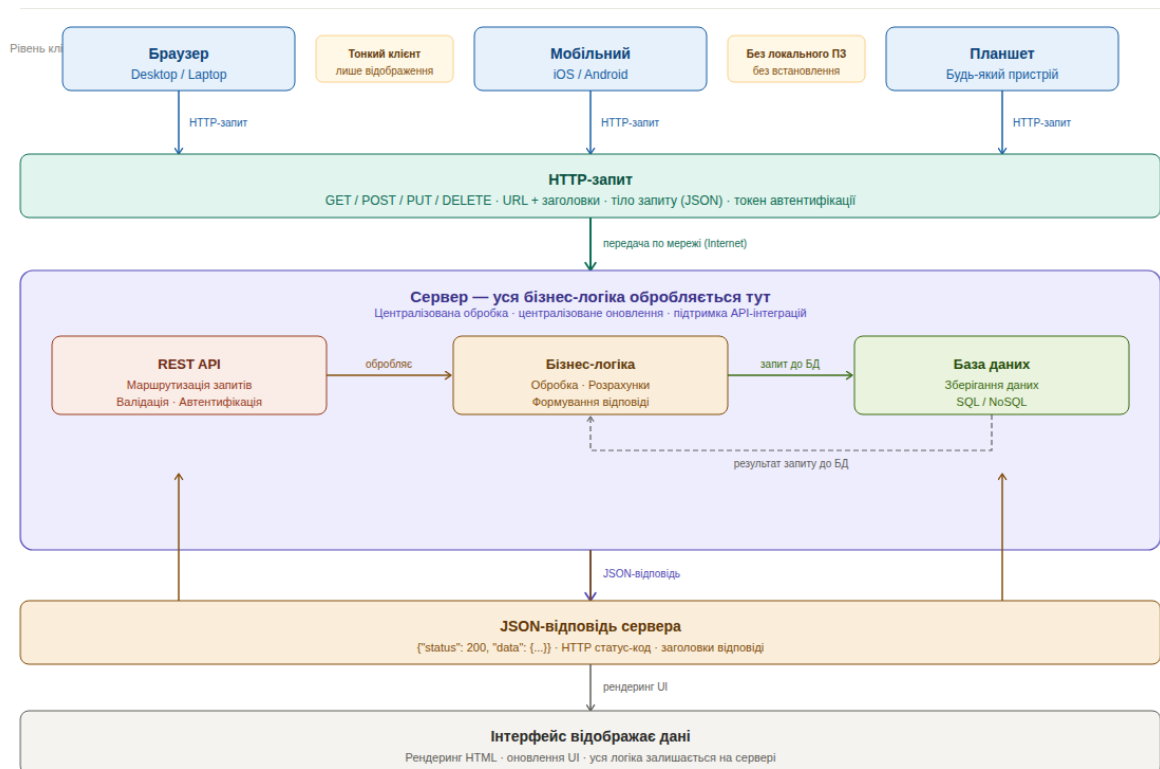


Рисунок 2.3 – Архітектура «тонкого клієнта» та рух даних REST API

У якості пояснень до рисунку 2.3, зазначимо, що архітектура «тонкого клієнта» відображає повний цикл руху даних у п'яти рівнях:

↓ Запит (синій потік): будь-який пристрій клієнта формує HTTP-запит (GET/POST/PUT/DELETE) і надсилає його по мережі.

Сервер (фіолетовий блок): уся бізнес-логіка зосереджена :REST API маршрутизує запит → бізнес-логіка його обробляє → звертається до бази даних → отримує результат назад.

↑ Відповідь (бурштиновий потік): сервер повертає JSON з HTTP-статусом, клієнт лише відображає отримані дані, немає ніякої обробки на пристрої.

Інформаційні потоки в ERP-системі мають наскрізний характер. Наприклад, менеджер створює замовлення клієнта. Система перевіряє складські залишки. У разі нестачі матеріалів формується заявка на закупівлю. Генерується виробниче завдання. Дані про виконання операцій передаються у фінансовий модуль. Аналітичний модуль формує звітність. Передбачена можливість інтеграції з системами автоматизації виробництва (SCADA); системами оперативного управління виробництвом (MES); зовнішніми бухгалтерськими сервісами; банківськими API. Взаємодія компонентів здійснюється через внутрішні програмні інтерфейси та єдину базу даних, що забезпечує узгодженість інформації на всіх рівнях управління.

Архітектура передбачає рольову модель доступу; шифрування з'єднань (HTTPS); журналювання дій користувачів; регулярне резервне копіювання бази даних; механізми відновлення після збоїв. Запропонована клієнт-серверна веб-орієнтована архітектура забезпечує гнучкість, масштабованість та інтегрованість ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб. Трирівнева структура дозволяє розмежувати функції представлення, бізнес-логіки та зберігання даних, що підвищує надійність та спрощує супровід системи. Розроблена архітектурна модель створює основу для подальшого детального проектування структурної схеми та програмної реалізації ERP-системи.

Перевагами обраної архітектури для виробництва композитних труб є централізований контроль матеріалів, інтеграція з виробничими системами, підтримка MRP-розрахунків, можливість BI-аналітики, масштабованість при зростанні виробництва.

## 2.2 Проектування структури бази даних та бізнес-процесів

Проектування структури бази даних та моделювання бізнес-процесів є ключовим етапом створення ERP-системи для підприємства з виробництва композитних труб. Коректно спроектована інформаційна модель забезпечує цілісність даних, ефективність обробки запитів та узгодженість роботи всіх функціональних модулів. При розробці бази даних ERP-системи враховано нормалізацію даних (3НФ); забезпечення цілісності (PRIMARY KEY, FOREIGN KEY); мінімізацію дублювання; підтримку транзакційності; масштабованість структури. База даних повинна забезпечувати зберігання інформації про клієнтів; замовлення; матеріали; специфікації виробів (BOM); виробничі операції; складські залишки; постачальників; фінансові операції.

Логічну структуру бази даних ERP-системи та зв'язки між основними сутностями відображає ER-діаграма. Вона демонструє, як організовано зберігання інформації та яким чином дані різних модулів взаємодіють між собою в межах єдиного інформаційного простору підприємства. Основні сутності зображено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні сутності

Сутність	Опис
Customers	Дані клієнтів
Orders	Замовлення
Order_Items	Позиції замовлення
Products	Номенклатура продукції
BOM	Специфікація виробу
Materials	Сировина
Production_Orders	Виробничі завдання
Operations	Технологічні операції
Suppliers	Постачальники

На рисунках 2.3.1- 2.3.7 зображено ER-діаграму ERP-системи. Деталізуємо і опишемо сутності.

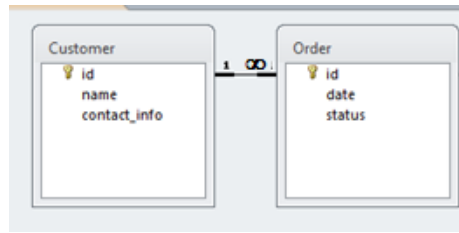


Рисунок 2.4.1 - Сутність Customers (Клієнти).

1. Сутність Customers (Клієнти). Ця таблиця містить інформацію про замовників продукції (назва компанії, контактні дані, реквізити).

Зв'язок:

**Customers (1) — (∞) Orders**

Один клієнт може створювати багато замовлень, але кожне замовлення належить лише одному клієнту.



Рисунок 2.4.2 – Сутність Orders (Замовлення)

2. Сутність Orders (Замовлення). Ця таблиця містить загальні дані про замовлення: дата створення, статус, відповідальний менеджер.

Зв'язки:

**Orders (1) — (∞) Order\_Items**

Одне замовлення може містити декілька позицій продукції.

**Orders (1) — (1) Production\_Orders**

Кожне підтвержене замовлення генерує відповідне виробниче завдання.

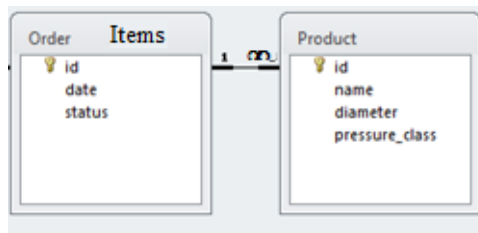


Рисунок 2.4.3 – Сутність Order\_Items (Позиції замовлення).

3. Сутність Order\_Items (Позиції замовлення). Це деталізація замовлення. Містить інформацію про конкретний виріб, його кількість та характеристики.

Зв'язок:

**Order\_Items (∞) — (1) Products**

Кожна позиція відповідає певному типу продукції.

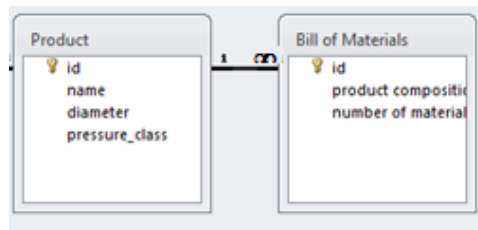


Рисунок 2.4.4 – Сутність Products (Продукція).

4. Сутність Products (Продукція). Таблиця зберігає номенклатуру композитних труб (діаметр, клас тиску, довжина, технічні параметри).

Зв'язок:

**Products (1) — (∞) BOM**

Кожен виріб має власну специфікацію матеріалів.

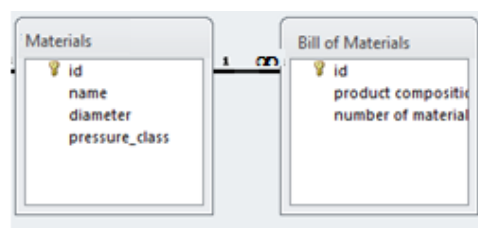


Рисунок 2.4.5 – Сутність BOM (Bill of Materials).

5. Сутність BOM (Bill of Materials). BOM визначає склад виробу, а саме перелік матеріалів та їх кількість для виготовлення одиниці продукції.

Зв'язок:

### **BOM ( $\infty$ ) — (1) Materials**

Кожен запис специфікації відповідає певному матеріалу.

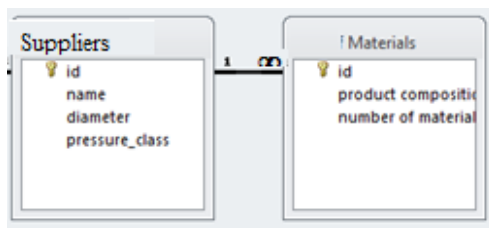


Рисунок 2.4.6 – Сутність Materials (Матеріали).

6. Сутність Materials (Матеріали). Таблиця містить інформацію про сировину (смоли, скловолокно, добавки), одиниці виміру, вартість.

Зв'язок:

### **Suppliers (1) — ( $\infty$ ) Materials**

Один постачальник може постачати декілька матеріалів.

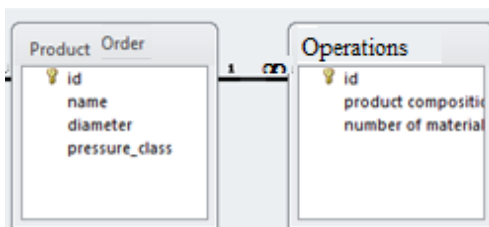


Рисунок 2.4.7 – Сутність Production\_Orders (Виробничі завдання)

7. Сутність Production\_Orders (Виробничі завдання)

Формується на основі замовлення клієнта. Містить дані про обсяг виробництва, терміни та статус виконання.

Зв'язок:

### **Production\_Orders (1) — ( $\infty$ ) Operations**

Виробниче завдання складається з послідовності технологічних операцій.

8. Сутність Operations (Технологічні операції). Таблиця описує етапи виробничого процесу, а саме, намотування армувального шару; полімеризація; термічна обробка; контроль якості. Ця сутність дозволяє реалізувати диспетчеризацію та контроль виконання виробничого циклу.

ER-діаграма на рисунку 2.5 демонструє наскрізний зв'язок бізнес-процесів. Клієнт створює замовлення. Замовлення деталізується позиціями продукції. Для продукції визначається специфікація матеріалів (BOM). Формується виробниче завдання. Виконуються технологічні операції. Використовуються матеріали, що надходять від постачальників. ER-модель забезпечує цілісність даних; підтримку MRP-розрахунків; простежуваність виробничого процесу; можливість формування аналітичної звітності. Модель дозволяє забезпечити інтеграцію всіх функціональних модулів системи та підтримує повний цикл управління – від прийому замовлення до відвантаження готової продукції.

Структура таблиць бази даних на SQL

```
CREATE TABLE customers (  
    id SERIAL PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(255) NOT NULL,  
    email VARCHAR(255),  
    phone VARCHAR(50)  
);
```

```
CREATE TABLE products (  
    id SERIAL PRIMARY KEY,  
    name VARCHAR(255) NOT NULL,  
    diameter INT,  
    pressure_class VARCHAR(50)  
);
```

```
CREATE TABLE materials (  

```

```

id SERIAL PRIMARY KEY,
name VARCHAR(255) NOT NULL,
unit VARCHAR(20),
cost NUMERIC(10,2)
);

```

```

CREATE TABLE bom (
id SERIAL PRIMARY KEY,
product_id INT REFERENCES products(id),
material_id INT REFERENCES materials(id),
quantity NUMERIC(10,3)
);

```

UML-діаграма класів зображена на рисунку 2.5

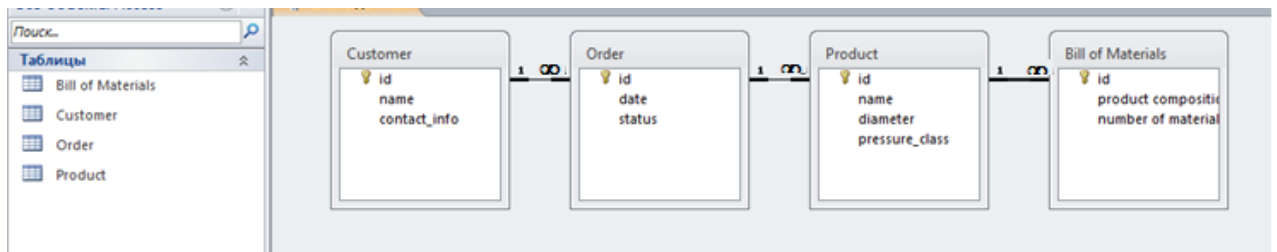


Рисунок 2.5 – UML-діаграма класів

Рисунок 2.5 демонструє об'єктно-орієнтовану структуру ERP-системи, що забезпечує відображення реальних бізнес-процесів підприємства у вигляді взаємопов'язаних програмних класів. Такий підхід дозволяє реалізувати гнучку, масштабовану та підтримувану систему управління виробництвом і ресурсами.

Розпишемо основні класи системи

1. Клас Customer представляє сутність клієнта підприємства і відповідає за збереження та обробку інформації про замовників, а також за взаємодію з класом Order.

Основні атрибути Класу Customer:

id – унікальний ідентифікатор;

name – назва підприємства або ППБ замовника;

contact\_info – контактні дані.

2. Клас Order моделює замовлення клієнта. Клас Order пов'язаний із класом Customer відношенням один-до-багатьох: один клієнт може мати декілька замовлень. Замовлення містить посилання на перелік продукції, що реалізується через зв'язок із класом Product.

