

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

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему: Розробка комп'ютерноінтегрованої системи оброблення даних у
CRM-системі підприємства

Виконав: здобувач вищої освіти
4 курсу, групи Сінж-2022-1
напряму підготовки (спеціальності)
151 «Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
Чурсінов Ілля Олександрович
(прізвище та ініціали)

Керівник Білецький І.В., проф. 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

Чурсінов Ілля Олександрович

1. Тема роботи Розробка комп'ютерноінтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства

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

Керівник роботи Білецький Ігор Васильович, доктор економічних наук, професор, професор 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 Комп'ютерно-інтегрована система оброблення даних у CRM-системі підприємства

4. Зміст розрахунково пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. Основні методи оброблення даних у CRM-системах підприємства. Математичні моделі аналізу оброблення даних у CRM-системах. Комп'ютерно-інтегрована система оброблення даних у CRM-системах. 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 | Білецький І.В. | 11.05.2026 <i>ІВ</i> | 21.05.2026 <i>ІВ</i> |
| Основна частина | Білецький І.В. | 22.05.2026 <i>ІВ</i> | 31.05.2026 <i>ІВ</i> |
| Спеціальний розділ | Білецький І.В. | 01.06.2026 <i>ІВ</i> | 13.06.2026 <i>ІВ</i> |
| Охорона праці | Малишева В.В. | 06.06.2026 <i>ВВ</i> | 13.06.2026 <i>ВВ</i> |

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

Керівник _____ *ІВ* Білецький І.В.
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ *Чурсінов* Чурсінов І.О.
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання розділів | Примітка |
|-------|---|--------------------------|---------------|
| 1 | Розробка 1го розділу бакалаврської роботи | 11.05.2026 - 21.05.2026 | <i>ІВ</i> |
| 2 | Розробка 2го розділу бакалаврської роботи | 22.05.2026 - 31.05.2026 | <i>ІВ</i> |
| 3 | Розробка 3го розділу бакалаврської роботи | 01.06.2026 - 13.06.2026 | <i>ІВ</i> |
| 4 | Розробка розділу з охорони праці | 06.06.2026 - 13.06.2026 | <i>ВВ</i> |
| 5 | Рецензування бакалаврської роботи | 15.06.2026 | Ківіренко О.Б |
| 6 | Захист на ДЕК | 25.06.2026 | |

Здобувача вищої освіти _____ *Чурсінов* Чурсінов І.О.
(підпис)

Керівник _____ *ІВ* Білецький І.В.
(підпис)

РЕФЕРАТ

Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства – Чурсінов Ілля Олександрович, дипломна робота бакалавра, Харків, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, кількість сторінок 132, кількість таблиць 12, кількість рисунків 11, кількість джерел літератури 24.

В умовах цифрової трансформації підприємств особливого значення набуває ефективне управління клієнтськими даними та бізнес-процесами на основі сучасних інформаційних технологій. CRM-системи є ключовим інструментом автоматизації взаємодії з клієнтами, проте їх ефективність значною мірою залежить від рівня комп'ютерної інтеграції, якості оброблення даних та взаємодії з іншими корпоративними інформаційними системами. Недостатня автоматизація процесів збору, аналізу та оброблення даних призводить до втрати інформації, зниження оперативності управлінських рішень та конкурентоспроможності підприємства, тому розробка комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства є актуальним науково-практичним завданням.

Метою бакалаврської роботи є розробка комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства, яка забезпечує автоматизований збір, зберігання, аналіз і обмін інформацією для підвищення ефективності управління клієнтськими процесами.

Об'єктом дослідження є процеси оброблення та управління даними в інформаційних системах підприємства.

Предметом дослідження є методи, моделі та програмно-технічні засоби комп'ютерної інтеграції і автоматизованого оброблення даних у CRM-системі підприємства.

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

- Проаналізувати сучасні CRM-системи та методи оброблення даних у корпоративних інформаційних системах.

- Дослідити існуючі підходи до комп'ютерної інтеграції CRM-систем з іншими інформаційними ресурсами підприємства.
- Визначити вимоги до системи оброблення даних з урахуванням специфіки діяльності підприємства.
- Розробити структурну та функціональну модель комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі.
- Реалізувати програмні засоби автоматизованого оброблення та інтеграції даних.

У процесі виконання бакалаврської роботи використано такі методи дослідження, як аналіз і синтез для дослідження предметної області та формування вимог до системи; системний підхід для побудови структури комп'ютерно-інтегрованої системи; методи моделювання для розробки функціональних і інформаційних моделей CRM-системи; алгоритмічні та програмні методи для реалізації оброблення даних.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: комп'ютерно-інтегрована система, CRM-система, обробка даних, модель.

ABSTRACT

Development of a computer-integrated data processing system within an enterprise CRM system – Chursinov Ilya, bachelor's thesis, Kharkiv, O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, number of pages 132, number of tables 12, number of figures 11, number of literature sources 24.

In the context of digital transformation of enterprises, effective management of client data and business processes based on modern information technologies is of particular importance. CRM systems are a key tool for automating customer interactions, but their effectiveness largely depends on the level of computer integration, the quality of data processing, and interaction with other corporate information systems. Insufficient automation of data collection, analysis, and processing processes leads to loss of information, reduced efficiency of management decisions, and reduced competitiveness of the enterprise, therefore, the development of a computer-integrated data processing system in the enterprise's CRM system is an urgent scientific and practical task.

The purpose of the bachelor's thesis is to develop a computer-integrated data processing system in the enterprise's CRM system, which provides automated collection, storage, analysis, and exchange of information to improve the efficiency of client process management.

The object of research is the processes of data processing and management in enterprise information systems.

The subject of the study is methods, models, and software and hardware tools for computer integration and automated data processing in the enterprise's CRM system.

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

- - Analyze modern CRM systems and data processing methods in corporate information systems.

- - To investigate existing approaches to computer integration of CRM systems with other information resources of the enterprise.
- - To determine the requirements for the data processing system taking into account the specifics of the enterprise's activities.
- - Develop a structural and functional model of a computer-integrated data processing system in a CRM system.

In the process of completing the bachelor's thesis, the following research methods were used: analysis and synthesis to study the subject area and form system requirements; a systems approach to building the structure of a computer-integrated system; modeling methods for developing functional and information models of the CRM system; algorithmic and software methods for implementing data processing.

KEYWORDS: computer-integrated system, CRM system, data processing, model.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----|
| ВСТУП | 10 |
| РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ У CRM-СИСТЕМАХ ПІДПРИЄМСТВА | 14 |
| 1.1 Роль CRM-систем у комп'ютерно-інтегрованих системах управління підприємством..... | 14 |
| 1.2 Методи збору, зберігання та попередньої обробки даних у CRM-системах..... | 17 |
| 1.3 Аналітичні методи оброблення даних та підтримки прийняття рішень у CRM..... | 26 |
| Висновок до розділу 1..... | 50 |
| РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ У CRM-СИСТЕМАХ ... | 52 |
| 2.1 Формалізація процесів оброблення даних та інформаційних потоків у CRM-системах | 52 |
| 2.2 Математичні моделі аналізу та прогнозування даних у CRM-системі підприємства | 58 |
| 2.3 Структурна та функціональна модель комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства з виробництва композитних труб | 66 |
| Висновок до розділу 2..... | 71 |
| РОЗДІЛ 3. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ У CRM-СИСТЕМАХ | 74 |
| 3.1 Вибір середовища програмної реалізації CRM-системи підприємства з виробництва композитних труб..... | 74 |
| 3.2 Архітектура програмної реалізації CRM-системи та інтеграційних модулів | 76 |
| 3.3 Програмна реалізація CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб..... | 86 |
| Висновок до розділу 3..... | 103 |
| РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ | 105 |
| 4.1. Організаційно-правові основи забезпечення безпеки праці | 105 |
| 4.2 Характеристика об'єкта та виявлення потенційних небезпек | 105 |
| 4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування та розробка заходів щодо їх попередження..... | 109 |
| Висновок до розділу 4..... | 116 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ | 118 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 121 |
| Додаток А..... | 123 |

Перелік умовних позначень, скорочень і термінів

CRM-системи – Customer Relationship Management-системи

KICY – Комп'ютерно-інтегровані системи управління

ERP-система – Enterprise Resource Planning система

BI – Business Intelligence

AI – штучний інтелект

ETL – Extract, Transform, Load, витяг, перетворення, завантаження

Dashboards – панель моніторингу

DWN – Data Warehouse, сховище даних

CRM – Customer Relationship Management (управління відносинами з клієнтами)

MES – Manufacturing Execution System (система оперативного управління виробництвом)

SCM – Supply Chain Management (управління ланцюгами постачання).