Основні атрибути Класу Order:

id – номер замовлення;

date – дата створення;

status – стан виконання (створено, в роботі, виконано).

3. Клас Product відображає номенклатуру виробів (композитних труб). Кожен об'єкт класу Product може мати декілька елементів специфікації (BOM), що відображає структуру виробу.

Основні атрибути Класу Product:

id – ідентифікатор виробу;

name – назва продукції;

diameter – діаметр труби;

pressure\_class – клас робочого тиску.

4. Клас BOM (Bill of Materials) моделює склад виробу, а саме перелік матеріалів та їх кількість. Цей клас забезпечує підтримку MRP-розрахунків і формування виробничих потреб. Відношення: один Product → багато записів BOM.

На діаграмі представлені такі типи зв'язків:

Асоціація (Association) – відображає логічну взаємодію між класами.

Множинність (Multiplicity) – показує кількість об'єктів, що можуть бути пов'язані між собою:

1 → ∞ (один до багатьох);

∞ → ∞ (багато до багатьох).

Наприклад:

Customer 1 — ∞ Order означає, що клієнт може створити багато замовлень.

Order 1 — ∞ Product означає, що одне замовлення може містити декілька виробів, а один виріб може входити до різних замовлень.

UML-діаграма класів демонструє, що користувач (менеджер) створює об'єкт Customer. Для клієнта створюється один або кілька об'єктів Order. Замовлення містить набір об'єктів Product. Для кожного Product визначається склад матеріалів через клас BOM. Таким чином реалізується наскрізна об'єктна модель ERP-системи – від клієнта до виробничої специфікації.

UML-діаграма класів виконує кілька важливих функцій, а саме, формує структуру програмного коду; визначає відповідальність кожного класу; спрощує розробку та масштабування системи; забезпечує узгодженість між базою даних та програмною логікою. Для ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб така модель є основою реалізації модульної архітектури, оскільки дозволяє чітко розмежувати функціональні блоки (клієнти, замовлення, продукція, виробництво) та забезпечити їх інтегровану взаємодію.

### **2.3 Функціональна структура ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб**

Проектована ERP-система для підприємства з виробництва композитних труб реалізується як багатомодульна інтегрована система з централізованою базою даних та єдиною бізнес-логікою. У цьому підрозділі наведено детальний опис функціональних модулів, їх структури, взаємодії, приклади алгоритмів роботи та фрагменти програмної реалізації.

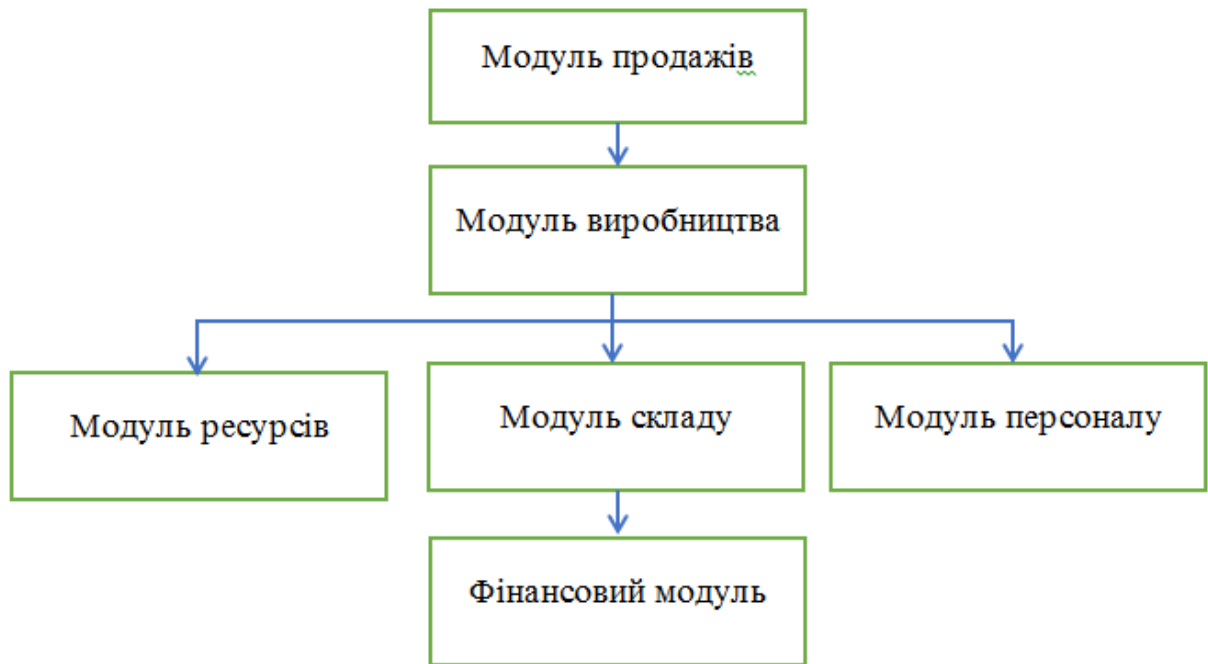


Рисунок 2.6– Функціональна структура ERP-системи

Функціональна структура ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб формується за модульним принципом. Кожен модуль реалізує окремий напрям управління, але при цьому всі модулі інтегровані в єдину інформаційну систему з централізованою базою даних. Такий підхід забезпечує узгодженість даних, наскрізну автоматизацію бізнес-процесів та оперативний обмін інформацією між підрозділами.

Модуль управління ресурсами призначений для планування, обліку та контролю використання матеріальних, фінансових і виробничих ресурсів підприємства. Основними функціями модуля є ведення довідника матеріалів (смоли, армувальні волокна, добавки); облік норм витрат згідно зі специфікацією виробів (BOM); автоматичний розрахунок потреб у матеріалах (MRP); контроль залишків і мінімальних складських рівнів; аналіз собівартості продукції; планування закупівель.

Таблиця 2.4 – Функції модуля управління ресурсами

Функція	Вхідні дані	Результат
Розрахунок MRP	Замовлення, BOM	Потреба в матеріалах
Контроль залишків	Дані складу	Перелік дефіцитних позицій
Планування закупівель	Потреба MRP	Замовлення постачальникам
Аналіз витрат	Фактичні витрати	Собівартість продукції

Для підприємства з виробництва композитних труб цей модуль має критичне значення, оскільки точність розрахунку матеріальних потреб безпосередньо впливає на собівартість продукції та рентабельність виробництва. Інтеграція з виробничим модулем дозволяє автоматично формувати потребу в сировині після підтвердження замовлення.

Програмна реалізація на Python

```
class BOMItem:
```

```
    def __init__(self, material, quantity_per_unit):
```

```
        self.material = material
```

```
        self.quantity_per_unit = quantity_per_unit
```

```
    def calculate_mrp(order_quantity, bom_items):
```

```
        material_requirements = {}
```

```
        for item in bom_items:
```

```
            total = order_quantity * item.quantity_per_unit
```

```
            material_requirements[item.material] = total
```

```
        return material_requirements
```

```
bom = [
```

```
    BOMItem("Fiberglass", 12),
```

```
    BOMItem("Resin", 8)
```

]

```
requirements = calculate_mrp(100, bom)  
print(requirements)
```

Модуль управління виробництвом забезпечує планування, диспетчеризацію та контроль виконання виробничих завдань. Основними функціями модулю управління є формування виробничих замовлень; календарно-оперативне планування; розподіл завдань між виробничими ділянками; контроль виконання технологічних операцій; моніторинг завантаження обладнання; облік фактичних витрат часу та матеріалів; контроль якості продукції.

Таблиця 2.5 – Структура виробничого замовлення

Поле	Опис
ID	Номер замовлення
Product	Найменування виробу
Quantity	Кількість
Start_date	Дата запуску
Status	Стан виконання

Модель виробничого процесу зображено на рисунку 2.7

Для підприємства «Альфа-Композит» (виробництво композитних труб) виробничий цикл включає намотування, полімеризацію, термічну обробку та контроль якості. ERP-система дозволяє відстежувати проходження кожного виробу через усі стадії технологічного процесу, що забезпечує прозорість виробництва та підвищує керованість.

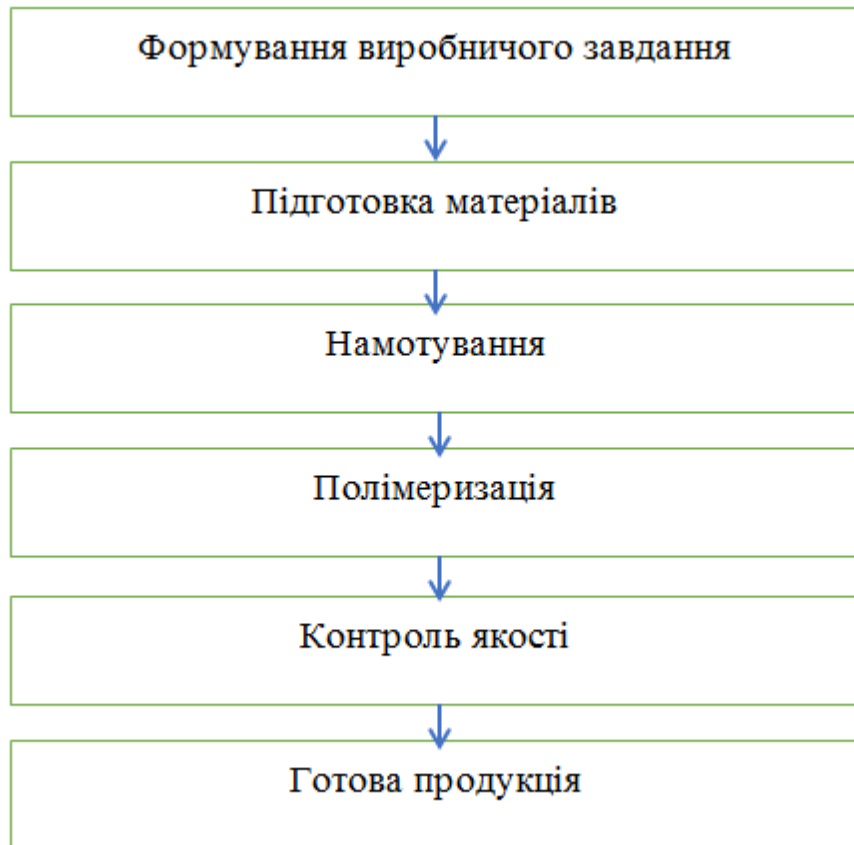


Рисунок 2.7 – Модель виробничого процесу

Інтеграція з модулем ресурсів дає можливість автоматично списувати матеріали відповідно до фактичного виконання операцій, а інтеграція зі складським модулем — контролювати рух готової продукції.

Приклад класу виробничого замовлення на Python

```
class ProductionOrder:  
    def __init__(self, product, quantity):  
        self.product = product  
        self.quantity = quantity  
        self.status = "Planned"  
  
    def start(self):  
        self.status = "In Progress"
```

```
def complete(self):
    self.status = "Completed"
```

Модуль управління складом відповідає за облік руху матеріалів, напівфабрикатів і готової продукції. До основних функцій модуля можна віднести облік надходжень матеріалів від постачальників; внутрішнє переміщення ресурсів; списання матеріалів у виробництво; облік готової продукції; інвентаризація; управління партіями та серійністю; формування складських звітів.

Таблиця 2.6 – Основні складські операції

Операція	Тип руху	Вплив
Закупівля	Надходження	Збільшення залишку
Списання	Витрата	Зменшення залишку
Переміщення	Внутрішній рух	Без зміни загального залишку

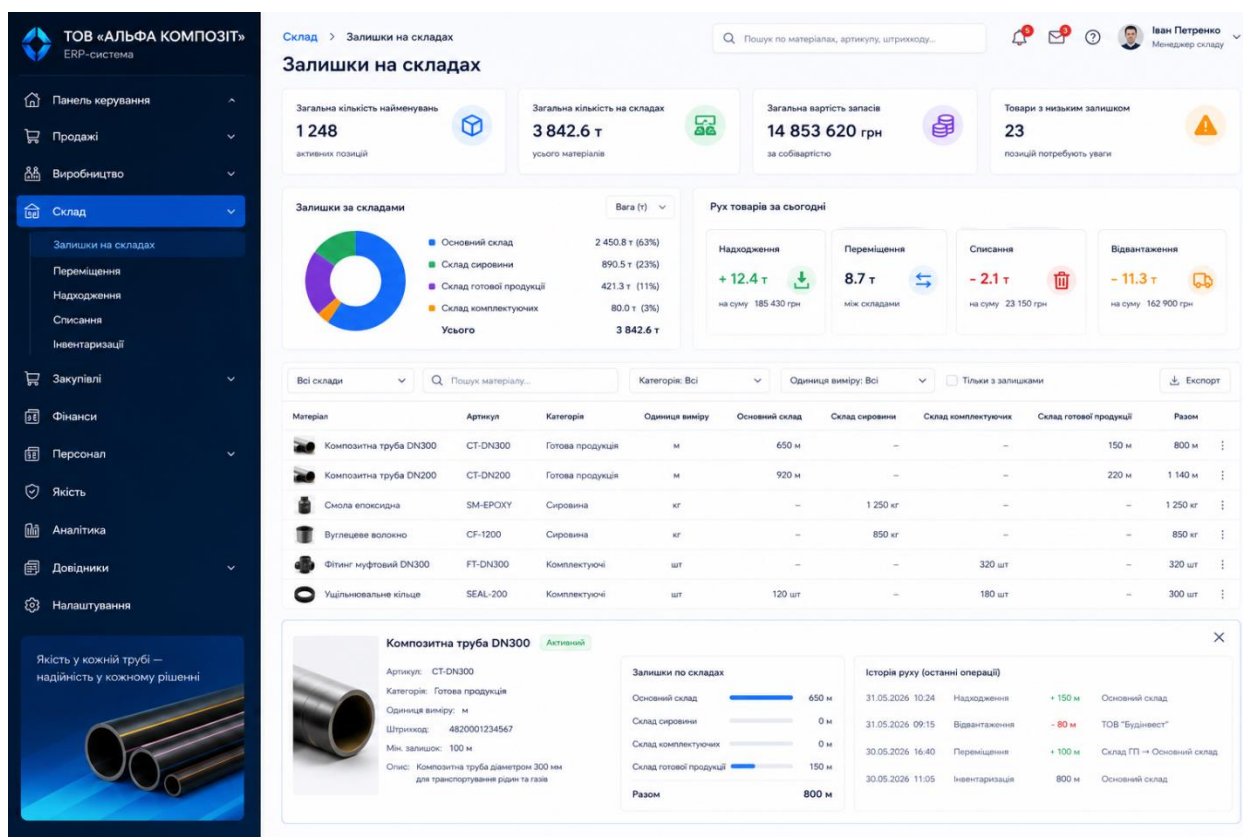


Рисунок 2.8 – Інтерфейс модуля складу ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб.

## SQL-приклад списання матеріалу

```
UPDATE materials
```

```
SET quantity = quantity - 1200
```

```
WHERE name = 'Fiberglass';
```

Для виробництва композитних труб важливо забезпечити простежуваність партій сировини та готової продукції, що дозволяє підвищити рівень контролю якості та забезпечити відповідність технічним стандартам.

Модуль складу тісно інтегрований з виробничим модулем та модулем закупівель, що забезпечує автоматичне оновлення залишків у режимі реального часу.

Модуль управління персоналом забезпечує облік кадрів і контроль трудових ресурсів. Основними функціями модулю є ведення кадрових даних працівників; облік робочого часу; планування змін; розрахунок заробітної плати; контроль кваліфікації персоналу; аналіз продуктивності праці.

Таблиця 2.7 – Дані працівника

Поле	Опис
ID	Табельний номер
Name	ПІБ
Position	Посада
Qualification	Кваліфікація
Hour_rate	Годинна ставка

## Приклад розрахунку заробітної плати на Python

```
def calculate_salary(hours_worked, hourly_rate):  
    return hours_worked * hourly_rate
```

```
salary = calculate_salary(168, 150)
print("Salary:", salary)
```

Для виробничого підприємства цей модуль дозволяє оптимізувати розподіл працівників між виробничими ділянками та підвищити ефективність використання трудових ресурсів. Інтеграція з виробничим модулем дає можливість аналізувати витрати робочого часу на виконання конкретних операцій.

Модуль продажів забезпечує автоматизацію процесів взаємодії з клієнтами, обробку замовлень, формування комерційних пропозицій та контроль виконання договірних зобов'язань. Для підприємства з виробництва композитних труб цей модуль є початковою ланкою бізнес-процесу «Order-to-Produce». До основних функцій модуля продажів можна віднести ведення бази клієнтів; реєстрацію запитів та комерційних пропозицій; формування замовлень; розрахунок вартості продукції; контроль статусу замовлення; формування рахунків; аналіз обсягів продажів.

Таблиця 2.8 – Функціональні можливості модуля продажів

Функція	Вхідні дані	Результат
Реєстрація клієнта	Реквізити клієнта	Створення картки
Створення замовлення	Номенклатура, кількість	Замовлення
Розрахунок вартості	Ціна, обсяг	Загальна сума
Формування рахунку	Замовлення	Фінансовий документ
Контроль статусу	Дані виробництва	Поточний стан

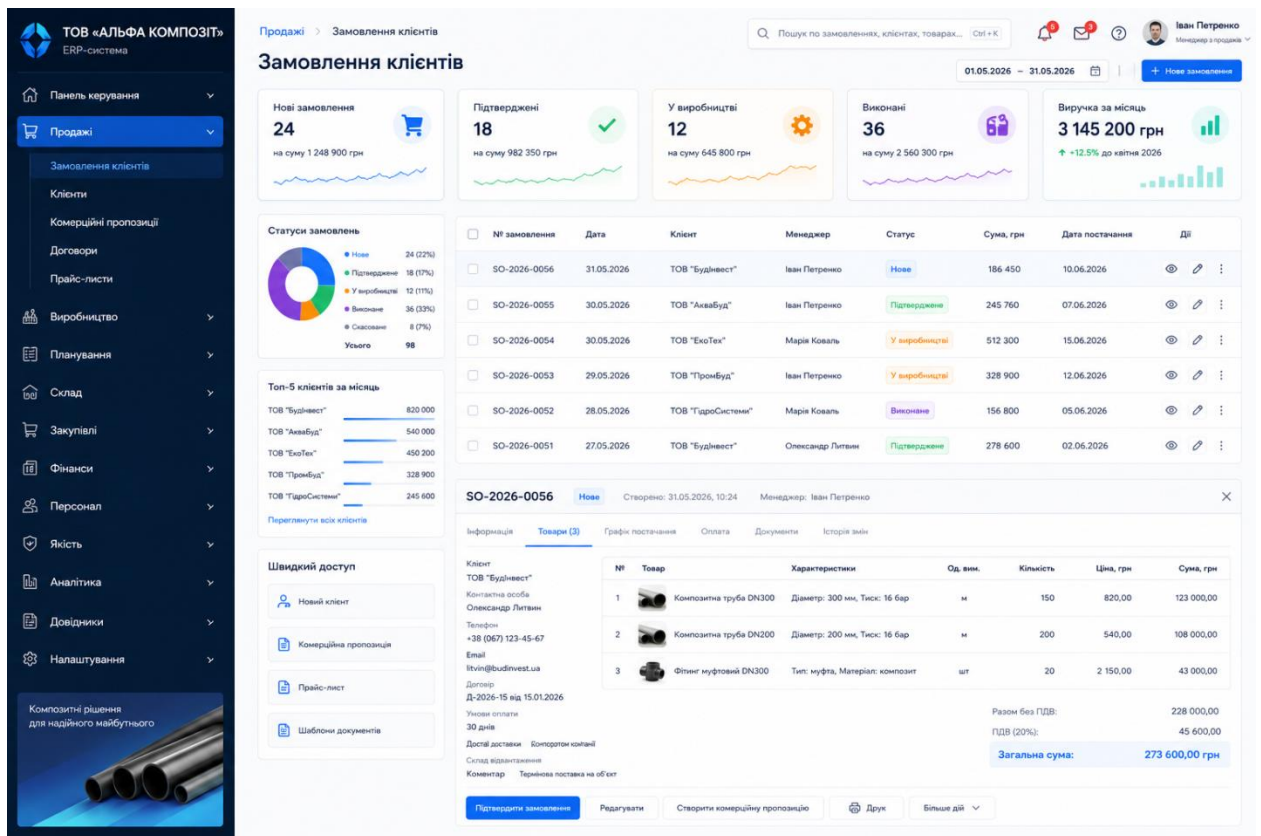


Рисунок 2.9 – Інтерфейс модуля продажів ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб.

Приклад програмної реалізації створення замовлення на Python

```
class Order:
```

```
    def __init__(self, customer, product, quantity, price):
```

```
        self.customer = customer
```

```
        self.product = product
```

```
        self.quantity = quantity
```

```
        self.price = price
```

```
        self.status = "Created"
```

```
    def total_amount(self):
```

```
        return self.quantity * self.price
```

```
order = Order("ТОВ ЕнергоБуд", "Composite Pipe 300mm", 100, 2500)
print("Total:", order.total_amount())
```

На рисунку 2.10 зображено алгоритм Бізнес-процес продажу



Рисунок 2.10 – Алгоритм Бізнес-процес продажу

Для виробництва композитних труб характерні індивідуальні технічні параметри виробів; договірне ціноутворення; залежність строків від виробничих потужностей. Тому інтеграція модуля продажів із виробничим та MRP-модулем забезпечує автоматичний запуск процесу планування після підтвердження замовлення.

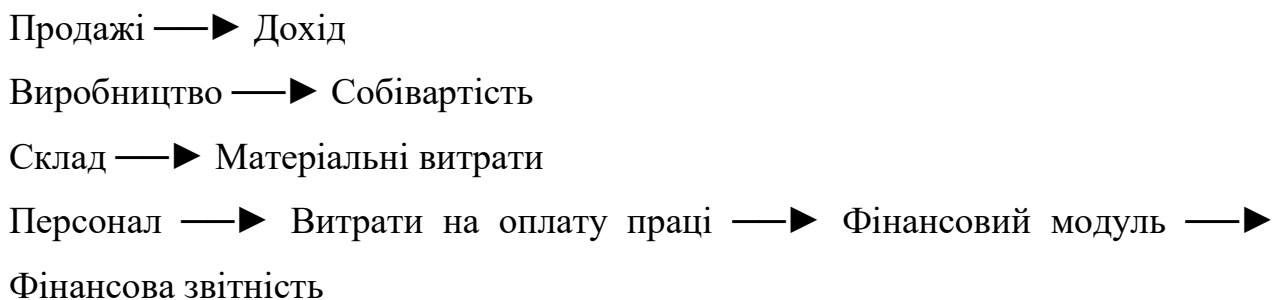
Фінансовий модуль забезпечує бухгалтерський та управлінський облік, контроль витрат, аналіз прибутковості та формування фінансової звітності. Основними функціями фінансового модуля є облік доходів і витрат; облік

розрахунків із клієнтами; контроль дебіторської та кредиторської заборгованості; розрахунок собівартості; формування фінансової звітності; бюджетування.

Таблиця 2.9 – Основні фінансові операції

Операція	Джерело	Результат
Надходження коштів	Модуль продажів	Збільшення доходу
Списання матеріалів	Модуль складу	Формування витрат
Нарахування зарплати	Модуль персоналу	Витрати на оплату праці
Закупівля матеріалів	Модуль ресурсів	Кредиторська заборгованість

Інтеграція фінансового модуля зображена схемою:



Приклад розрахунку прибутку на Python

```
def calculate_profit(revenue, material_cost, labor_cost):
    total_cost = material_cost + labor_cost
    return revenue - total_cost

profit = calculate_profit(
    revenue=250000,
    material_cost=120000,
    labor_cost=50000
```

)

```
print("Profit:", profit)
```

Для виробника композитних труб фінансовий модуль дозволяє визначати реальну собівартість продукції; аналізувати маржинальність кожного замовлення; контролювати рентабельність виробничих потужностей; формувати бюджет розвитку підприємства.

Після додавання опису модулів продажів і фінансів функціональна структура ERP-системи є логічно завершеною та охоплює повний цикл управління:

**Клієнт → Продаж → Планування → Виробництво → Склад → Фінанси → Аналітика**

Таким чином забезпечується наскрізна автоматизація бізнес-процесів підприємства, прозорість фінансових потоків та контроль ефективності діяльності.

Усі функціональні модулі ERP-системи взаємодіють між собою через єдину базу даних:

Замовлення → формує виробничі завдання.

Виробництво → формує потребу в матеріалах.

Склад → забезпечує матеріали та приймає готову продукцію.

Персонал → забезпечує виконання технологічних операцій.

Ресурси → контролюють витрати та собівартість.

Такий підхід забезпечує наскрізну автоматизацію бізнес-процесів підприємства та створює єдиний інформаційний простір управління.

Таблиця 2.10 – Взаємодія модулів

Джерело	Приймач	Дані
Продажі	Виробництво	Замовлення
Виробництво	Склад	Списання матеріалів

Джерело	Приймач	Дані
Склад	Фінанси	Дані про витрати
Персонал	Виробництво	Дані про трудові ресурси



Рисунок 2.11 – Алгоритм Бізнес-процес продажу

Запропонована структура функціональних модулів ERP-системи дозволяє реалізувати комплексне управління ресурсами, виробничими процесами, складським господарством і персоналом підприємства з виробництва композитних труб. Інтеграція модулів забезпечує узгодженість даних, підвищує оперативність управління та створює основу для подальшої цифрової трансформації виробництва.

Перевагами запропонованої структури є централізоване управління даними, прозорість виробничого процесу, зниження матеріальних втрат, автоматизація розрахунків MRP, підвищення точності планування. Запропонована модульна архітектура забезпечує повну інтеграцію бізнес-процесів, підтримує планування ресурсів, контроль виробництва, складський облік і управління персоналом. Розроблена структура створює основу для подальшого впровадження аналітики, інтеграції з MES/SCADA та масштабування системи до рівня повноцінної цифрової виробничої платформи.

## **Висновок до розділу 2.**

У розділі 2 бакалаврської роботи здійснено комплексне проєктування ERP-системи для підприємства з виробництва композитних труб. Розроблено загальну архітектуру системи з урахуванням клієнт-серверного підходу, веб-орієнтованої взаємодії компонентів та централізованого зберігання даних. Обґрунтовано вибір модульної структури, яка забезпечує масштабованість, гнучкість та інтеграцію всіх функціональних підсистем у межах єдиного інформаційного простору підприємства. Визначено архітектурні принципи побудови ERP-системи, описано логіку взаємодії клієнтської частини, серверу застосунків та бази даних. Запропонована структура дозволяє забезпечити безперервність бізнес-процесів, оперативний доступ до інформації та можливість подальшого розширення системи.

Виконано проєктування структури бази даних і змодельовано основні бізнес-процеси підприємства. Побудовано ER-модель, що відображає взаємозв'язки між клієнтами, замовленнями, продукцією, матеріалами та виробничими операціями. Розроблено UML-діаграми та модель виробничого процесу, що забезпечує формалізацію логіки функціонування системи. Запропонована структура бази даних гарантує цілісність, узгодженість та ефективність обробки інформації. Сформовано функціональну структуру ERP-системи, яка включає модулі управління продажами, ресурсами (MRP), виробництвом, складом, персоналом та фінансами. Обґрунтовано їх призначення, внутрішню логіку та інформаційну взаємодію. Такий підхід забезпечує наскрізну автоматизацію бізнес-процесів підприємства – від моменту надходження замовлення до формування фінансової звітності та аналізу ефективності діяльності. Створено теоретико-практичну основу для програмної реалізації ERP-системи. Запропоновані архітектурні рішення, інформаційна модель та модульна структура забезпечують комплексну автоматизацію управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства з виробництва композитних труб і створюють підґрунтя для подальшої цифрової трансформації виробництва.

## РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ ERP-СИСТЕМИ ДЛЯ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИТНИХ ТРУБ

### 3.1 Обґрунтування вибору технологій та середовища розробки

Розробка ERP-системи для підприємства з виробництва композитних труб потребує використання сучасних програмних технологій, що забезпечують надійність, масштабованість, безпеку та можливість інтеграції з іншими інформаційними системами. Вибір мов програмування, фреймворків і системи управління базами даних здійснювався з урахуванням специфіки виробничого підприємства, вимог до продуктивності, можливості подальшого розвитку системи та доступності технологій.

Для реалізації ERP-системи обрано клієнт-серверну архітектуру з веб-інтерфейсом, оскільки саме така модель найбільш повно відповідає особливостям виробничого середовища, потребам централізованого управління та вимогам до інтеграції бізнес-процесів (див. табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Обґрунтування вибору технологій

Компонент	Обрана технологія	Причина вибору
Мова програмування	Python	Простота, швидка розробка
Back-end фреймворк	Django	Вбудована ORM, безпека
API	FastAPI (опційно)	Висока продуктивність
Front-end	HTML/CSS/JS	Універсальність
JS-фреймворк	React/Vue	Інтерактивність
СУБД	PostgreSQL	Надійність, транзакційність

Такий підхід дозволяє забезпечити централізоване зберігання даних; надати доступ до системи через браузер; спростити адміністрування; реалізувати розмежування прав доступу; забезпечити можливість віддаленої роботи. Веб-орієнтована архітектура є оптимальною для виробничого

підприємства, оскільки дозволяє інтегрувати ERP із зовнішніми сервісами, мобільними пристроями та виробничими інформаційними системами.

У межах обраної моделі система складається з клієнтської частини (Client) – веб-браузер користувача; серверу застосунків (Application Server) – реалізує бізнес-логіку; серверу бази даних (Database Server) – зберігає інформацію. Усі дані зберігаються централізовано, а користувачі отримують доступ через мережу підприємства або захищений віддалений канал.