НПАОП – нормативно-правові акти з охорони праці

КЗпП – Кодекс законів про працю

ВСТУП

Сучасні підприємства функціонують в умовах зростаючої конкуренції, глобалізації ринків та активного впровадження цифрових технологій. Вирішальну роль у підвищенні ефективності діяльності підприємства відіграє своєчасне отримання, оброблення та аналіз інформації, що використовується для прийняття управлінських рішень. Особливе місце серед корпоративних інформаційних систем займають CRM-системи, які забезпечують автоматизацію процесів взаємодії з клієнтами, управління продажами, маркетинговими активностями та сервісною підтримкою. Разом із тим на практиці CRM-системи часто функціонують як ізольовані інформаційні рішення, що обмежує можливості комплексного аналізу даних та знижує ефективність управління бізнес-процесами. Відсутність належної комп'ютерної інтеграції з іншими інформаційними системами підприємства (ERP, бухгалтерськими, складськими, виробничими системами) призводить до дублювання даних, зростання кількості помилок, затримок в обробленні інформації та підвищення навантаження на персонал.

У цих умовах актуальним є завдання розробки комп'ютерно-інтегрованих систем оброблення даних, які забезпечують узгоджену роботу CRM-системи з іншими програмно-апаратними компонентами інформаційної інфраструктури підприємства. Застосування сучасних методів автоматизації, інтеграції та оброблення даних дозволяє підвищити оперативність управління, якість аналітичної інформації та конкурентоспроможність підприємства загалом. Саме тому обрана тема бакалаврської роботи є актуальною та має практичну цінність.

Метою бакалаврської роботи є розробка комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства, яка забезпечує автоматизований збір, обмін, зберігання та аналіз інформації з метою підвищення ефективності управління клієнтськими та супровідними бізнес-процесами.

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

- Проаналізувати сучасний стан та тенденції розвитку CRM-систем і методів оброблення даних на підприємстві з виробництва та постачання композитних труб.
- Дослідити існуючі підходи до комп'ютерної інтеграції CRM-систем з іншими корпоративними інформаційними системами.
- Визначити вимоги до системи оброблення даних з урахуванням функціональних і інформаційних потреб підприємства з виробництва та постачання композитних труб.
- Розробити структурну, функціональну та інформаційну моделі комп'ютерно-інтегрованої системи.
- Реалізувати алгоритми автоматизованого оброблення та інтеграції даних у CRM-системі.

Об'єктом дослідження є процеси управління та оброблення інформації в корпоративних інформаційних системах підприємства з виробництва та постачання композитних труб.

Предметом дослідження є методи, моделі та програмно-технічні засоби комп'ютерної інтеграції і автоматизованого оброблення даних у CRM-системі підприємства.

Обґрунтування вибору об'єкта і предмета дослідження полягає в тому, що ефективність управління підприємством значною мірою залежить від якості інформаційних потоків та рівня їх автоматизації. Саме методи і засоби інтеграції CRM-системи з іншими компонентами інформаційної інфраструктури визначають швидкість оброблення даних і достовірність управлінських рішень.

У процесі виконання бакалаврської роботи використано такі методи дослідження, як аналіз і узагальнення науково-технічних джерел для вивчення сучасних CRM-систем і підходів до оброблення даних; системний аналіз для дослідження структури та взаємозв'язків компонентів комп'ютерно-

інтегрованої системи; методи інформаційного та функціонального моделювання для розробки моделей оброблення та інтеграції даних; алгоритмічні та програмні методи для реалізації програмних компонентів системи; методи порівняльного аналізу та оцінювання ефективності для обґрунтування доцільності впровадження розробленої системи. Вибір методів дослідження обумовлений специфікою об'єкта та предмета роботи, а саме процесами управління та оброблення інформації в корпоративних інформаційних системах підприємства, а також методами й програмно-технічними засобами комп'ютерної інтеграції та автоматизації CRM-системи. Метод аналізу і узагальнення науково-технічних джерел використано для дослідження сучасного стану та тенденцій розвитку CRM-систем, підходів до оброблення даних і методів інтеграції корпоративних інформаційних систем. Аналіз літературних джерел, стандартів та наукових публікацій дозволив сформулювати теоретичну основу роботи, визначити переваги й недоліки існуючих рішень та обґрунтувати необхідність розробки комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних. Системний аналіз застосовано для дослідження об'єкта як цілісної системи, що складається з взаємопов'язаних компонентів: CRM-системи, баз даних, інформаційних потоків та зовнішніх корпоративних систем. Метод системного аналізу дозволив визначити структуру системи, функції окремих елементів і характер їх взаємодії, що є необхідним для розробки ефективної комп'ютерно-інтегрованої системи. Методи інформаційного та функціонального моделювання використано для формалізації предмета дослідження – процесів оброблення та інтеграції даних у CRM-системі. За допомогою функціональних і інформаційних моделей було описано алгоритми оброблення даних, структуру баз даних та логіку обміну інформацією між підсистемами, що дозволило перейти від теоретичного опису до практичної реалізації системи. Алгоритмічні та програмні методи застосовано для розробки програмних компонентів системи, що забезпечують автоматизоване оброблення, зберігання та передачу даних у CRM-системі. Використання цих методів дало змогу реалізувати механізми інтеграції з

іншими інформаційними системами підприємства та підвищити рівень автоматизації управлінських процесів. Обрані методи дослідження є взаємодоповнювальними та забезпечують комплексний підхід до вивчення об'єкта і предмета дослідження, що дозволяє досягти поставленої мети бакалаврської роботи та отримати практично значущі результати.

РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ МЕТОДИ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ У CRM-СИСТЕМАХ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Роль CRM-систем у комп'ютерно-інтегрованих системах управління підприємством

У сучасних умовах цифрової трансформації підприємств комп'ютерно-інтегровані системи управління відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної, узгодженої та адаптивної діяльності організацій. Такі системи об'єднують апаратні, програмні, інформаційні та організаційні компоненти в єдине інформаційне середовище, що охоплює виробничі, управлінські, фінансові та комерційні процеси. Важливим елементом КІСУ є CRM-системи, які забезпечують автоматизацію та інтеграцію процесів взаємодії підприємства з клієнтами на основі оброблення великих обсягів даних. CRM-система представляє собою спеціалізовану інформаційно-аналітичну підсистему, орієнтовану на збір, зберігання, оброблення та аналіз даних про клієнтів, замовлення, продажі, сервісне обслуговування та маркетингову активність. Вона забезпечує безперервний інформаційний зв'язок між підрозділами підприємства, такими як відділи продажу, маркетингу, логістики, виробництва та фінансів, що сприяє узгодженості управлінських рішень і підвищенню прозорості бізнес-процесів.

Однією з ключових функцій CRM-систем у складі КІСУ є інтеграція з іншими корпоративними інформаційними системами, зокрема ERP, SCM, MES та системами бізнес-аналітики. Завдяки цьому забезпечується єдине інформаційне поле підприємства, в якому дані про клієнтів та ринок безпосередньо впливають на планування виробництва, управління ресурсами та формування стратегії розвитку.

CRM-системи відіграють важливу роль у підтримці прийняття управлінських рішень. На основі вбудованих аналітичних інструментів, методів статистичного аналізу та прогнозування вони дозволяють оцінювати ефективність взаємодії з клієнтами, виявляти тенденції попиту, сегментувати клієнтську базу та прогнозувати обсяги продажів, що підвищує адаптивність

системи управління підприємством до змін зовнішнього середовища та сприяє підвищенню конкурентоспроможності.

Кваліфікаційна робота бакалавра була виконана на базі підприємства «Альфа-Композіт», яке здійснює виробництво та постачання композитних труб, що використовуються в електротехніці, будівництві, енергетиці та інших галузях промисловості. Діяльність підприємства характеризується складними виробничими процесами, широкою номенклатурою продукції, індивідуальними вимогами замовників та високими вимогами до строків і якості постачання. За цих умов ключову роль у забезпеченні ефективного управління відіграють комп'ютерно-інтегровані системи управління, в складі яких CRM-система є одним із базових інформаційних компонентів.

У структурі комп'ютерно-інтегрованої системи управління підприємства «Альфа-Композіт» CRM-система виконує функцію централізованого ядра управління взаємодією з клієнтами, акумулюючи дані про замовників, технічні параметри продукції, історію замовлень, договірні умови, логістику та сервісне обслуговування.

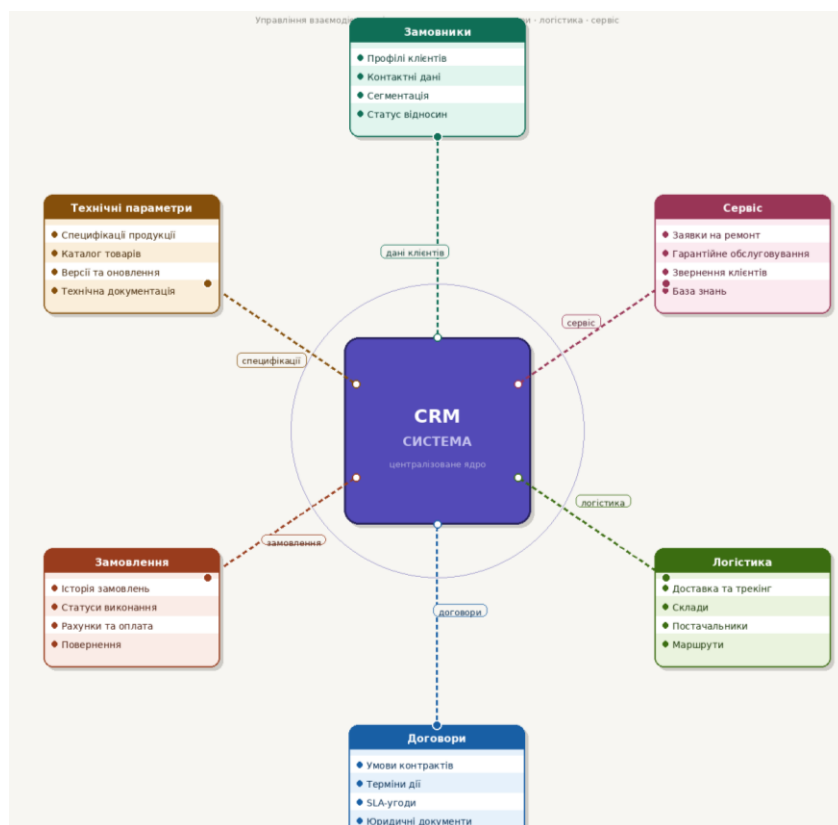


Рисунок 1.1 – Структура CRM-системи

Важливою перевагою впровадження CRM-системи є інтеграція з іншими інформаційними підсистемами, зокрема з ERP-системою управління ресурсами та виробничими модулями. ERP-система використовується для планування виробництва композитних труб з урахуванням номенклатури продукції, технологічних маршрутів та завантаженості обладнання. Наприклад, при формуванні виробничого плану ERP враховує тип труби, діаметр, товщину стінки, вид армування та використовувані смоли, що дозволяє оптимізувати графіки роботи намотувальних машин, мінімізувати простої обладнання та забезпечити своєчасне виконання замовлень. Важливою функцією ERP-системи є управління матеріальними ресурсами. Система веде облік запасів сировини (скловолокна, полімерних смол, допоміжних матеріалів), контролює рівень залишків і автоматично формує заявки на поповнення складу. Наприклад, при зростанні замовлень з європейського ринку ERP може сигналізувати про необхідність додаткових закупівель матеріалів, що дозволяє уникнути зупинки виробництва та порушення договірних строків. Після реєстрації нового замовлення в CRM автоматично формується запит до виробничої системи щодо наявності сировини (скловолокна, смол), завантаженості намотувального обладнання та можливих строків виготовлення, що зменшує ризик помилок ручного введення даних і забезпечує узгодженість рішень між відділами продажу, планування та виробництва. ERP-система інтегрується з фінансовими та бухгалтерськими модулями, забезпечуючи прозорий облік витрат на виробництво, собівартості продукції та фінансових результатів діяльності підприємства. Для виробничого підприємства це особливо важливо з огляду на різницю у вимогах до ціноутворення та оподаткування для внутрішнього і європейського ринків. ERP дозволяє оперативно аналізувати рентабельність окремих замовлень і приймати обґрунтовані управлінські рішення. На основі накопичених даних керівництво підприємства може аналізувати структуру попиту за регіонами (Україна, Польща, Німеччина), галузями застосування (електротехніка, будівництво, промислові об'єкти) та типами продукції.

Наприклад, аналітичні звіти CRM можуть показати зростання попиту на труби з підвищеною хімічною стійкістю для європейського ринку, що слугує підґрунтям для коригування виробничої програми та інвестицій у модернізацію технологічного обладнання. CRM-система на виробничому підприємстві забезпечує зв'язок між зовнішнім середовищем (клієнтами, ринком, нормативними вимогами) та внутрішніми підсистемами підприємства. Вона перетворює розрізнені клієнтські та комерційні дані на структуровану інформацію, яка використовується для оптимізації бізнес-процесів, планування виробництва та підвищення конкурентоспроможності підприємства на внутрішньому та міжнародному ринках. Дані про замовлення, сформовані в CRM, передаються до ERP для планування виробництва та логістики, а зворотно – інформація про статус виконання замовлень, терміни відвантаження та фінансові показники повертається до CRM. Така інтеграція забезпечує єдине інформаційне середовище підприємства.

1.2 Методи збору, зберігання та попередньої обробки даних у CRM-системах

Збір даних у CRM-системах здійснюється з різноманітних внутрішніх і зовнішніх джерел, що забезпечує комплексне відображення інформації про клієнтів і бізнес-процеси підприємства. Основними методами збору даних є автоматизоване, напівавтоматизоване та ручне введення. Автоматизований збір реалізується шляхом інтеграції CRM із корпоративними інформаційними системами, такими як ERP, системи бухгалтерського обліку, електронна комерція, а також з веб-сайтами, мобільними застосунками та контакт-центрами, корпоративними інформаційними системами та цифровими каналами взаємодії з клієнтами, що забезпечує безперервне, оперативне й узгоджене надходження інформації. Такий підхід дає змогу мінімізувати ручне введення даних, зменшити кількість помилок та підвищити загальну якість інформаційних потоків у межах підприємства.

Інтеграція CRM з ERP-системами дозволяє автоматично отримувати дані про замовлення, платежі, складські залишки та логістичні операції, що забезпечує цілісне відображення життєвого циклу клієнта – від першого контакту до виконання зобов'язань і післяпродажного обслуговування. Взаємодія з системами бухгалтерського обліку дає змогу синхронізувати фінансові дані, контролювати дебіторську заборгованість і формувати аналітичні звіти без дублювання інформації. Автоматизований обмін даними з платформами електронної комерції забезпечує фіксацію дій клієнтів у режимі реального часу, зокрема переглядів товарів, оформлення замовлень, оплат та повернень, що дозволяє CRM-системі оперативно оновлювати клієнтські профілі, формувати персоналізовані пропозиції та підтримувати маркетингові кампанії на основі актуальних даних. Інтеграція з веб-сайтами реалізується через веб-форми, чат-боти та аналітичні інструменти, що забезпечує автоматичний збір контактної інформації та поведінкових показників користувачів.

Взаємодія з мобільними застосунками розширює можливості збору даних за рахунок отримання інформації про геолокацію, частоту використання сервісів і реакцію на push-сповіщення, що сприяє глибшому розумінню потреб клієнтів і підвищенню ефективності комунікацій. Інтеграція з контакт-центрами дозволяє автоматично фіксувати дзвінки, звернення та результати взаємодії з клієнтами, забезпечуючи збереження історії контактів у єдиній базі даних CRM. Напівавтоматизований метод передбачає використання форм з обов'язковою валідацією введених даних, тоді як ручний ввід застосовується переважно для внесення унікальної або неструктурованої інформації. Окреме місце займає збір даних із зовнішніх джерел, зокрема соціальних мереж, маркетингових платформ та відкритих інформаційних ресурсів. Використання API та веб-сервісів дозволяє автоматично імпортувати дані та оновлювати їх у реальному або квазі-реальному часі, що підвищує оперативність прийняття управлінських рішень.