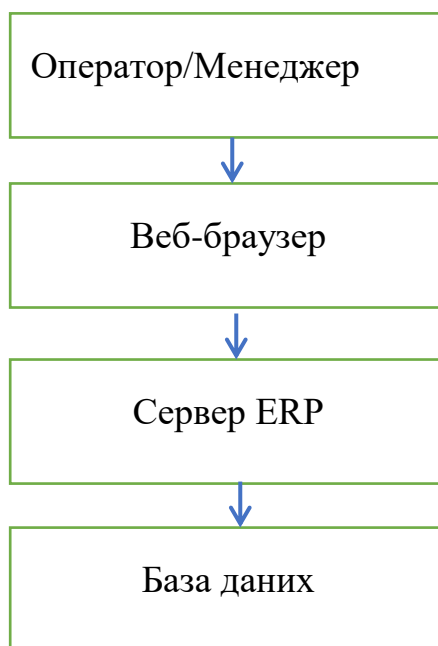


Рисунок 3.1 – Схема роботи клієнт-серверної архітектури з веб-інтерфейсом

Підприємство з виробництва композитних труб має такі особливості, як складний багатостадійний виробничий цикл (намотування, полімеризація, термообробка, контроль якості); потреба у постійному контролі залишків смол, армувальних матеріалів, добавок; робота різних підрозділів (склад, виробництво, відділ продажів, бухгалтерія); необхідність оперативного оновлення статусів замовлень; інтеграція з виробничим обладнанням або MES/SCADA.

Клієнт-серверна модель дозволяє забезпечити централізацію даних, підтримку багатокористувацької роботи, контроль доступу, оперативний контроль виробництва. Централізація даних обумовлена тим, що всі підрозділи працюють з однією базою даних. Наприклад, коли менеджер створює замовлення на 200 труб діаметром 400 мм, MRP-модуль автоматично розраховує потребу в матеріалах, склад бачить зменшення доступного залишку, виробництво отримує виробниче завдання. Усі зміни відображаються миттєво для всіх користувачів. На підприємстві реалізовано підтримку багатокористувацької роботи, коли одночасно працюють менеджер з продажів, диспетчер виробництва, комірник, бухгалтер, технолог. Клієнт-серверна архітектура дозволяє реалізувати одночасний доступ без конфліктів завдяки транзакціям БД. Можна реалізувати рольову модель з контролем доступу, яку висвітлено у таблиці 3.2. Це критично важливо для захисту комерційної інформації та фінансових даних.

Таблиця 3.2 – Контроль доступу

Роль	Доступ
Менеджер	Замовлення, клієнти
Технолог	ВОМ, виробничі операції
Комірник	Складські операції
Бухгалтер	Фінансові дані
Керівник	Аналітичні звіти

Оперативний контроль виробництва здійснюється завдяки веб-архітектурі, яка дозволяє бачити ці зміни в реальному часі. Розглянемо ситуацію, наприклад, під час полімеризації виникла затримка. Диспетчер змінює статус операції у системі. Менеджер продажів одразу бачить новий строк виконання. Фінансовий модуль коригує виробничий план.

Перевагами веб-інтерфейсу для виробничого підприємства є відсутність встановлення клієнтського ПЗ, можливість роботи з виробничої дільниці.

Користувачеві потрібен лише браузер, що спрощує оновлення системи; адміністрування; технічну підтримку. Оператор може використовувати планшет, промисловий термінал, комп'ютер у цеху. Наприклад, оператор натискає «Операція завершена» → сервер оновлює статус → склад автоматично списує матеріали → фінансовий модуль фіксує витрати.

Якщо підприємство буде відкривати новий цех, додавати нову виробничу лінію або розширювати номенклатуру, то сервер можна масштабувати без перевстановлення клієнтських програм.

Серверна логіка реалізована на Python.

```
def create_production_order(order_id):
    order = Order.objects.get(id=order_id)
    production_order = ProductionOrder.objects.create(
        product=order.product,
        quantity=order.quantity,
        status="Planned"
    )
    return production_order
```

Клієнтська взаємодія реалізована HTTP-запитом.

POST /api/production/create

Сервер обробляє запит, оновлює БД, і всі користувачі бачать зміни.

Таблиця 3.3 – Порівняння з альтернативними підходами

Архітектура	Недоліки для підприємства
Локальна (Desktop)	Складність оновлення, немає централізації
Файлова система	Відсутність контролю цілісності
Однокористувацька	Неможливість масштабування

Клієнт-серверна модель усуває ці обмеження. Інтеграційні можливості пов'язані з тим, що для виробництва композитних труб важливим є підключення MES; інтеграція з бухгалтерським ПЗ; обмін даними з постачальниками. REST API у клієнт-серверній архітектурі дозволяє це реалізувати.

Вибір клієнт-серверної архітектури з веб-інтерфейсом для ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб є обґрунтованим з технічної та економічної точок зору. Такий підхід забезпечує централізоване управління даними, багатокористувацький режим роботи, оперативний контроль виробничих процесів, масштабованість та інтеграцію з іншими інформаційними системами. Саме ця архітектура створює основу для побудови цифрового виробництва та подальшої автоматизації підприємства.

*Для реалізації серверної частини ERP-системи обрано мову програмування Python, що є обґрунтованим з технічної, економічної та функціональної точок зору. Вибір цієї мови зумовлений специфікою виробничого підприємства, необхідністю реалізації складної бізнес-логіки, алгоритмів планування ресурсів (MRP), обробки великих масивів даних і забезпечення інтеграції з іншими інформаційними системами. Основними причинами вибору також є простота та читабельність коду; наявність широкого спектра бібліотек для роботи з базами даних; підтримка об'єктно-орієнтованого програмування; можливість швидкої розробки (rapid development); активна спільнота та підтримка.*

Підприємство з виробництва композитних труб характеризується складними багатостадійними технологічними процесами; необхідністю точного розрахунку матеріальних потреб (смоли, скловолокно, добавки); потребою у формуванні виробничих графіків; контролем витрат та собівартості; аналізом продуктивності обладнання. Python дозволяє ефективно реалізувати алгоритмічні обчислення, автоматизоване планування та логіку управління виробничими процесами.

Для виробництва композитних труб важливо точно визначати потребу в матеріалах залежно від параметрів замовлення (діаметр, товщина стінки, клас тиску). Розглянемо на прикладі розрахунку матеріальної потреби. Нехай замовлення: 150 труб діаметром 400 мм Норма витрати на 1 трубу: Скловолокно – 14 кг, Смола – 9 кг. Реалізація на Python:

```
class Material:
    def __init__(self, name, norm_per_unit):
        self.name = name
        self.norm_per_unit = norm_per_unit

    def calculate_material_requirements(order_quantity, materials):
        result = {}
        for material in materials:
            result[material.name] = order_quantity * material.norm_per_unit
        return result

materials = [
    Material("Fiberglass", 14),
    Material("Resin", 9)
]

requirements = calculate_material_requirements(150, materials)
print(requirements)
```

Python дозволяє легко модифікувати алгоритм з урахуванням коефіцієнта браку, технологічних втрат, залишків на складі.

Python підтримує повноцінне об'єктно-орієнтоване програмування, що дозволяє моделювати реальні виробничі об'єкти.

Приклад моделі виробничого замовлення на Python:

```
class ProductionOrder:
```

```

def __init__(self, product_name, quantity):
    self.product_name = product_name
    self.quantity = quantity
    self.status = "Planned"

def start_production(self):
    self.status = "In Progress"

def complete_production(self):
    self.status = "Completed"

```

```

order = ProductionOrder("Pipe 400mm", 150)
order.start_production()
print(order.status)

```

Такий підхід дозволяє формалізувати життєвий цикл замовлення, технологічні операції, контроль статусів.

Python має потужні бібліотеки для роботи з базами даних PostgreSQL (psycopg2, SQLAlchemy, ORM Django).

Приклад запису виробничого замовлення в БД:

```

import psycopg2

conn = psycopg2.connect(
    dbname="erp_db",
    user="erp_user",
    password="password",
    host="localhost"
)

cursor = conn.cursor()

```

```
cursor.execute(
    "INSERT INTO production_orders (product, quantity, status) VALUES
(%s, %s, %s)",
    ("Pipe 400mm", 150, "Planned")
)
```

```
conn.commit()
```

```
conn.close()
```

Автоматизацію фінансових розрахунків зручно здійснювати на Python.

Наведемо приклад реалізації розрахунків собівартості на Python:

```
def calculate_cost(material_cost, labor_cost, overhead):
```

```
    return material_cost + labor_cost + overhead
```

```
total_cost = calculate_cost(
```

```
    material_cost=180000,
```

```
    labor_cost=65000,
```

```
    overhead=30000
```

```
)
```

```
print("Total production cost:", total_cost)
```

Для підприємства з виробництва композитних труб можлива інтеграція з MES-системами, SCADA, датчиками контролю температури полімеризації. Python підтримує REST API, роботу з протоколами HTTP, обробку JSON-даних. У таблиці 3.4 проілюстровано переваги Python для ERP.

Приклад REST-запиту на Python

```
import requests
```

```
response = requests.get("http://mes-system/api/machine_status")
```

```
print(response.json())
```

Таблиця 3.4 – Переваги Python для ERP

Критерій	Перевага
Швидкість розробки	Висока
Читабельність коду	Простий синтаксис
Підтримка ООП	Повна
Інтеграція	REST, API, БД
Аналітика	Pandas, NumPy
Масштабування	Підтримка серверних рішень

Python є безкоштовною мовою з відкритим кодом; незалежною від конкретного постачальника; широко підтримуваною в освітньому середовищі, що знижує витрати на впровадження ERP-системи. Використання Python для серверної частини ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб є технічно та економічно обґрунтованим рішенням. Мова дозволяє реалізувати складну бізнес-логіку, алгоритми планування ресурсів, управління виробничими процесами та фінансові розрахунки. Гнучкість, масштабованість та інтеграційні можливості Python створюють основу для подальшої цифрової трансформації підприємства та впровадження сучасних технологій управління виробництвом.

*Для реалізації серверної частини ERP-системи обрано фреймворк FastAPI, який працює на мові Python та орієнтований на створення високопродуктивних веб-API. Такий вибір є технічно обґрунтованим з огляду на вимоги виробничого підприємства, що спеціалізується на виготовленні композитних труб.*

Існують певні вимоги виробничого підприємства до серверної частини ERP. Підприємство з виробництва композитних труб має такі особливості, як багатокористувацька робота (цех, склад, відділ продажів, бухгалтерія); необхідність обробки великої кількості запитів у реальному часі; інтеграція з MES/SCADA або обладнанням; автоматичний розрахунок MRP; формування

аналітики та звітів; масштабованість при розширенні виробництва. FastAPI оптимально відповідає цим вимогам завдяки високій продуктивності (асинхронна модель); автоматичній валідації даних; зручній роботі з REST API; легкій інтеграції з базами даних; підтримці мікросервісної архітектури.

FastAPI побудований на ASGI та підтримує асинхронність, що є критично важливим, коли одночасно працюють 10–15 і більше користувачів; надходять запити від виробничих терміналів; виконується обмін даними з MES. Наприклад, оператор завершує операцію намотування; склад списує матеріали; фінансовий модуль фіксує витрати; керівник бачить оновлену статистику. Усі ці процеси можуть виконуватись паралельно без блокування сервера. ERP-система реалізується як набір REST-ендпоінтів (див. табл. 3.5). FastAPI дозволяє чітко структурувати систему.

Таблиця 3.5 – Чітка структура API

Модуль	API-запит
Продажі	POST /orders
Виробництво	POST /production
Склад	GET /warehouse/materials
Фінанси	GET /finance/report

Розглянемо приклади реалізації для виробництва композитних труб.

1) Створення замовлення на Python

```
from fastapi import FastAPI
from pydantic import BaseModel
```

```
app = FastAPI()
```

```
class Order(BaseModel):
```

```
    product_name: str
```

```
    diameter: int
```

```
    quantity: int
```

```

@app.post("/orders/")
async def create_order(order: Order):
    return {
        "message": "Order created",
        "product": order.product_name,
        "total_units": order.quantity
    }

```

У цьому прикладі менеджер створює замовлення; дані автоматично перевіряються (валідація); ERP зберігає їх у БД; запускається MRP-розрахунок.

2) Розрахунок матеріальної потреби (MRP) на Python:

```

@app.post("/mrp/")
async def calculate_mrp(quantity: int):
    fiberglass_per_unit = 14
    resin_per_unit = 9

    return {
        "fiberglass_needed": quantity * fiberglass_per_unit,
        "resin_needed": quantity * resin_per_unit
    }

```

Для замовлення 200 труб система автоматично визначить потребу в матеріалах.

3) Отримання статусу виробництва на Python:

```

@app.get("/production/status/{order_id}")
async def get_status(order_id: int):
    return {
        "order_id": order_id,
        "status": "In Progress",
        "completion": "65%"
    }

```

Керівник у режимі реального часу бачить хід виробництва.

4) Інтеграція з обладнанням та MES відбувається наступним чином. FastAPI дозволяє приймати дані від виробничих систем, що дозволяє контролювати температуру полімеризації; фіксувати параметри технологічного процесу; аналізувати відхилення. У таблиці 3.6 продемонстровані переваги FastAPI для ERP.

Приклад прийому даних від виробничого терміналу на Python:

```
class MachineData(BaseModel):  
  
    temperature: float  
    pressure: float  
    machine_id: int  
  
@app.post("/machine/data")  
async def receive_machine_data(data: MachineData):  
    return {  
        "machine_id": data.machine_id,  
        "status": "Data received"  
    }
```

Таблиця 3.6 – Переваги FastAPI для ERP

Критерій	Перевага для підприємства
Продуктивність	Підтримка великої кількості одночасних запитів
Асинхронність	Робота з датчиками та API без затримок
Валідація	Автоматична перевірка даних замовлень
Документація	Swagger генерується автоматично
Масштабованість	Легке розгортання у хмарі
Безпека	Підтримка JWT, OAuth2

Проаналізуємо архітектурну роль FastAPI в ERP. У структурі системи FastAPI обробляє всі HTTP-запити; реалізує бізнес-логіку; взаємодіє з базою даних; надає API для клієнтської частини (React, Vue тощо); забезпечує інтеграцію з зовнішніми системами.

FastAPI розширює можливості масштабування для розвитку підприємства. Якщо підприємство відкриває нову виробничу лінію; збільшує обсяги виробництва; інтегрується з постачальниками, то FastAPI дозволяє розгорнути систему в Docker; балансувати навантаження; переходити до мікросервісної архітектури.

Використання FastAPI для серверної частини ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб є технічно доцільним і стратегічно обґрунтованим рішенням. Фреймворк забезпечує високу продуктивність, підтримку асинхронної обробки запитів, інтеграцію з виробничими системами, автоматичну валідацію даних і масштабованість.

*Для реалізації клієнтської частини ERP-системи підприємства з виробництва композитних труб використано сучасні веб-технології: HTML5, CSS3, JavaScript, а для розширення функціональності та побудови складного інтерфейсу – фреймворки React або Vue.js. Для виробництва композитних труб (склопластикових, базальтопластикових, вуглепластикових) клієнтська частина системи – це не просто «сайт», а інструмент управління виробництвом, контролю якості та аналітики. Такий підхід є технічно обґрунтованим, масштабованим і відповідає вимогам цифрового виробництва.*

Розглянемо детально з прикладами для реального підприємства.

HTML5 – структурна основа виробничого інтерфейсу, яка дозволяє створювати форми введення технологічних параметрів; будувати панелі оператора; відображати дані з датчиків (температура, тиск, швидкість намотування); реалізувати журнали контролю якості.