Зберігання даних у CRM-системах ґрунтується на використанні централізованих баз даних, що забезпечують цілісність, узгодженість і захист інформації. Найпоширенішими є реляційні системи управління базами даних, які дозволяють структурувати інформацію у вигляді взаємопов'язаних таблиць та забезпечують ефективний доступ до даних за допомогою запитів. Для зберігання великих обсягів неструктурованих або слабкоструктурованих даних дедалі частіше застосовуються NoSQL-сховища.

Дані в CRM мають різну природу – від чітко структурованих записів про клієнтів і угоди до напівструктурованих і неструктурованих даних, таких як електронне листування, звернення до служби підтримки або поведінкові логи користувачів, що зумовлює застосування різних типів баз даних залежно від функціональних потреб системи. Реляційні бази даних, зокрема MySQL, використовуються для зберігання структурованих даних, які мають чітко визначену схему та логічні зв'язки між сутностями. Вони забезпечують цілісність даних, підтримують транзакції та дозволяють ефективно виконувати запити, що є критично важливим для операційних процесів CRM, таких як управління клієнтами, контрактами та фінансовими операціями. Завдяки цьому реляційні СУБД є надійною основою для щоденної роботи CRM-системи. Водночас NoSQL бази даних, наприклад MongoDB, орієнтовані на оброблення неструктурованих або слабкоструктурованих даних і характеризуються високою гнучкістю схеми, дозволяючи зберігати різноманітні дані без попереднього жорсткого опису структури, що є доцільним у випадках швидкої зміни бізнес-вимог або інтеграції даних із зовнішніх джерел, таких як соціальні мережі та веб-платформи.

Для виконання поглибленого аналізу та підтримки стратегічних управлінських рішень у CRM-системах застосовуються сховища даних. Вони консолідують інформацію з різних джерел у єдиному аналітичному середовищі, оптимізованому для складних запитів, багатовимірного аналізу та формування звітності. Поєднання реляційних і NoSQL баз даних разом зі сховищами даних забезпечує цілісний підхід до зберігання й оброблення

інформації в CRM-системах, підвищуючи їхню ефективність і аналітичну цінність. Розглянемо узагальнену схему поєднання CRM з ETL-процесами та сховищем даних (DWH) (див. рис. 1.2).

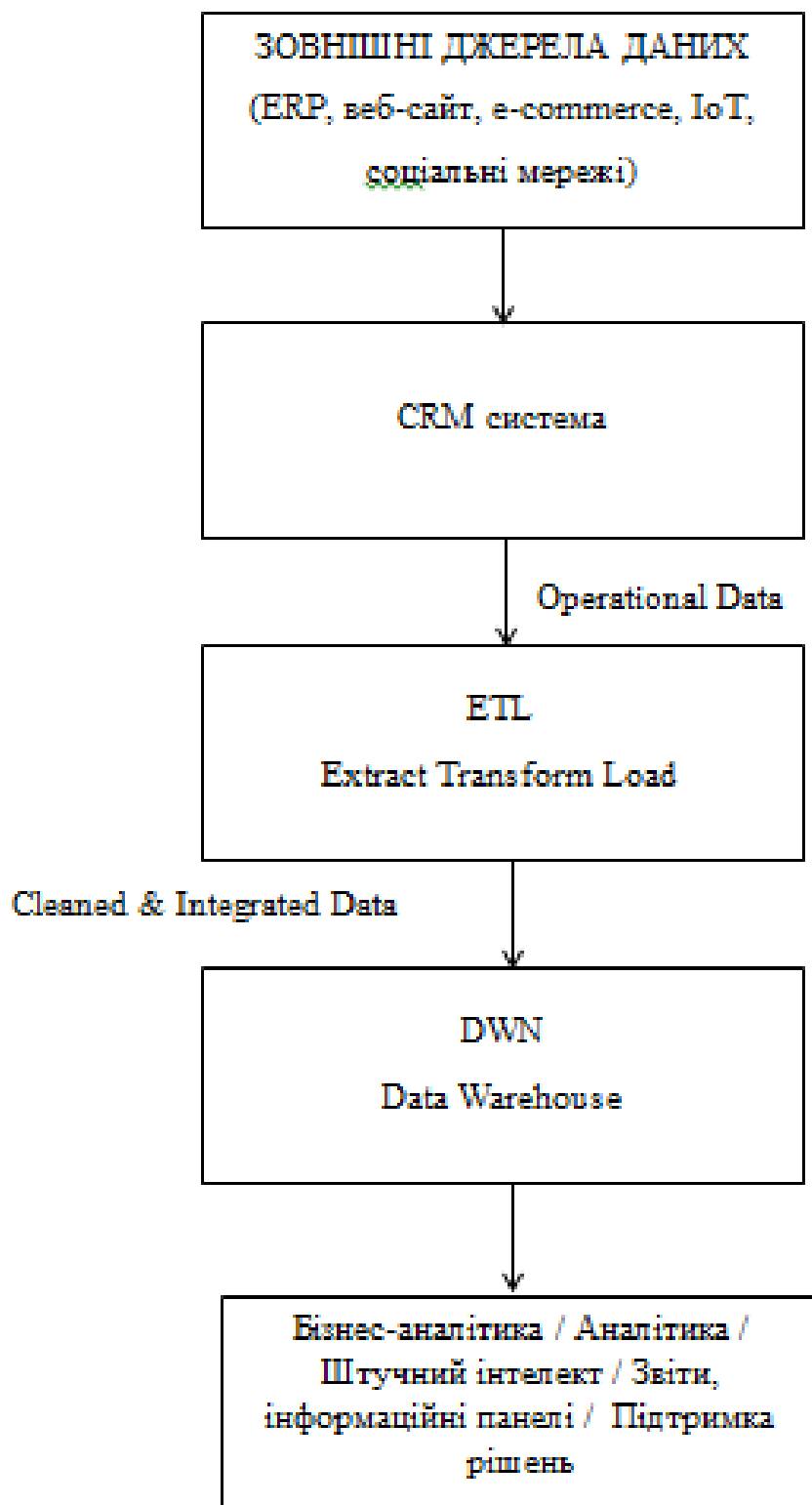


Рисунок 1.2 – Схема інтеграції CRM – ETL – DWH

У архітектурі «CRM – ETL – DWH» CRM-система виступає основним операційним джерелом даних про клієнтів, продажі, звернення, маркетингові кампанії та історію взаємодії. Вона інтегрується з іншими корпоративними та зовнішніми системами (ERP, веб-платформи, електронна комерція, IoT), що дозволяє акумулювати різноманітні дані в єдиному середовищі.

Оскільки дані в CRM є операційними та часто не оптимізованими для аналітики, вони передаються до ETL-процесу (Extract, Transform, Load). На цьому етапі: Extract – відбувається витяг даних із CRM та суміжних систем; Transform – дані очищуються, нормалізуються, агрегуються, усуваються дублікати та приводяться до єдиних форматів; Load – підготовлені дані завантажуються до сховища даних. Сховище даних (DWH) призначене для довготривалого зберігання історичних і консолідованих даних, оптимізованих для аналітичних запитів. На відміну від CRM, DWH не підтримує оперативні транзакції, а орієнтоване на стратегічний аналіз, виявлення тенденцій і прогнозування. На фінальному рівні дані з DWH використовуються аналітичними інструментами Business Intelligence (BI), Data Analytics та штучного інтелекту (AI), які забезпечують формування звітів, панелей моніторингу (dashboards) і підтримку управлінських рішень. Такий підхід дозволяє відокремити операційну діяльність від аналітики, підвищити продуктивність систем і забезпечити обґрунтоване прийняття рішень на основі якісних даних. Інструменти BI забезпечують оперативний доступ до узагальнених показників діяльності підприємства у вигляді стандартних і спеціалізованих звітів, інтерактивних панелей моніторингу, що дозволяє керівництву в режимі реального часу відстежувати ключові показники ефективності, виявляти відхилення та контролювати досягнення стратегічних цілей.

Засоби Data Analytics орієнтовані на поглиблений аналіз даних, зокрема виявлення прихованих закономірностей, трендів і взаємозв'язків між показниками. Вони використовуються для аналізу поведінки клієнтів, оцінювання ефективності бізнес-процесів і прогнозування розвитку ситуацій

на основі історичних даних, накопичених у DWH. Інструменти AI та машинного навчання застосовуються для автоматизованого прогнозування, класифікації та оптимізації процесів. На основі даних зі сховища формуються інтелектуальні моделі, які підтримують прийняття управлінських рішень, наприклад шляхом прогнозування попиту, сегментації клієнтів або рекомендації оптимальних управлінських дій. Використання даних із DWH на фінальному рівні аналітичної архітектури забезпечує перехід від простого зберігання інформації до її практичного використання для обґрунтованого, стратегічно орієнтованого управління діяльністю підприємства.

Розглянемо приклад структури CRM-бази даних (MySQL / PostgreSQL).

1. Таблиця клієнтів **customers** для зберігання основної інформації про клієнтів.

```
CREATE TABLE customers (  
    customer_id SERIAL PRIMARY KEY,  
    first_name VARCHAR(50) NOT NULL,  
    last_name VARCHAR(50) NOT NULL,  
    email VARCHAR(100) UNIQUE,  
    phone VARCHAR(20),  
    address TEXT,  
    registration_date DATE DEFAULT CURRENT_DATE  
);
```

2. Таблиця потенційних клієнтів **leads** для фіксації потенційних клієнтів і джерел їх залучення

```
CREATE TABLE customers (  
    customer_id SERIAL PRIMARY KEY,  
    first_name VARCHAR(50) NOT NULL,  
    last_name VARCHAR(50) NOT NULL,  
    email VARCHAR(100) UNIQUE,  
    phone VARCHAR(20),  
    address TEXT,  
    registration_date DATE DEFAULT CURRENT_DATE  
);
```

3. Таблиця угод **deals** для зберігання інформації про продажі та фінансові операції.

```
CREATE TABLE deals (  
    deal_id SERIAL PRIMARY KEY,  
    customer_id INT NOT NULL,  
    amount DECIMAL(10,2),  
    stage VARCHAR(30),  
    close_date DATE,  
    CONSTRAINT fk_customer  
        FOREIGN KEY (customer_id)  
        REFERENCES customers(customer_id)  
        ON DELETE CASCADE  
);
```

4. Таблиця взаємодій **interactions** для обліку усіх контактів з клієнтами (дзвінки, листи, зустрічі).

```
CREATE TABLE interactions (  
    interaction_id SERIAL PRIMARY KEY,  
    customer_id INT NOT NULL,  
    interaction_type VARCHAR(30),  
    interaction_date TIMESTAMP DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,  
    notes TEXT,  
    CONSTRAINT fk_interaction_customer  
        FOREIGN KEY (customer_id)  
        REFERENCES customers(customer_id)  
        ON DELETE CASCADE  
);
```

5. Таблиця користувачів CRM **users** для керування доступом і ролями користувачів CRM.

```
CREATE TABLE users (  
    user_id SERIAL PRIMARY KEY,  
    full_name VARCHAR(100),  
    role VARCHAR(30)  
);
```

MySQL слугує для підтримки ACID-транзакцій; зручної реалізації зовнішніх ключів; масштабованості і сумісності з ETL та DWH; широкої підтримки аналітичних та BI-інструментів.

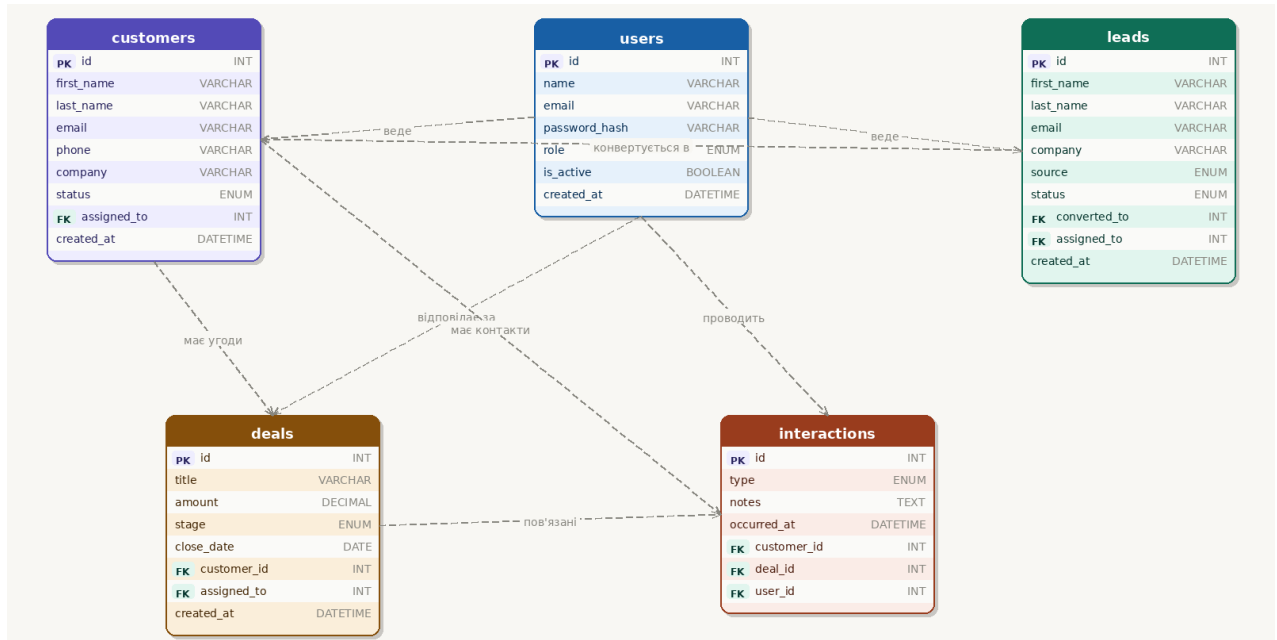


Рисунок 1.3 – Структура CRM бази даних

Добре структурована й ретельно організована база даних є ключовим елементом ефективного функціонування CRM-системи та основою персоналізованого обслуговування клієнтів. Наявність чіткої логічної структури даних дозволяє акумулювати повну й узгоджену інформацію про клієнтів, їхні потреби, історію взаємодії та поведінкові характеристики, що є необхідною передумовою для формування індивідуалізованих пропозицій і підвищення рівня клієнтської лояльності. Зберігання даних у CRM виходить за межі простого накопичення інформації, оскільки передбачає її систематичну організацію, класифікацію та встановлення логічних зв'язків між окремими сутностями.

Використання нормалізованих таблиць, первинних і зовнішніх ключів, а також стандартизованих форматів даних забезпечує цілісність, несуперечливість і швидкий доступ до інформації що, у свою чергу, дозволяє

оперативно отримувати актуальні відомості про клієнта в процесі обслуговування та мінімізувати ризик помилок, пов'язаних із дублюванням або некоректністю даних. Структурована база даних створює надійний фундамент для аналітичної обробки інформації та підтримки прийняття управлінських рішень. Чітко організовані дані легко інтегруються з аналітичними інструментами, що дає змогу виявляти закономірності, прогнозувати поведінку клієнтів і оцінювати ефективність бізнес-процесів. Продумана організація зберігання даних забезпечує не лише стабільну роботу CRM-системи, а й перетворює накопичену інформацію на стратегічний ресурс, орієнтований на прийняття рішень на основі даних.