Приклад 1: Форма введення параметрів намотування на HTML

```
<form>
```

```
<label>Діаметр труби (мм)</label>
```

```
<input type="number" min="50" max="2000" required>
```

```
<label>Температура полімеризації (°C)</label>
```

```
<input type="number" required>
```

```
<label>Тип армування</label>
```

```
<select>
```

```
<option>Скловолокно</option>
```

```
<option>Базальтове волокно</option>
```

```
<option>Вуглеволокно</option>
```

```
</select>
```

```
</form>
```

Практична користь HTML пов'язана зі зменшенням помилок оператора; стандартизацією введення технологічних параметрів; можливістю збереження історії партій.

CSS3 – професійний виробничий контрастний інтерфейс, який дозволяє на виробництві оператору працювати з моніторами 24/7; збільшувати швидкість сприйняття інформації; мати потрібну адаптивність (ПК + планшети в цеху).

Приклад 2: Індикація аварійного стану CSS

```
.status-ok {  
  background: #2ecc71;  
  color: white;  
}  
  
.status-error {  
  background: #e74c3c;  
  color: white;  
  animation: blink 1s infinite;  
}
```

Якщо температура перевищує допустиму, блок стає червоним, запускається анімація, оператор миттєво реагує.

JavaScript забезпечує інтерактивність та зв'язок з обладнанням. JavaScript дозволяє отримувати дані з API (PLC, SCADA, ERP); оновлювати показники в реальному часі; будувати графіки; перевіряти правильність введених параметрів, що дозволяє досягти практичного ефекту, який сприятиме мінімізації браку; зменшенню людського фактору; автоматичному логуванню відхилень.

Приклад 3: Моніторинг температури полімеризації на JavaScript

```
fetch('/api/temperature')
  .then(res => res.json())
  .then(data => {
    document.getElementById("temp").innerText = data.value;

    if (data.value > 120) {
      alert("Перевищення температури!");
    }
  });
```

React або Vue використовуються для складної виробничої системи, адже коли виробництво масштабується, підвищуються вимоги до контролю складів (смоли, волокна); аналітики браку; управління замовленнями; інтеграції з ERP (наприклад, 1С або BAS). Доцільно використовувати React для великих систем з багатьма модулями, Vue.js для гнучких, легших у впровадженні рішень.

Приклад 4: Дашборд виробництва (React) на JavaScript

Дашборд виробництва – це інтерактивна панель моніторингу, яка в режимі реального часу відображає ключові показники роботи лінії намотування композитних труб. Для підприємства з виробництва склопластикових або базальтопластикових труб це центральний інструмент управління процесом. На цій панелі оператор або керівник бачать температуру

полімеризації, швидкість намотування, тиск, витрату смоли. Якщо якийсь параметр виходить за норму, система одразу показує попередження. Наприклад, якщо температура занадто висока, індикатор стає червоним, що дозволяє швидко втрутитися і не допустити браку. Дашборд показує, скільки труб виготовлено за зміну, який відсоток браку, скільки було зупинок. Керівник бачить реальну картину, а не звіт «на папері» наприкінці дня. Це допомагає швидше приймати рішення. Для виробництва композитних труб це особливо важливо. Якщо порушити температурний режим або змінити витрату смоли, труба може втратити міцність. Без постійного контролю можна зіпсувати всю партію. Дашборд дозволяє контролювати процес у реальному часі.

Реальний сценарій впровадження не роблять одразу повністю. Спочатку створюють просту панель для оператора. Вона показує основні параметри і зберігає їх у базі даних. Працівники звикають до системи, накопичуються дані. Потім додають аналітику. З'являються графіки виробітку, облік браку, облік простоїв. Керівництво починає бачити, де втрачаються гроші. Наприклад, видно, що в нічну зміну більше зупинок або перевитрата смоли. На наступному етапі систему з'єднують з обліковою програмою підприємства. Матеріали списуються автоматично. Формуються звіти і сертифікати якості. З'являється повна історія кожної партії труб. Такий підхід обґрунтований тим, що виробництво не можна зупиняти. Працівники повинні поступово звикнути до нової системи. Підприємство поступово інвестує кошти і бачить результат на кожному етапі. У підсумку дашборд допомагає зменшити брак, знизити витрати смоли, скоротити простої та підвищити контроль якості. Це робить виробництво більш керованим і економічно ефективним.

Компонент може відображати виробіток за зміну, процент браку, стан лінії намотування, залишки сировини. Перевагами є компонентність (кожен вузол – окремий модуль), швидке масштабування, простота оновлення.

```
function ProductionDashboard({ data }) {  
  return (  

```

```

<div>
  <h2>Виробіток за зміну: {data.output} м</h2>
  <h3>Брак: {data.defectRate}%</h3>
</div>
);
}

```

Конкретне застосування у виробництві композитних труб розміщено у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Приклад застосування у виробництві композитних труб

Функція	Технологія	Практичний ефект
Введення рецептури смоли	HTML5 + JS	зменшення помилок
Моніторинг температури печі	JS + API	контроль якості
Дашборд начальника виробництва	React/Vue	оперативне управління
Контроль партій	HTML5 + база даних	трасованість
Аналітика браку	React + графіки	оптимізація процесу

Використання сучасного JavaScript-фреймворку дозволяє реалізувати динамічне оновлення даних; інтерактивні панелі керування; візуалізацію звітності; графіки виробничого завантаження.

Для зберігання даних у системі виробництва композитних труб доцільно використати PostgreSQL, тому що це надійна і стабільна система керування базами даних. Вона добре підходить для промислових рішень, де важлива точність і збереження всієї історії виробництва. PostgreSQL добре підходить для ERP-систем, оскільки дозволяє реалізувати складні зв'язки між таблицями; контроль цілісності даних; аналітичні запити; фінансові розрахунки. На підприємстві потрібно зберігати багато різної інформації: параметри температури, швидкість намотування, витрату смоли, дані про партії труб, результати випробувань, інформацію про працівників і зміни. Усі

ці дані пов'язані між собою. Наприклад, кожна партія має свої технологічні параметри і результати контролю якості. Реляційна база даних дозволяє правильно зв'язати ці дані між таблицями і не допустити плутанини. PostgreSQL забезпечує цілісність даних. Це означає, що система не дозволить випадково записати некоректні значення або втратити зв'язок між записами. Для виробництва це важливо, тому що помилка в даних може призвести до неправильних звітів або проблем із сертифікацією продукції.

Ще одна перевага полягає в тому, що PostgreSQL добре працює з великим обсягом інформації. У виробництві дані накопичуються щодня. Система повинна швидко зберігати показники з датчиків і так само швидко їх знаходити для аналізу. PostgreSQL справляється з таким навантаженням. Вона також є безкоштовною і не потребує дорогих ліцензій, що зменшує витрати підприємства. При цьому рівень безпеки високий. Можна налаштувати доступ так, щоб оператор бачив лише свої дані, а керівництво – повну інформацію.

PostgreSQL підтримує резервне копіювання, що означає, що у разі збою дані можна відновити. Для виробничого підприємства це критично важливо, адже втрата історії партій або показників якості може спричинити серйозні фінансові втрати. Все зазначене підтвержує, що вибір PostgreSQL є обґрунтованим. Вона надійна, масштабована, безпечна і добре підходить для зберігання пов'язаної виробничої інформації.

Для розробки системи виробництва композитних труб використовують Visual Studio Code, тому що це зручне середовище для написання коду. Воно підтримує багато мов програмування, підсвічує помилки і дозволяє швидко редагувати файли. Git застосовується для контролю версій, щоб можна було відстежувати всі зміни у коді, повертатися до попередніх версій і працювати декільком розробникам одночасно без конфліктів. Docker використовується для контейнеризації, що означає, що система працює однаково на будь-якому комп'ютері чи сервері, незалежно від операційної системи. Це спрощує розгортання і дозволяє масштабувати систему, коли потрібно підключати більше серверів або додавати нові модулі. Postman застосовується для

тестування API, щоб переконатися, що обмін даними між частинами системи працює правильно. У сукупності ці інструменти роблять розробку більш безпечною, швидкою і надійною, дозволяють контролювати якість коду і легко підтримувати систему в майбутньому. Контейнеризація забезпечує незалежність від операційної системи; спрощення розгортання; можливість масштабування.

Обраний стек технологій забезпечує розмежування прав доступу; шифрування даних; підтримку ролей користувачів; резервне копіювання бази даних; горизонтальне масштабування серверної частини.

Обрані мови програмування, фреймворки та СУБД забезпечують створення надійної, масштабованої та інтегрованої ERP-системи для підприємства з виробництва композитних труб. Запропонований технологічний стек відповідає сучасним вимогам до розробки корпоративних інформаційних систем, підтримує інтеграцію з виробничими платформами та створює основу для подальшого розвитку системи, впровадження аналітики та цифрових технологій управління.

### **3.2 Реалізація основних функцій ERP-системи**

ERP-система для виробництва композитних труб складається з трьох основних частин: інтерфейс користувача, логіка обробки даних та інтеграція модулів. Всі ці частини взаємодіють між собою і забезпечують контроль за виробництвом, облік матеріалів та аналітику якості продукції.

Інтерфейс користувача створено на основі HTML5, CSS3 та JavaScript з використанням React. Він дозволяє оператору та керівництву бачити всі ключові дані про виробництво в зручному вигляді.

HTML5 використовується для створення структури веб-сторінок. Саме він визначає, де розташовані форми введення параметрів виробництва, таблиці

з партіями труб, кнопки керування та інформаційні панелі. Без HTML неможливо побудувати логічну і зрозумілу структуру інтерфейсу.

CSS3 застосовується для оформлення та зручності сприйняття інформації. У виробничій системі важливо, щоб оператор швидко бачив попередження, аварійні сигнали та основні показники. За допомогою CSS можна виділяти критичні параметри червоним кольором, робити адаптивний дизайн для різних екранів і забезпечити чітке відображення даних у цеху.

JavaScript відповідає за інтерактивність. Завдяки йому дані оновлюються без перезавантаження сторінки, перевіряються введені значення, відображаються графіки виробітку та надсилаються запити до сервера. У системі управління виробництвом це дозволяє бачити зміни параметрів у реальному часі.

React використовується як інструмент для побудови складного інтерфейсу. Він дозволяє розділити систему на компоненти, наприклад окремий блок для температури, окремий блок для виробітку, окрему таблицю партій. Кожен компонент можна змінювати або допрацьовувати незалежно від інших. Це спрощує підтримку системи та її розширення. Якщо підприємство збільшить кількість ліній або додасть новий модуль, інтерфейс можна швидко адаптувати без повної переробки.

Поєднання HTML5, CSS3 та JavaScript забезпечує базову функціональність і відображення даних, а React дозволяє реалізувати сучасний, масштабований і зручний інтерфейс для ERP-системи виробництва композитних труб.

Інтерфейс включає панель оператора, дашборд керівника, журнал подій.

Панель оператора слугує для введення параметрів намотування труб, контролю температури, швидкості і тиску. Дашборд керівника потрібен для перегляду виробітку, браку, залишків сировини та аналітики. Журнал подій призначено для відстеження всіх змін і аварійних ситуацій.

Приклад коду форми введення параметрів на HTML

<form>

```

<label>Діаметр труби (мм)</label>
<input type="number" min="50" max="2000" required>

<label>Температура полімеризації (°C)</label>
<input type="number" required>

<label>Тип армування</label>
<select>
  <option>Скловолокно</option>
  <option>Базальтове волокно</option>
  <option>Вуглеволокно</option>
</select>

<button type="submit">Зберегти параметри</button>
</form>

```

Інтерфейс підтримує відображення даних у таблицях та графіках, щоб керівництво могло швидко оцінити стан виробництва.

Логіка обробки даних забезпечує правильне зберігання та обробку інформації про виробництво. Вона реалізована на JavaScript та PostgreSQL для бази даних. Основними функціями логіки є перевірка введених параметрів на коректність; розрахунок браку і залишків матеріалів; обробка запитів від інтерфейсу користувача; генерація звітів і сертифікатів якості.

Приклад програмної реалізації перевірки температури на JavaScript

```

function checkTemperature(temp) {
  const minTemp = 20;
  const maxTemp = 120;
  if (temp < minTemp || temp > maxTemp) {
    return "Помилка: температура поза нормою!";
  }
}

```

```

    }
    return "Температура в нормі";
}

console.log(checkTemperature(130)); // Помилка: температура поза
нормою!

```

У таблиці 3.8 проілюстрованого історію виробництва партій труб на виробництві, яка дозволяє робити аналітику по партіях.

Таблиця 3.8 – Таблиця партій труб у PostgreSQL:

Поле	Тип	Опис
id	SERIAL	Унікальний ідентифікатор
date_created	TIMESTAMP	Дата і час створення партії
diameter_mm	INTEGER	Діаметр труби
temperature_c	INTEGER	Температура полімеризації
fiber_type	VARCHAR(50)	Тип армування
output_m	INTEGER	Довжина виготовлених труб
defect_percent	NUMERIC(5,2)	Відсоток браку

ERP-система складається з таких кількох модулів, як виробництво, склад, контроль якості, аналітика. Модуль виробництво слугує для управління лінією, контролю параметрів. Модуль склад призначається для обліку смоли, волокон та інших матеріалів. Модуль контроль якості потрібен для реєстрації випробувань і браку. Модуль Аналітика відводиться для обробки даних для керівництва. Модулі об'єднані через API, що дозволяє обмінюватися даними між ними. Наприклад, при створенні нової партії труб автоматично списується сировина зі складу, а результати контролю якості зберігаються у відповідному модулі.

Приклад виклику АРІ для створення нової партії на JavaScript.

```
fetch('http://localhost:3000/api/production', {
  method: 'POST',
  headers: { 'Content-Type': 'application/json' },
  body: JSON.stringify({
    diameter_mm: 150,
    temperature_c: 90,
    fiber_type: "Скловолокно",
    output_m: 500
  })
})
.then(res => res.json())
.then(data => console.log("Нова партія додана:", data))
```

Цей код показує, як нова партія труб передається з інтерфейсу користувача в базу даних через серверну логіку.

Таблиці 3.9 – 3.10 є прикладами таблиць для інтегрованих модулів. Така структура дозволяє швидко отримувати інформацію про матеріали, партії та результати контролю.

Таблиця 3.9 – Склад матеріалів

id	material_name	quantity_kg	unit
1	Смола	500	кг
2	Скловолокно	200	кг
3	Базальтове волокно	100	кг

Таблиця 3.10 – Журнал контролю якості

id	production_id	test_date	result	comment
1	101	2026-02-22	Пройдено	Всі параметри в нормі
2	102	2026-02-22	Не пройдено	Перевищено полімеризації

Реалізація ERP-системи включає інтерфейс користувача для введення та перегляду даних, логіку обробки інформації та інтеграцію модулів через API. Використання реляційної бази даних PostgreSQL дозволяє зберігати повну історію виробництва і забезпечує зв'язок між таблицями. Така система дозволяє керівництву швидко контролювати виробництво, зменшувати брак і оптимізувати витрати сировини.

### 3.3 Програмна реалізація ERP-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб

ERP-система працює як єдиний програмний комплекс, який об'єднує виробництво, склад, відділ постачання та відділ збуту. Усі дані зберігаються в базі даних, а користувачі працюють через веб-інтерфейс у браузері.

Користувач заходить у систему через сторінку авторизації. Після входу він бачить панель керування. Оператор бачить параметри виробництва, комірник бачить залишки матеріалів, а менеджер із продажу бачить замовлення клієнтів. Усі ці дані зберігаються в єдиній базі даних PostgreSQL.

Для зберігання інформації про партії труб використовується таблиця 3.11 production\_batches.

Таблиця 3.11 – Таблиця production\_batches

Поле	Тип даних	Опис
id	SERIAL	Номер партії

Поле	Тип даних	Опис
date_created	TIMESTAMP	Дата виготовлення
diameter_mm	INTEGER	Діаметр труби
length_m	INTEGER	Загальна довжина
resin_used_kg	NUMERIC	Використана смола
fiber_type	VARCHAR(50)	Тип армування
defect_percent	NUMERIC(5,2)	Відсоток браку

Коли оператор вводить нову партію труб, дані передаються на сервер через API. Сервер перевіряє правильність значень і записує їх у базу даних.

Приклад серверного коду на JavaScript

```
app.post('/api/production', async (req, res) => {
  const { diameter_mm, length_m, resin_used_kg, fiber_type } = req.body;

  if (diameter_mm <= 0 || length_m <= 0) {
    return res.status(400).json({ error: "Некоректні дані" });
  }

  const result = await pool.query(
    `INSERT INTO production_batches
    (date_created, diameter_mm, length_m, resin_used_kg, fiber_type)
    VALUES (NOW(), $1, $2, $3, $4)
    RETURNING *`,
    [diameter_mm, length_m, resin_used_kg, fiber_type]
  );

  res.json(result.rows[0]);
});
```

Після створення партії система автоматично списує матеріали зі складу. Для цього використовується таблиця 3.12 warehouse\_materials.

Таблиця 3.12 – Таблиця warehouse\_materials.

id	material_name	quantity_kg	unit
1	Смола	1200	кг
2	Скловолокно	800	кг
3	Базальтове волокно	500	кг

Коли виготовлено партію, система віднімає використану кількість смоли і волокна, що дозволяє завжди бачити актуальні залишки. Якщо матеріалу стає менше встановленого мінімуму, система формує повідомлення для відділу постачання.

ERP-система також зберігає інформацію про замовлення клієнтів. Для цього використовується таблиця 3.13 orders.

Таблиця 3.13 – Таблиця orders.

id	customer_name	diameter_mm	quantity_m	status	order_date
1	ТОВ "Будінвест"	200	1000	Виконується	2026-02-20
2	ПП "Монтажсервіс"	150	500	Завершено	2026-02-18

Коли замовлення виконується, система пов'язує його з конкретною партією труб, що дозволяє забезпечити повну простежуваність продукції. У разі претензії можна перевірити дату виробництва, параметри полімеризації та результати контролю якості.

Для контролю якості використовується таблиця 3.14 quality\_tests.

Таблиця 3.14 – Таблиця quality\_tests.

id	batch_id	test_date	pressure_test_bar	result
1	10	2026-02-22	16	Пройдено

id	batch_id	test_date	pressure_test_bar	result
2	11	2026-02-22	12	Не пройдено

Якщо труба не проходить випробування, система автоматично фіксує це як брак і коригує відсоток браку в таблиці виробництва.

На стороні клієнта дані відображаються у вигляді таблиць і графіків. Наприклад, React-компонент може отримувати дані через API та показувати список партій на JavaScript

```
useEffect(() => {
  fetch('/api/production')
    .then(res => res.json())
    .then(data => setBatches(data));
}, []);
```

Програмна реалізація ERP-системи забезпечує повний цикл управління. Виробництво фіксує параметри, склад контролює матеріали, відділ збуту працює із замовленнями, а керівництво отримує аналітику. Усі модулі пов'язані між собою через спільну базу даних і серверну логіку, що дозволяє уникнути дублювання інформації, зменшити кількість помилок та забезпечити контроль за якістю і собівартістю композитних труб.

### **Висновок до розділу 3.**

У розділі 3 було розглянуто програмну реалізацію ERP-системи для підприємства з виробництва та постачання композитних труб.

Обґрунтовано вибір сучасних технологій та середовища розробки. Використання HTML5, CSS3 та JavaScript із застосуванням React забезпечує

створення зручного, зрозумілого та масштабованого інтерфейсу користувача. Застосування PostgreSQL гарантує надійне зберігання пов'язаних виробничих даних, а використання Visual Studio Code, Git, Docker та Postman підвищує якість розробки, контроль змін і стабільність розгортання системи.

Описано реалізацію основних функцій ERP-системи. Було показано, як реалізовано введення та обробку виробничих параметрів, облік матеріалів, формування замовлень, контроль якості та аналітику. Система забезпечує автоматичну перевірку даних, збереження історії партій та формування звітів. Інтеграція модулів через API дозволяє об'єднати виробництво, склад і відділ постачання в єдину інформаційну систему.

Наведено приклади програмної реалізації бази даних, серверної логіки та клієнтської частини системи. Було продемонстровано структуру таблиць для зберігання партій продукції, матеріалів, замовлень і результатів контролю якості. Реалізована архітектура забезпечує цілісність даних, можливість масштабування та подальшого розширення функціоналу.

Впровадження ERP-системи дозволяє зменшити відсоток браку, оптимізувати використання сировини, скоротити простой обладнання та підвищити прозорість управління підприємством. Автоматизація обліку та виробничих процесів знижує вплив людського фактору та підвищує точність розрахунків собівартості продукції.

Розроблена ERP-система є технічно обґрунтованим і практично доцільним рішенням для підприємства з виробництва та постачання композитних труб. Вона забезпечує цифровізацію основних бізнес-процесів, підвищує ефективність управління та створює основу для подальшого розвитку підприємства.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Організаційно-правові основи забезпечення безпеки праці

Організаційно-правові основи забезпечення безпеки праці є важливою складовою діяльності підприємств, що займаються розробкою, впровадженням та експлуатацією ERP-систем управління ресурсами та виробничою діяльністю. Використання сучасних інформаційних технологій, серверного обладнання, комп'ютерної техніки та мережевих систем потребує створення безпечних умов праці для працівників, які здійснюють проєктування, адміністрування та супровід програмного забезпечення.

Основною метою охорони праці є збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності. Для досягнення цієї мети на підприємстві повинні впроваджуватися організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та правові заходи, спрямовані на запобігання виробничому травматизму, професійним захворюванням та аварійним ситуаціям.

Правову основу охорони праці в Україні становлять:

- Конституція України;
- Кодекс законів про працю України;
- Закон України «Про охорону праці»;
- Закон України «Про пожежну безпеку»;
- Закон України «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування»;
- державні санітарні норми та правила;
- нормативно-правові акти з електробезпеки та пожежної безпеки.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний забезпечити безпечні та нешкідливі умови праці, організувати контроль за станом охорони праці, проводити навчання та інструктажі працівників, а також забезпечити відповідність робочих місць нормативним вимогам.

До основних принципів державної політики у сфері охорони праці належать:

- пріоритет життя і здоров'я працівників;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних умов праці;
- комплексне розв'язання питань охорони праці;
- соціальний захист працівників;
- використання сучасних засобів безпеки;
- профілактика виробничого травматизму та професійних захворювань.

#### **4.2 Характеристика об'єкта та виявлення потенційних небезпек**

Метою цього розділу є визначення можливих небезпек на підприємстві з виробництва композитних труб та розробка заходів для захисту працівників. Під час виготовлення композитних труб використовуються смоли, армувальні матеріали, нагрівальні установки та електричне обладнання. Усі ці фактори можуть створювати ризики для здоров'я і життя працівників.

Основне завдання охорони праці полягає у створенні безпечних умов роботи, зменшенні ризику травм і запобіганні аваріям. Для цього необхідно визначити всі потенційні небезпеки, оцінити їх вплив і передбачити заходи захисту.

На підприємстві можна виділити такі групи небезпек: механічні, хімічні, термічні, електричні та пожежні.

До механічних небезпек належать рухомі частини намотувального обладнання, різальні інструменти та транспортні механізми. Працівник може отримати травму при порушенні правил експлуатації або відсутності захисних кожухів.

До хімічних небезпек належать випари полімерних смол і розчинників. Вони можуть викликати подразнення органів дихання та шкіри. Тому необхідна вентиляція та використання засобів індивідуального захисту.

До термічних небезпек належать високі температури під час полімеризації. Можливі опіки при контакті з нагрітими поверхнями.

До електричних небезпек належить ризик ураження струмом при роботі з обладнанням. Несправна ізоляція або порушення правил експлуатації можуть призвести до аварій.

До пожежних небезпек належать легкозаймисті матеріали, зокрема смоли та допоміжні речовини. У разі порушення умов зберігання або перегріву можливе займання.

Нижче наведено таблицю 4.1 основних потенційних небезпек.

Таблиця 4.1 – Основні потенційні небезпеки на виробництві

№	Джерело небезпеки	Можливі наслідки
1	Намотувальне обладнання	Травми рук, порізи
2	Полімерні смоли	Отруєння, алергічні реакції
3	Нагрівальні печі	Опіки
4	Електричні установки	Ураження електричним струмом
5	Легкозаймисті матеріали	Пожежа

Для кожної небезпеки необхідно передбачити заходи захисту (див. таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 – Заходи захисту від потенційних небезпек на виробництві

Небезпека	Захід захисту
Рухомі механізми	Захисні кожухи, інструктаж
Пари смоли	Вентиляція, респіратори
Висока температура	Теплостійкі рукавиці
Електричне обладнання	Заземлення, регулярна перевірка
Пожежна небезпека	Вогнегасники, система пожежної сигналізації

Важливо проводити регулярні інструктажі з охорони праці. Працівники повинні знати правила користування обладнанням і порядок дій у надзвичайних ситуаціях. На підприємстві повинні бути розроблені плани евакуації та встановлені засоби пожежогасіння.

Ідентифікування потенційних небезпек дозволяє заздалегідь оцінити ризику та зменшити ймовірність аварій. Правильна організація охорони праці забезпечує безпечні умови роботи та стабільну діяльність підприємства з виробництва композитних труб.

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

Аналіз та оцінка ризику проводяться для того, щоб визначити, які небезпеки існують на підприємстві, наскільки вони є небезпечними та які заходи потрібно впровадити для їх зменшення. Виробництво композитних труб пов'язане з використанням полімерних смол, армувальних матеріалів, нагрівального обладнання та електроустановок. Тому ризику можуть бути як виробничими, так і техногенними.

Оцінка ризику здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», який зобов'язує роботодавця забезпечити безпечні умови праці. Також враховуються положення ДСТУ ISO 45001:2019 «Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці», НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», Правила пожежної безпеки в Україні та ДСН 3.3.6.042-99 щодо мікроклімату виробничих приміщень.

Першим етапом є виявлення небезпечних факторів. До них належать механічні травми, вплив шкідливих хімічних речовин, дія високих температур, електричний струм, пожежа та вибух.

Нижче наведено таблицю 4.3 основних небезпечних факторів.

Таблиця 4.3 – Основні небезпечні фактори

№	Небезпечний фактор	Джерело виникнення	Можливі наслідки
1	Рухомі частини обладнання	Намотувальна машина	Травми рук, забиття
2	Пари смол і розчинників	Дільниця змішування	Отруєння, алергія
3	Висока температура	Камера полімеризації	Опіки
4	Електричний струм	Електрощитова, двигуни	Ураження струмом
5	Пожежа	Легкозаймісті матеріали	Опіки, знищення майна
6	Підвищений шум	Робота механізмів	Погіршення слуху

Другим етапом є оцінка ймовірності виникнення небезпеки та тяжкості наслідків. Для цього застосовується метод матриці ризиків. Рівень ризику визначається як добуток ймовірності події на тяжкість наслідків.

Таблиця 4.4 – Оцінки ризику

Ймовірність	Опис	Бал
Низька	Виникає рідко	1
Середня	Можлива періодично	2
Висока	Виникає часто	3

Таблиця 4.5 – Оцінки наслідків

Тяжкість наслідків	Опис	Бал
Легка	Легке ушкодження	1
Середня	Тимчасова втрата працездатності	2

Тяжкість наслідків	Опис	Бал
Важка	Тяжка травма або смерть	3

Рівень ризику визначається за формулою:

$$\text{Ризик} = \text{Ймовірність} \times \text{Тяжкість} \quad (4.1)$$

Таблиця 4.6 – Приклад оцінки ризику

Небезпека	Ймовірність	Тяжкість	Рівень ризику
Пари смоли	2	2	4
Електричне ураження	1	3	3
Пожежа	1	3	3
Травма від механізмів	2	2	4

Ризик із балом 1–2 вважається низьким, 3–4 — середнім, 6–9 — високим. Середній і високий ризик потребують обов’язкових заходів зниження.

Для зменшення ризиків застосовуються технічні та організаційні заходи (табл. 4.7). Заходи повинні відповідати нормативним актам з охорони праці.

Таблиця 4.7 – Заходів зниження ризику

Небезпека	Захід безпеки	Нормативна база
Пари смоли	Витяжна вентиляція, респіратори	ДСН 3.3.6.042-99
Механічні травми	Захисні огороження, інструктаж	Закон «Про охорону праці»
Електричний струм	Заземлення, перевірка ізоляції	Правила улаштування електроустановок
Пожежа	Вогнегасники, пожежна	Правила пожежної

Небезпека	Захід безпеки	Нормативна база
	сигналізація	безпеки в Україні
Підвищений шум	Засоби захисту слуху	ДСН 3.3.6.037-99

Окрему увагу слід приділити мікроклімату виробничих приміщень. Відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 температура, вологість і швидкість руху повітря повинні відповідати допустимим нормам. Це зменшує ризик перегріву працівників і підвищує їх працездатність.

На підприємстві також повинна діяти система управління охороною праці. Вона передбачає регулярний інструктаж, медичні огляди, перевірку стану обладнання та аналіз причин нещасних випадків. Згідно із Законом України «Про охорону праці», роботодавець зобов'язаний створити безпечні умови праці та забезпечити працівників засобами індивідуального захисту.

Важливо проводити періодичний перегляд ризиків. Якщо вводиться нове обладнання або змінюється технологія виробництва, оцінка ризику проводиться повторно. Це відповідає вимогам ДСТУ ISO 45001:2019 щодо постійного покращення системи безпеки праці.

Аналіз та оцінка ризику на підприємстві з виробництва композитних труб дозволяють системно визначити небезпечні фактори, оцінити їх рівень і впровадити заходи захисту. Виконання вимог нормативних документів з охорони праці забезпечує зниження виробничого травматизму, підвищення безпеки працівників та стабільну роботу підприємства.

Підприємство з виробництва композитних труб належить до об'єктів підвищеної небезпеки, оскільки у технологічному процесі використовуються полімерні смоли, розчинники, армувальні матеріали, електрообладнання та нагрівальні установки. У разі аварії або порушення технологічного процесу можуть виникнути надзвичайні ситуації техногенного характеру. Тому на підприємстві повинна бути організована система безпеки відповідно до вимог

Кодексу цивільного захисту України, Закону України «Про охорону праці», Правил пожежної безпеки в Україні та інших нормативних актів.

До можливих надзвичайних ситуацій на такому підприємстві належать пожежа, вибух парів легкозаймистих речовин, аварія електрообладнання, розгерметизація ємностей зі смолами, а також аварійне відключення електропостачання. Усі ці події можуть призвести до загрози життю працівників і пошкодження виробничого обладнання.