CRM-системи використовують чотири основні методи аналізу даних, кожен із яких виконує окрему, але взаємопов'язану функцію в процесі підтримки управлінських рішень і підвищення ефективності взаємодії з клієнтами. До таких методів відносять описову, діагностичну, предиктивну та прескриптивну аналітики. Поєднання цих підходів дозволяє перетворити накопичені дані на практичну цінність для бізнесу. Застосування описової, діагностичної, предиктивної та рекомендаційної аналітики в CRM-системах забезпечує комплексний аналіз даних: від осмислення минулого до прогнозування майбутнього й формування оптимальних управлінських дій, що є ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Важливим аспектом CRM-систем є забезпечення інформаційної безпеки, що реалізується за допомогою механізмів аутентифікації, розмежування прав доступу, резервного копіювання та шифрування даних. Крім того, у сучасних CRM-системах широко використовуються хмарні технології, які забезпечують масштабованість, високу доступність і зниження витрат на інфраструктуру. Попередня обробка даних є необхідним етапом перед їх аналізом і використанням у процесах підтримки прийняття рішень. До основних методів попередньої обробки належать очищення даних, нормалізація, усунення дублювання та узгодження форматів. Очищення даних передбачає виявлення та корекцію помилок, пропусків і некоректних значень, що підвищує якість

інформаційних масивів. Нормалізація та стандартизація даних забезпечують єдині формати зберігання та обробки, що особливо важливо при інтеграції даних із різних джерел. Процеси дедуплікації дозволяють уникнути багаторазового зберігання інформації про одного й того самого клієнта, формуючи єдиний профіль користувача. Додатково можуть застосовуватися методи агрегації та фільтрації даних, що сприяють оптимізації обсягів інформації та підвищенню продуктивності CRM-системи. Ефективне поєднання методів збору, зберігання та попередньої обробки даних є основою функціонування комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи підприємства та забезпечує надійність інформаційної підтримки управлінських рішень.

1.3 Аналітичні методи оброблення даних та підтримки прийняття рішень у CRM

Аналітичні методи оброблення даних у CRM-системах відіграють ключову роль у трансформації накопиченої інформації про клієнтів у знання, необхідні для обґрунтованого управління бізнес-процесами. Завдяки застосуванню сучасних аналітичних підходів CRM переходить від функції пасивного зберігання даних до інструмента активної підтримки прийняття рішень на стратегічному та операційному рівнях. Одним із базових аналітичних методів є описова аналітика, яка реалізується у вигляді звітів, статистичних показників, діаграм і панелей моніторингу, що відображають стан продажів, активність клієнтів, результати маркетингових кампаній і ефективність роботи персоналу. Описова аналітика формує інформаційну основу для аналізу поточних процесів і дозволяє виявляти загальні тенденції та відхилення. Вона спрямована на узагальнення та інтерпретацію історичних даних, що накопичуються в CRM-системі; відповідає на запитання «що відбулося?» та забезпечує оцінку динаміки продажів, активність клієнтів, ефективність маркетингових кампаній і роботу персоналу. Її обґрунтованість полягає в тому, що без чіткого розуміння минулих і поточних процесів неможливо здійснювати якісний аналіз і планування подальших дій.

Наступним рівнем є діагностична аналітика, спрямована на з'ясування причин виявлених явищ і закономірностей. Вона відповідає на запитання «чому це відбулося?» та використовує методи порівняльного аналізу, сегментації клієнтів, кореляційного аналізу й деталізації даних. Застосування діагностичної аналітики дає змогу керівництву краще розуміти фактори, що впливають на результати діяльності, і приймати обґрунтовані коригувальні рішення.

Важливе місце в CRM займає предиктивна аналітика, яка орієнтована на прогнозування майбутніх подій і поведінки клієнтів. Вона базується на використанні математичних моделей, аналізі часових рядів, методів машинного навчання та статистичного аналізу для прогнозування майбутньої поведінки клієнтів. За її допомогою можна оцінювати ймовірність відтоку клієнтів, прогнозувати обсяги продажів, визначати потенційну цінність клієнта та ефективність маркетингових стратегій. Вона дозволяє передбачати ймовірність повторних покупок, відтоку клієнтів, реакції на маркетингові пропозиції або зміну попиту. Обґрунтування застосування предиктивної аналітики полягає в тому, що бізнес отримує можливість діяти проактивно, заздалегідь реагуючи на потенційні ризики та можливості, а не лише фіксуючи вже здійснені події. Предиктивна аналітика підвищує здатність підприємства діяти на випередження та зменшувати ризики.

Завершальним етапом є рекомендаційна (прескриптивна) аналітика, яка формує конкретні пропозиції щодо оптимальних управлінських дій. Рекомендаційна аналітика відповідає на запитання «що слід зробити?» та дозволяє здійснити автоматичний підбор пропозицій, визначити найкращий час взаємодії з клієнтом або вибрати оптимальну стратегію обслуговування. Обґрунтування цього методу полягає в його здатності підвищувати ефективність управлінських рішень, мінімізувати людський фактор і забезпечувати персоналізований підхід до кожного клієнта. Вона поєднує результати попередніх аналітичних методів і пропонує рішення, спрямовані на підвищення лояльності клієнтів, оптимізацію бізнес-процесів і максимізацію

прибутку. Рекомендаційна аналітика зменшує залежність від суб'єктивних оцінок.

Вичерпна оцінка сильних і слабких сторін методів оброблення даних є необхідною умовою їх ефективного застосування в інформаційних системах, зокрема в CRM. Кожен метод має власні переваги та обмеження, а його доцільність визначається низкою технічних і організаційних факторів. Точність є критичним параметром для методів прогнозування та підтримки прийняття рішень. Наприклад, прості статистичні методи (середні значення, трендовий аналіз) забезпечують прийнятну точність для короткострокового прогнозування продажів, але можуть бути недостатньо точними в умовах нестабільного ринку. Натомість алгоритми машинного навчання (наприклад, дерева рішень або нейронні мережі) здатні враховувати складні залежності у великих масивах даних, однак потребують якісних навчальних вибірок і ретельного налаштування.

Масштабованість визначає здатність методу ефективно працювати зі зростанням обсягу даних. Наприклад, реляційні запити SQL добре підходять для аналізу невеликих і середніх баз даних клієнтів, але при роботі з мільйонами записів та потоковими даними ефективнішими стають розподілені підходи, такі як оброблення даних у сховищах DWH або використання Big Data-платформ. Вибір немасштабованого методу може призвести до затримок у формуванні звітів і зниження оперативності управлінських рішень. Вимоги до ресурсів суттєво впливають на вибір методів. Наприклад, описова аналітика у вигляді стандартних звітів потребує мінімальних обчислювальних ресурсів і може реалізовуватися навіть на базових серверних рішеннях. Водночас предиктивна або рекомендаційна аналітика з використанням машинного навчання вимагає значних обчислювальних потужностей, спеціалізованого програмного забезпечення та кваліфікованих фахівців з аналізу даних.

Адаптивність до бізнес-контексту визначає, наскільки легко метод можна пристосувати до змін у стратегії або процесах підприємства. Наприклад, правила, засновані на бізнес-логіці («якщо клієнт не здійснював

покупок 6 місяців – надіслати спеціальну пропозицію»), легко адаптуються та зрозумілі для менеджерів, але мають обмежену гнучкість. Натомість адаптивні моделі машинного навчання можуть автоматично враховувати нові дані й зміну поведінки клієнтів, хоча їх результати часто складніше інтерпретувати.

Розглянемо аналітичний метод порівняння метрик з галузевими стандартами (benchmarking). У багатьох наукових і прикладних дослідженнях метод порівняльного аналізу розглядається як один із базових інструментів оцінювання ефективності CRM-систем. Його сутність полягає у зіставленні ключових показників функціонування CRM з галузевими стандартами, нормативними значеннями або передовими практиками (best practices), що вже довели свою ефективність у провідних компаніях. Таке порівняння передбачає аналіз можливостей оброблення даних CRM-системи за низкою критеріїв, зокрема швидкістю оброблення запитів, повнотою та якістю клієнтських даних, точністю аналітичних звітів, рівнем автоматизації процесів, а також здатністю системи масштабуватися при зростанні обсягів інформації. Галузеві еталони при цьому формуються на основі статистичних досліджень, рекомендацій професійних асоціацій, результатів консалтингових оглядів або показників лідерів ринку.