Основні можливі надзвичайні ситуації наведені у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 – Основні можливі надзвичайні ситуації на виробництві

№	Надзвичайна ситуація	Можлива причина	Наслідки
1	Пожежа	Займання смоли або електропроводки	Опіки, знищення майна
2	Вибух парів	Накопичення парів розчинників	Руйнування приміщення
3	Ураження електричним струмом	Пошкодження ізоляції	Травми або смерть
4	Витік хімічних речовин	Пошкодження ємностей	Отруєння працівників
5	Аварійна зупинка обладнання	Перевантаження або перегрів	Простій виробництва

Найбільш небезпечною є пожежа, оскільки композитні матеріали та смоли є горючими. Відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні, виробничі приміщення повинні бути обладнані автоматичною пожежною сигналізацією, системами оповіщення та первинними засобами пожежогасіння. На кожній ділянці повинні бути встановлені вогнегасники відповідного типу. Працівники повинні проходити протипожежний інструктаж.

Вимоги пожежної безпеки передбачають також наявність евакуаційних виходів, планів евакуації та світлових покажчиків. Шляхи евакуації не повинні бути захарашені. Двері повинні відкриватися у напрямку виходу з приміщення, що зменшує ризик травм під час евакуації.

При роботі з легкозаймистими речовинами необхідно забезпечити вентиляцію приміщень, що відповідає вимогам державних санітарних норм щодо мікроклімату виробничих приміщень. Вентиляція запобігає накопиченню вибухонебезпечних парів.

На підприємстві повинна бути розроблена інструкція дій у разі виникнення надзвичайної ситуації. У ній визначається порядок повідомлення керівництва та екстрених служб, порядок евакуації та відключення обладнання. Відповідно до Кодексу цивільного захисту України, керівник підприємства відповідає за організацію заходів цивільного захисту та навчання персоналу.

У разі пожежі працівник повинен негайно повідомити про це відповідальну особу або зателефонувати до служби порятунку за номером 101. Після цього потрібно вимкнути електроживлення обладнання та розпочати гасіння пожежі первинними засобами, якщо це безпечно. Якщо пожежу неможливо ліквідувати власними силами, необхідно негайно залишити приміщення згідно з планом евакуації.

При ураженні електричним струмом слід негайно знеструмити установку. Потерпілому необхідно надати першу домедичну допомогу та викликати швидку медичну допомогу. Всі електроустановки повинні відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок та проходити періодичну перевірку.

У разі витоку смоли або розчинників необхідно обмежити доступ до небезпечної зони, забезпечити провітрювання та використання засобів індивідуального захисту. Забороняється використовувати відкритий вогонь поблизу місця витоку.

Для підвищення рівня безпеки на підприємстві впроваджується система управління охороною праці відповідно до ДСТУ ISO 45001:2019. Вона передбачає регулярну оцінку ризиків, навчання персоналу та постійне вдосконалення заходів безпеки.

Таблиця 4.9 – Основні заходи забезпечення безпеки:

Захід	Мета впровадження
Пожежна сигналізація	Раннє виявлення пожежі
Система вентиляції	Видалення шкідливих парів
План евакуації	Безпечне залишення приміщення
Інструктаж працівників	Підвищення обізнаності
Засоби індивідуального захисту	Зменшення впливу небезпечних факторів

Безпека у надзвичайних ситуаціях на підприємстві з виробництва композитних труб базується на дотриманні вимог законодавства України, впровадженні технічних засобів захисту та навчанні персоналу. Виконання вимог Закону України «Про охорону праці», Кодексу цивільного захисту України та Правил пожежної безпеки в Україні дозволяє мінімізувати ризик виникнення надзвичайних ситуацій і забезпечити захист життя та здоров'я працівників.

#### **Висновок до розділу 4.**

У розділі 4 було розглянуто питання охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві з виробництва композитних труб. Проведений аналіз показав, що виробничий процес пов'язаний з наявністю механічних, хімічних, термічних, електричних та пожежних небезпек. Тому організація безпечних умов праці є обов'язковою складовою діяльності підприємства.

Визначено основні потенційні небезпеки, які можуть виникати під час роботи намотувального обладнання, використання полімерних смол та експлуатації електроустановок. Було встановлено, що найбільшу небезпеку становлять рухомі механізми, випари шкідливих речовин, підвищена температура та ризик пожежі. Ідентифікування цих факторів дозволяє своєчасно розробити профілактичні заходи та мінімізувати можливі наслідки.

Здійснено аналіз та оцінку ризиків із застосуванням методу матриці ризику. Було визначено рівень імовірності виникнення небезпечних подій та тяжкість їх наслідків. На основі цього встановлено пріоритетність впровадження заходів безпеки. Оцінка ризиків проведена з урахуванням вимог Закону України «Про охорону праці», ДСТУ ISO 45001:2019 та інших нормативних документів. Такий підхід забезпечує системність управління ризиками та відповідність законодавству України.

Розглянуто питання забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях. Визначено порядок дій персоналу у разі пожежі, витоку хімічних речовин або аварії електрообладнання. Обґрунтовано необхідність наявності пожежної сигналізації, засобів пожежогасіння, вентиляції, планів евакуації та регулярного інструктажу працівників. Дотримання вимог Кодексу цивільного захисту України та Правил пожежної безпеки в Україні дозволяє зменшити ризик виникнення надзвичайних ситуацій і забезпечити швидке реагування у разі їх виникнення.

Отже, реалізація комплексу заходів з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях створює умови для стабільної та безпечної роботи підприємства з виробництва композитних труб. Системний підхід до виявлення небезпек, оцінки ризиків та впровадження профілактичних заходів сприяє зниженню виробничого травматизму, збереженню здоров'я працівників та підвищенню загальної ефективності діяльності підприємства.

## **ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ**

У дипломній роботі було розроблено та обґрунтовано ERP-систему для підприємства з виробництва та постачання композитних труб. У процесі виконання роботи проведено комплексний аналіз предметної області, спроектовано архітектуру системи, реалізовано програмне забезпечення та розглянуто питання охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

У першому розділі проаналізовано особливості управління ресурсами та виробничими процесами підприємства. Встановлено, що виробництво композитних труб характеризується складною технологією, використанням дорогих матеріалів, необхідністю постійного контролю параметрів полімеризації та високими вимогами до якості продукції. Досліджено сутність та функціональні можливості ERP-систем, визначено їх роль у цифровізації підприємства. Проведено огляд сучасних ERP-рішень та встановлено, що існуючі системи не завжди повністю враховують специфіку виробництва композитних труб, що обґрунтовує необхідність розробки адаптованого рішення.

У другому розділі виконано проектування ERP-системи. Розроблено загальну архітектуру системи, яка включає клієнтську частину, серверну логіку та базу даних. Спроектовано структуру бази даних для зберігання інформації про виробничі партії, матеріали, замовлення та результати контролю якості. Визначено бізнес-процеси підприємства та побудовано функціональну структуру ERP-системи, що охоплює модулі виробництва, складу, постачання, збуту та аналітики. Запропонована модель забезпечує цілісність даних та інтеграцію всіх підрозділів підприємства.

У третьому розділі здійснено програмну реалізацію системи та оцінено її ефективність. Обґрунтовано вибір сучасних технологій розробки, що забезпечують надійність, масштабованість і зручність використання системи. Реалізовано основні функції ERP-системи, включаючи облік виробництва, контроль матеріалів, формування замовлень та аналітичну звітність.

Результати оцінки ефективності показали, що впровадження системи дозволяє зменшити рівень браку, оптимізувати використання сировини, скоротити простої обладнання та підвищити прозорість управління підприємством.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Проведено ідентифікацію потенційних небезпек, здійснено аналіз і оцінку ризиків, а також розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці. Враховано вимоги чинного законодавства України у сфері охорони праці та пожежної безпеки. Запропоновані заходи сприяють зниженню виробничого травматизму та підвищенню рівня захищеності працівників.

Поставлені в дипломній роботі завдання виконані в повному обсязі. Розроблена ERP-система є технічно обґрунтованим, економічно доцільним та практично придатним рішенням для підприємства з виробництва композитних труб. Її впровадження забезпечує підвищення ефективності управління ресурсами, покращення контролю якості продукції та створює основу для подальшої цифрової трансформації підприємства.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 № 2694-ХІІ (ред. станом на 2024 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>.
2. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 № 5403-VI (ред. станом на 2024 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
3. Правила пожежної безпеки в Україні : наказ МВС України № 1417 від 30.12.2014 (ред. станом на 2023 р.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua>
4. ДСТУ ISO 45001:2019 (чинний у 2021–2026 рр.). Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
5. Monk E., Wagner B. Concepts in Enterprise Resource Planning. 5th ed. Boston : Cengage Learning, 2022. 480 p.
6. O'Leary D. Enterprise Resource Planning Systems: Systems, Life Cycle, Electronic Commerce, and Risk. New York : Cambridge University Press, 2021. 312 p.
7. Klaus H., Rosemann M., Gable G. What Is ERP? Information Systems Frontiers. 2021. Vol. 23(2). P. 141–162.
8. Bradford M. Modern ERP: Select, Implement, and Use Today's Advanced Business Systems. 4th ed. Raleigh : Lulu Press, 2023. 356 p.
9. Jacobs F. R., Weston F. C. Enterprise Resource Planning (ERP) – A Brief History. Journal of Operations Management. 2022. Vol. 68(1). P. 45–58.
10. Sommerville I. Software Engineering. 11th ed. Boston : Pearson, 2021. 816 p.
11. Gamma E., Helm R., Johnson R., Vlissides J. Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software. Updated ed. Boston : Addison-Wesley, 2021. 395 p.
12. Kleppmann M. Designing Data-Intensive Applications. 2nd ed. Sebastopol : O'Reilly Media, 2023. 640 p.

13. PostgreSQL Global Development Group. PostgreSQL 16 Documentation. 2023. URL: <https://www.postgresql.org/docs/>
14. React Documentation. Meta Platforms, Inc. 2024. URL: <https://react.dev>
15. Merkel D. Docker: Lightweight Linux Containers for Consistent Development and Deployment. Linux Journal. 2022. № 239. P. 2–7.
16. Chaffey D. Digital Business and E-Commerce Management. 8th ed. Pearson, 2022. 704 p.
17. Heizer J., Render B., Munson C. Operations Management: Sustainability and Supply Chain Management. 13th ed. Pearson, 2023. 892 p.
18. Laudon K., Laudon J. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. 17th ed. Pearson, 2022. 656 p.
19. Oracle Corporation. ERP Systems and Digital Transformation in Manufacturing. 2023. URL: <https://www.oracle.com> (дата звернення: 19.02.2026).
20. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021.



## **АКТУАЛЬНІСТЬ**

У сучасних умовах цифрової трансформації промисловості та переходу до концепцій розумного виробництва особливої ваги набуває автоматизація процесів управління ресурсами підприємства. Підвищення конкурентоспроможності, зменшення витрат, оптимізація виробничого планування та забезпечення прозорості бізнес-процесів неможливі без впровадження інтегрованих інформаційних систем. ERP-системи забезпечують комплексну автоматизацію управління матеріальними, фінансовими, виробничими та трудовими ресурсами, що дозволяє синхронізувати всі підсистеми підприємства в єдиному інформаційному середовищі. ERP-системи забезпечують взаємодію між виробничим обладнанням, автоматизованими лініями, системами керування технологічними процесами та управлінськими рівнями підприємства. Розробка та впровадження таких систем сприяє підвищенню ефективності виробництва, зменшенню впливу людського фактору та створенню передумов для подальшої цифровізації підприємств.

## МЕТА

Метою бакалаврської роботи є розробка ERP-системи управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства, що забезпечує інтеграцію виробничих, облікових та управлінських процесів у єдиному інформаційному середовищі з метою підвищення ефективності функціонування підприємства.

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно розв'язати такі задачі:

- Провести аналіз предметної області та існуючих ERP-систем управління підприємством.
- Визначити функціональні та технічні вимоги до розроблюваної системи.
- Розробити архітектуру ERP-системи та структуру її основних модулів.
- Спроекувати базу даних і модель інформаційних потоків підприємства.
- Реалізувати програмні модулі системи управління ресурсами та виробництвом.

3

## ОБ'ЄКТ, ПРЕДМЕТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є процеси управління ресурсами та виробничою діяльністю підприємства в умовах автоматизованого та комп'ютерно-інтегрованого середовища.

Предметом дослідження є методи, моделі та програмні засоби розробки ERP-системи для автоматизації управління ресурсами і виробничими процесами підприємства.

У роботі використано методи системного аналізу для дослідження бізнес-процесів підприємства; методи моделювання для проектування архітектури системи; методи об'єктно-орієнтованого програмування для реалізації програмного забезпечення; методи проектування баз даних для створення інформаційної структури системи.

4

## ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС

Виробничий процес включає стадії підготовки виробництва, планування, безпосереднього виготовлення продукції, контролю якості, складування та реалізації. Ефективне управління виробничими процесами передбачає раціональне планування виробничих потужностей, оптимізацію завантаження обладнання, узгодження графіків постачання матеріалів і мінімізацію простоїв.

Використання комп'ютерно-інтегрованих технологій дозволяє забезпечити безперервний моніторинг стану виробничого обладнання, аналіз завантаження потужностей та прогнозування потреб у ресурсах. Інтеграція ІС із виробничими підсистемами сприяє підвищенню точності планування, зменшенню виробничих витрат і покращенню якості управлінських рішень.

5

## ПОРІВНЯННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ERP-СИСТЕМ

Критерій	SAP S / 4HANA	Oracle NetSuite	MS Dynamics 365	Odoo	BAS ERP
Масштабованість	Висока	Висока	Середня	Середня	Низька
Підтримка виробництва	Розширена	Середня	Достатня	Обмежена	Базова
Хмарна архітектура	Так	Так	Так	Так	Частково
Локалізація для України	Обмежена	Обмежена	Часткова	Потребує адаптації	Повна
Вартість впровадження	Дуже висока	Висока	Висока	Помірна	Помірна
Інтеграція з BI	Вбудована	Вбудована	Через Power BI	Через модулі	Обмежена

6

## ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ ERP-СИСТЕМ

Система	Основні переваги	Основні недоліки
SAP S/4HANA	Потужність, комплексність	Висока вартість
Oracle NetSuite	Cloud-рішення	Обмежена виробнича глибина
MS Dynamics 365	Інтеграція з Microsoft	Дорогі ліцензії
Odoo	Гнучкість, open-source	Потреба в доопрацюванні
BAS ERP	Локалізація	Обмежена сучасна інтеграція

7

## ВИМОГИ ДО РОЗРОБЛЮВАНОЇ ERP-СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИТНИХ МАТЕРІАЛІВ

До функціональних вимог можна віднести підтримку MRP-планування; управління виробничими замовленнями; контроль витрат матеріалів; інтеграцію зі складським обліком; формування аналітичної звітності; підтримку CRM-модуля.

Технічні вимоги зумовлені модульною архітектурою; web-орієнтованим інтерфейсом; інтеграцією з SCADA/MES; підтримкою баз даних SQL; можливістю масштабування.