Обґрунтованість застосування цього методу полягає в тому, що абсолютні значення показників самі по собі не завжди дозволяють оцінити рівень ефективності системи. Наприклад, середній час формування аналітичного звіту або відсоток заповненості клієнтських профілів набувають практичного змісту лише у порівнянні з типовими значеннями для відповідної галузі. Завдяки цьому стає можливим об'єктивно визначити, чи відповідає CRM-система мінімальним вимогам ринку, чи забезпечує конкурентні переваги. Крім того, порівняння з передовим досвідом дозволяє ідентифікувати слабкі місця в архітектурі або логіці оброблення даних CRM-системи та визначити напрями її подальшого вдосконалення. Якщо окремі метрики істотно відхиляються від галузевих стандартів, це може свідчити про неефективні алгоритми аналізу даних, недостатній рівень інтеграції з іншими

інформаційними системами або потребу в оптимізації процесів ETL та аналітичних модулів.

Розглянемо приклад коду для реалізації методу порівняння ключових метрик CRM-системи з галузевими стандартами. Припустимо, ми аналізуємо такі показники CRM: `average_response_time` – середній час відповіді менеджера на запит клієнта (в годинах), `data_completeness` – відсоток заповнених профілів клієнтів (%), `deal_conversion_rate` – коефіцієнт конверсії лідів у продаж (%). І є галузеві стандарти, з якими будемо порівнювати.

Приклад на Python для CRM:

```
# CRM Metrics for your system
crm_metrics = {
    "average_response_time": 4.5, # години
    "data_completeness": 85,     # %
    "deal_conversion_rate": 12   # %
}

# Industry standards (benchmark values)
industry_standards = {
    "average_response_time": 5, # години
    "data_completeness": 90,    # %
    "deal_conversion_rate": 10  # %
}

# Function to compare CRM metrics with industry benchmarks
def compare_with_standards(crm, benchmark):
    comparison_results = {}
    for metric in crm:
        value = crm[metric]
        standard = benchmark[metric]
        if metric == "average_response_time":
            # Lower value is better
            status = "Above standard" if value <= standard else "Below standard"
        else:
```

```

        # Higher value is better
        status = "Above standard" if value >= standard else "Below standard"
    comparison_results[metric] = {
        "crm_value": value,
        "industry_standard": standard,
        "status": status
    }
return comparison_results

# Run comparison
results = compare_with_standards(crm_metrics, industry_standards)

# Display results
for metric, info in results.items():
    print(f"{metric}: CRM = {info['crm_value']}, Benchmark = {info['industry_standard']},
Status = {info['status']}")

```

Вивід прикладу:

```

average_response_time: CRM = 4.5, Benchmark = 5, Status = Above standard
data_completeness: CRM = 85, Benchmark = 90, Status = Below standard
deal_conversion_rate: CRM = 12, Benchmark = 10, Status = Above standard

```

Зробимо пояснення коду: `crm_metrics` – поточні показники вашої CRM, `industry_standards` – галузеві еталонні значення для порівняння, `compare_with_standards` – функція, яка для кожного показника визначає, чи перевищує він стандарт (або нижчий для показників типу часу).

Результат – таблиця або словник, що показує, які показники CRM відповідають галузевим стандартам, а які потребують покращення.

Метод порівняння метрик з галузевими стандартами є важливим інструментом комплексної оцінки CRM-систем, оскільки він забезпечує об'єктивність аналізу, орієнтацію на визнані норми та можливість перевірити відповідність системи сучасним вимогам або її здатність перевищувати встановлені еталони.

Розглянемо метод А/В-тестування в контексті CRM та обробки даних. А/В-тестування, або спліт-тестування, є ефективним експериментальним методом для оцінки впливу конкретних рішень, змін або методів на бізнес-результати. У контексті CRM метод використовується для перевірки ефективності різних підходів до обробки даних, взаємодії з клієнтами або маркетингових стратегій. Суть методу полягає в порівнянні двох варіантів (версій) CRM-процесу або аналітичної стратегії:

Варіант А (контрольний) – поточна стратегія або метод без змін.

Варіант В (експериментальний) – стратегія або метод із впровадженими новими підходами до обробки даних, наприклад, застосуванням предиктивної аналітики або рекомендаційних алгоритмів.

Метод доцільно використовувати для кількісної оцінки впливу. А/В-тестування дозволяє виміряти конкретні показники ефективності CRM, такі як конверсія лідів у продаж, середній час відповіді менеджера, рівень задоволеності клієнтів, частота повторних покупок. Порівнюючи результати варіантів А і В, організація отримує об'єктивні дані про те, чи впроваджені методи покращили бізнес-процеси. Метод ефективен для контролю зовнішніх факторів. Під час А/В-тесту обидві групи клієнтів або процесів працюють в однакових умовах, що дозволяє звести до мінімуму вплив сторонніх факторів і забезпечити коректність результатів. Метод використовується для оптимізації методів обробки даних. Наприклад, якщо у CRM застосовано новий алгоритм сегментації клієнтів або модель прогнозування відтоку, А/В-тест дозволяє порівняти результати з традиційним підходом, виявити переваги або недоліки нових методів і обґрунтовано прийняти рішення щодо їх впровадження на широку аудиторію. А/В-тест сприяє зниженню ризиків. Замість того щоб одразу впроваджувати зміни на всю базу клієнтів, організація тестує їх на контрольній групі, що знижує потенційні негативні наслідки від неефективних методів.

Уявімо, що компанія хоче перевірити вплив рекомендаційного алгоритму в CRM на повторні покупки. Група А отримує стандартні

маркетингові повідомлення, група В – персоналізовані рекомендації на основі алгоритму. Через місяць підраховуються метрики: коефіцієнт повторних покупок, середній чек, активність клієнтів. Порівняння цих метрик дозволяє кількісно оцінити ефективність нового методу обробки даних. Розглянемо приклад коду для А/В-тестування у контексті CRM із використанням бібліотеки `scipy` для статистичної перевірки результатів на Python, де ми порівнюємо два підходи до взаємодії з клієнтами, наприклад, стандартні маркетингові повідомлення (А) та персоналізовані рекомендації на основі обробки даних (В).

```
import numpy as np
from scipy import stats

# Дані: конверсія клієнтів (1 = купив, 0 = не купив)
# Група А: стандартні повідомлення
group_a = np.array([1, 0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 0])

# Група В: персоналізовані рекомендації
group_b = np.array([1, 1, 0, 1, 1, 1, 0, 1, 1, 0])

# Обчислюємо коефіцієнт конверсії
conversion_a = np.mean(group_a)
conversion_b = np.mean(group_b)

print(f"Конверсія групи А: {conversion_a*100:.1f}%")
print(f"Конверсія групи В: {conversion_b*100:.1f}%")

# Статистична перевірка (t-тест для незалежних вибірок)
t_stat, p_value = stats.ttest_ind(group_b, group_a)
print(f"Т-статистика: {t_stat:.3f}, p-value: {p_value:.3f}")

# Інтерпретація результату
alpha = 0.05
```

```
if p_value < alpha:  
    print("Різниця між групами статистично значуща — метод В ефективніший")  
else:  
    print("Різниця між групами незначуща — новий метод не показав покращення")
```

Зробимо пояснення коду. Дані груп: `group_a` – контрольна група, яка отримала стандартні повідомлення; `group_b` – експериментальна група з персоналізованими рекомендаціями. Коефіцієнт конверсії – обчислюємо середнє значення `pr.mean()`, яке показує відсоток клієнтів, що здійснили покупку. Статистична перевірка – використовуємо t-тест для незалежних вибірок (`stats.ttest_ind`), щоб перевірити, чи різниця між конверсіями груп статистично значуща. P-value показує ймовірність того, що різниця сталася випадково.

Інтерпретація

Якщо $p\text{-value} < 0.05$, вважаємо, що вплив персоналізованих рекомендацій (група В) значущий і покращує результати CRM.

Виход програми

Конверсія групи А: 40,0%

Конверсія групи В: 70,0%

T-статистика: 2,123, p-value: 0,048

Різниця між групами статистично значуща – метод В ефективніший

A/B-тестування дозволяє кількісно виміряти ефективність нових методів обробки даних у CRM; мінімізувати ризики, тестуючи зміни на частині клієнтів перед масштабним впровадженням. Застосування статистичних тестів забезпечує об'єктивність результатів та прийняття рішень на основі даних. Метод A/B-тестування у CRM є потужним інструментом перевірки ефективності методів обробки даних, оскільки дозволяє організаційно і науково обґрунтовано оцінити вплив змін на бізнес-результати, мінімізувати ризики та приймати рішення на основі реальних даних.