Організаційні вимоги до розроблюваної ERP-системи пов'язані з адаптацією до українського законодавства; невисокою вартістю впровадження; простотою навчання персоналу; можливістю подальшого розвитку.

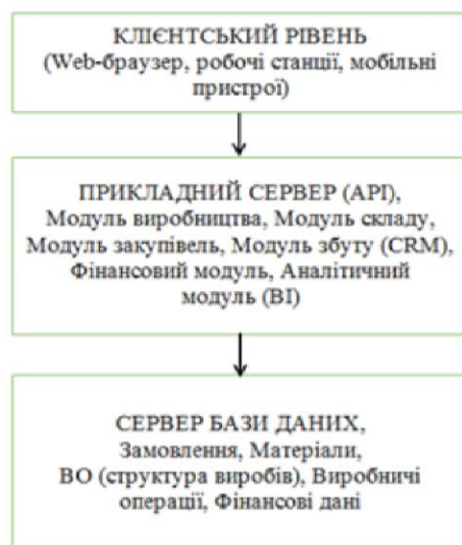
8

## РОЗПОДІЛ ФУНКЦІЙ МІЖ РІВНЯМИ АРХІТЕКТУРИ ПРОЄКТОВАНОЇ ERP-СИСТЕМИ

Рівень	Основні функції	Переваги
Клієнтський	Відображення інтерфейсу, введення даних	Простота доступу, кросплатформеність
Прикладний	Бізнес-логіка, обробка запитів, MRP-розрахунки	Централізований контроль
Дані	Зберігання та забезпечення цілісності	Надійність, резервування

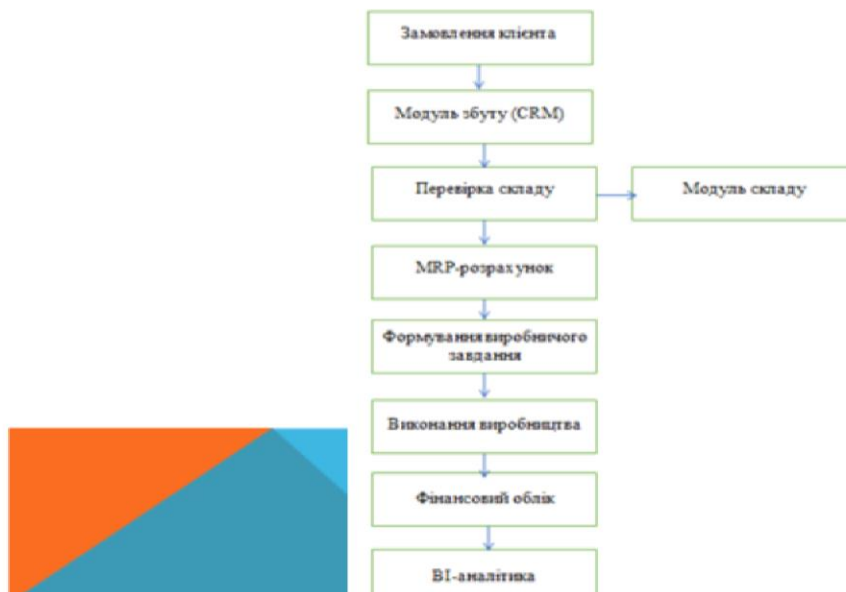
9

## ЗАГАЛЬНА АРХІТЕКТУРА ERP-СИСТЕМИ



10

## ІНФОРМАЦІЙНІ ПОТОКИ В ERP-СИСТЕМІ



11

## ОСНОВНІ МОДУЛІ ERP-СИСТЕМИ ДЛЯ ВИРОБНИЧОГО ПІДПРИЄМСТВА

Модуль	Призначення	Особливість для виробництва композитних труб
Виробництво	Планування та диспетчеризація	Облік технологічних режимів
Склад	Облік матеріалів	Контроль витрат смоли та волокна
Закупівлі	Формування заявок	Планування постачання імпортової сировини
CRM	Управління замовленнями	Індивідуальні технічні параметри
Фінанси	Облік витрат	Розрахунок собівартості партії
BI	Аналітика	Аналіз маржинальності продукції

12

## АРХІТЕКТУРА «ТОНКОГО КЛІЄНТА» ТА РУХ ДАНИХ REST API



13

## ОСНОВНІ СУТНОСТІ

Сутність	Опис
Customers	Дані клієнтів
Orders	Замовлення
Order_Items	Позиції замовлення
Products	Номенклатура продукції
BOM	Специфікація виробу
Materials	Сировина
Production_Orders	Виробничі завдання
Operations	Технологічні операції
Suppliers	Постачальники

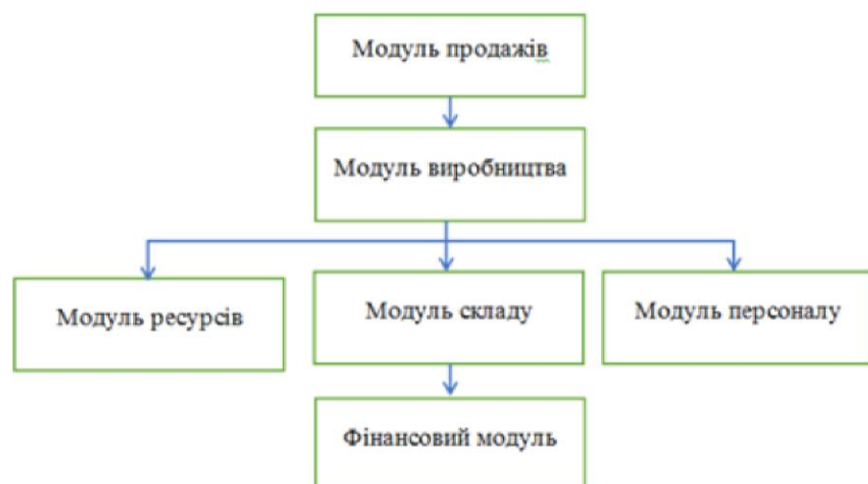
14

## ОБ'ЄКТНО-ОРИЄНТОВАНА СТРУКТУРА ERP-СИСТЕМИ



15

## ФУНКЦІОНАЛЬНА СТРУКТУРА ERP-СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА КОМПЗИТНИХ ТРУБ



16

## ФУНКЦІЇ МОДУЛЯ УПРАВЛІННЯ РЕСУРСАМИ

Функція	Вхідні дані	Результат
Розрахунок MRP	Замовлення, BOM	Потреба в матеріалах
Контроль залишків	Дані складу	Перелік дефіцитних позицій
Планування закупівель	Потреба MRP	Замовлення постачальникам
Аналіз витрат	Фактичні витрати	Собівартість продукції

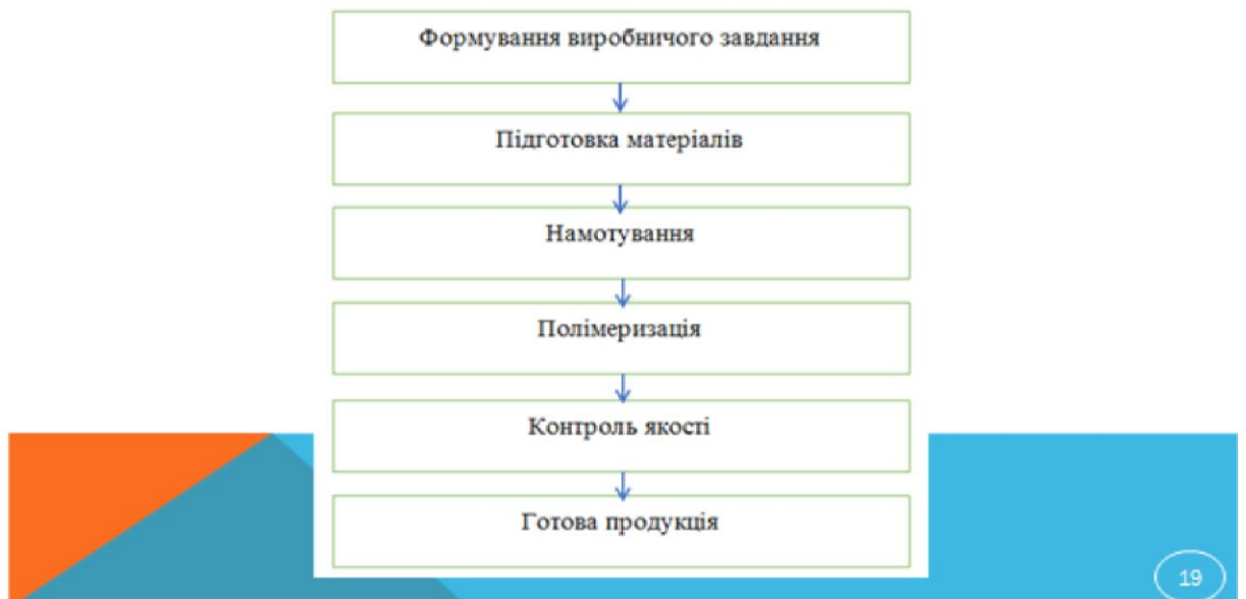
17

## СТРУКТУРА ВИРОБНИЧОГО ЗАМОВЛЕННЯ

Поле	Опис
ID	Номер замовлення
Product	Найменування виробу
Quantity	Кількість
Start_date	Дата запуску
Status	Стан виконання

18

## МОДЕЛЬ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ



19

## ОСНОВНІ СКЛАДСЬКІ ОПЕРАЦІЇ

Операція	Тип руху	Вплив
Закупівля	Надходження	Збільшення залишку
Списання	Витрата	Зменшення залишку
Переміщення	Внутрішній рух	Без зміни загального залишку

## ДАНІ ПРАЦІВНИКА

Поле	Опис
ID	Табельний номер
Name	ПІБ
Position	Посада
Qualification	Кваліфікація
Hour_rate	Годинна ставка

20

## ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ МОДУЛЯ ПРОДАЖІВ

Функція	Вхідні дані	Результат
Реєстрація клієнта	Реквізити клієнта	Створення картки
Створення замовлення	Номенклатура, кількість	Замовлення
Розрахунок вартості	Ціна, обсяг	Загальна сума
Формування рахунку	Замовлення	Фінансовий документ
Контроль статусу	Дані виробництва	Поточний стан

21

## ОСНОВНІ ФІНАНСОВІ ОПЕРАЦІЇ

Операція	Джерело	Результат
Находження коштів	Модуль продажів	Збільшення доходу
Списання матеріалів	Модуль складу	Формування витрат
Нарахування зарплати	Модуль персоналу	Витрати на оплату праці
Закупівля матеріалів	Модуль ресурсів	Кредиторська заборгованість

Інтеграція фінансового модуля зображена схемою:

Продажі → Дохід

Виробництво → Собівартість

Склад → Матеріальні витрати

Персонал → Витрати на оплату праці → Фінансовий модуль → Фінансова звітність

22

## ВЗАЄМОДІЯ МОДУЛІВ

Джерело	Приймач	Дані
Продажі	Виробництво	Замовлення
Виробництво	Склад	Списання матеріалів
Склад	Фінанси	Дані про витрати
Персонал	Виробництво	Дані про трудові ресурси

Усі функціональні модулі ERP-системи взаємодіють між собою через єдину базу даних.

Замовлення → формує виробниче завдання.

Виробництво → формує потребу в матеріалах.

Склад → забезпечує матеріали та приймає готову продукцію.

Персонал → забезпечує виконання технологічних операцій.

Ресурси → контролюють витрати та собівартість.

23

## ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ

Компонент	Обрана технологія	Причина вибору
Мова програмування	Python	Простота, швидка розробка
Back-end фреймворк	Django	Вбудована ORM, безпека
API	FastAPI (опційно)	Висока продуктивність
Front-end	HTML/CSS/JS	Універсальність
JS-фреймворк	React/Vue	Інтерактивність
СУБД	PostgreSQL	Надійність, транзакційність

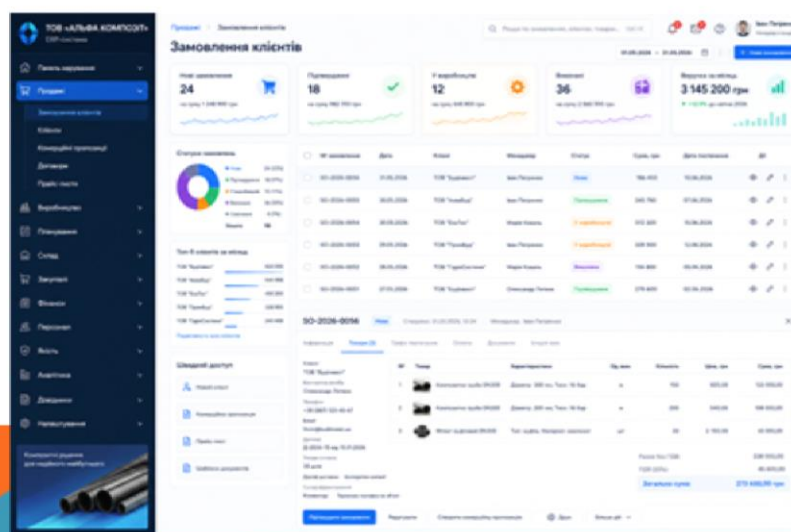
24

## СХЕМА РОБОТИ КЛІЄНТ-СЕРВЕРНОЇ АРХІТЕКТУРИ З ВЕБ-ІНТЕРФЕЙСОМ



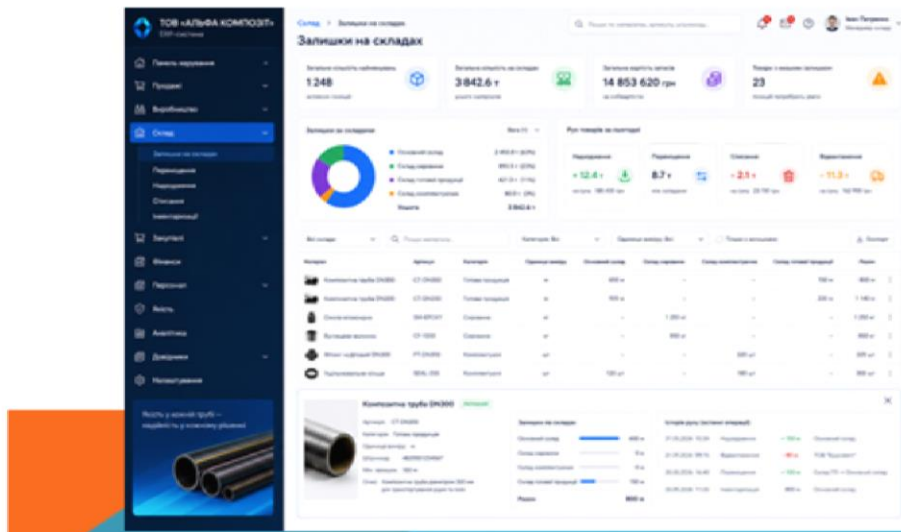
25

## ІНТЕРФЕЙС МОДУЛЯ ПРОДАЖІВ ERP-СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА КОМПЗИТНИХ ТРУБ



26

## ІНТЕРФЕЙС МОДУЛЯ СКЛАД ERP-СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА З ВИРОБНИЦТВА КОМПОЗИТНИХ ТРУБ



## ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