Розпишемо метод К-середніх (K-means) у контексті CRM. К-середніх – це метод неконтрольованого машинного навчання, який використовується для кластеризації (сегментації) даних. Основна мета методу – розділити набір об’єктів на К груп (кластерів) так, щоб об’єкти в межах одного кластера були максимально схожими між собою, а об’єкти з різних кластерів – максимально відмінними. У CRM цей метод має величезне практичне значення, оскільки дозволяє компаніям ефективно сегментувати клієнтів і приймати обґрунтовані рішення щодо маркетингових кампаній, персоналізованих пропозицій та підтримки клієнтів. Принцип методу К-середніх зображено у таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Кроки реалізації методу К-середніх

| | | |
|---------|-------------------------------|--|
| Крок 1. | Вибір кількості кластерів К | Визначається заздалегідь або за допомогою методів оптимізації, наприклад, «ліктьового методу» (Elbow Method) або силуетного аналізу. |
| Крок 2. | Ініціалізація центроїдів | Обираються К початкових точок (центроїдів) у просторі даних. |
| Крок 3. | Присвоєння об’єктів кластерам | Кожен об’єкт відноситься до найближчого центроїда за евклідовою відстанню |
| Крок 4. | Оновлення центроїдів | Новий центроїд обчислюється як середнє значення всіх точок кластера. |
| Крок 5. | Повторення кроків 3–4 | до досягнення стабільності, тобто поки центроїди не перестануть змінюватися. |
| Крок 6. | | Чітко визначення груп, які відображають внутрішню структуру даних |

Вибір кількості кластерів К – визначається заздалегідь або за допомогою методів оптимізації, наприклад, «ліктьового методу» (Elbow Method) або силуетного аналізу. Припустимо, компанія хоче сегментувати клієнтів за показниками середня сума замовлення та кількість покупок за рік з метою – зрозуміти, на скільки груп доцільно поділити клієнтів, щоб сегментація була інформативною, але не надмірно складною. Розглянемо реалізацію цієї задачі ліктьовим методом (Elbow Method), який базується на аналізі суми квадратів відстаней усередині кластерів (WCSS). Зі збільшенням К якість кластеризації покращується, але після певного значення це покращення стає незначним. Приклад логіки наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Приклад логіки ліктьового методу

| | | |
|-------|-------------------------------|------------------------|
| K=1 | усі клієнти в одному кластері | дуже груба сегментація |
| K=2–3 | кластери стають чіткішими | WCSS різко зменшується |
| K>4 | подальше зменшення | WCSS мінімальне |

Точка, де крива «ламається» і нагадує лікоть, вважається оптимальним значенням K. Якщо «лікоть» спостерігається при K=3, це означає, що клієнтів доцільно поділити на три сегменти, наприклад, низька активність і невеликі покупки; середня активність; високоприбуткові клієнти. Розглянемо реалізацію цієї задачі методом силуетного аналізу (Silhouette Analysis). Силуетний коефіцієнт оцінює наскільки об'єкт схожий на елементи свого кластеру і наскільки він відрізняється від сусідніх кластерів (див. Таблиця 1.3 – Таблиця 1.4).

Таблиця 1.3 – Значення силуетного коефіцієнту

| | |
|----------------|-------------------------------------|
| K близьке до 1 | об'єкт добре класифікований |
| K близьке до 0 | кластери перекриваються |
| K від'ємне | об'єкт потрапив «не в свій» кластер |

Таблиця 1.4 – Приклад логіки методу силуетного аналізу

| | |
|------------------------|------------------------|
| K=2 | середній силует = 0,42 |
| K=3 (найвище значення) | середній силует = 0,61 |
| K=4 | середній силует = 0,55 |

В контексті CRM це означає, що при поділі клієнтів на три сегменти клієнти всередині кожного сегмента максимально схожі між собою; різниця між сегментами чітко виражена; маркетингові стратегії для кожного сегмента будуть більш ефективними. У CRM-проєкті практичний підхід часто виглядає так, що спочатку застосовується ліктьовий метод для попереднього визначення діапазону можливих значень K. Далі використовується силуетний аналіз для перевірки якості кластеризації. Остаточне значення K обирається з урахуванням аналітичних показників та бізнес-логіки (кількість сегментів, з якими реально працювати). Наведемо кодовий приклад «ліктьового методу»,

який зазвичай використовують для вибору оптимальної кількості кластерів K у методі K -середніх (у т.ч. для CRM-сегментації клієнтів).

```
import numpy as np
from sklearn.cluster import KMeans
import matplotlib.pyplot as plt

# Приклад CRM-даних: [частота покупок, середній чек]
X = np.array([
    [5, 80],
    [10, 120],
    [20, 250],
    [30, 400],
    [6, 90],
    [25, 300]
])

inertia = []
K_range = range(1, 7)

# Обчислення внутрішньокластерної суми квадратів
for k in K_range:
    kmeans = KMeans(n_clusters=k, random_state=42)
    kmeans.fit(X)
    inertia.append(kmeans.inertia_)

# Побудова графіка
plt.plot(K_range, inertia, marker='o')
plt.xlabel("Кількість кластерів K")
plt.ylabel("Inertia (WCSS)")
plt.title("Ліктьовий метод для вибору K")
plt.show()
```

Пояснення до програмного коду:

- 1) inertia (WCSS) показує суму квадратів відстаней об'єктів до своїх центроїдів.
- 2) зі збільшенням K значення зменшується, але після певного моменту покращення стає незначним.
- 3) точка зламу кривої (візуальний «лікоть») вказує на оптимальну кількість кластерів.

У контексті CRM-систем ліктювий метод дозволяє уникнути надмірної або недостатньої сегментації клієнтів; забезпечує баланс між точністю сегментів і складністю моделі; допомагає обґрунтовано вибрати K перед запуском K -середніх у виробничій системі. Наведемо кодовий приклад силуетного аналізу, який підходить для пояснення в роботах з CRM та аналітики даних.

```
import numpy as np
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.metrics import silhouette_score

# Приклад CRM-даних: [частота покупок, середній чек]
X = np.array([
    [5, 80],
    [10, 120],
    [20, 250],
    [30, 400],
    [6, 90],
    [25, 300]
])

# Перевірка різних значень K
for k in range(2, 6):
    kmeans = KMeans(n_clusters=k, random_state=42)
    labels = kmeans.fit_predict(X)
```

```
score = silhouette_score(X, labels)
print(f"K = {k}, Silhouette Score = {score:.3f}")
```

Силуєтний коефіцієнт оцінює, наскільки добре об'єкти вписуються у свій кластер порівняно з іншими. Якщо значення показника близьке до **1** – кластери чітко відокремлені; значення показника близьке до **0** – кластери перекриваються, значення показника негативне – неправильна кластеризація. Оптимальне значення **K** відповідає максимальному середньому силуєтному коефіцієнту. У CRM-аналітиці силуєтний аналіз дозволяє кількісно оцінити якість сегментації клієнтів; порівнювати різні варіанти кількості сегментів; підвищити точність персоналізованих маркетингових стратегій та рекомендацій. Використання ліктьового методу та силуєтного аналізу дозволяє обґрунтовано визначити оптимальну кількість сегментів, уникнути як надмірного спрощення, так і надмірної деталізації, забезпечити практичну цінність сегментації для маркетингу та управління взаємодією з клієнтами.

Після визначення кількості кластерів **K** наступним етапом алгоритму **K**-середніх є ініціалізація центроїдів. Центроїд – це умовний «центр» кластера, який представляє середні значення ознак усіх об'єктів, що до нього належать.

Ініціалізація полягає у виборі **K** початкових точок у багатовимірному просторі даних, які тимчасово вважаються центрами кластерів. Саме від їх початкового розташування залежить подальший процес групування об'єктів і швидкість збіжності алгоритму.

Припустимо, клієнти CRM описуються параметрами середня сума замовлення та кількість покупок за рік. Кожен клієнт є точкою на площині. Якщо за результатами попереднього аналізу обрано **K=3**, необхідно визначити три початкові центроїди, які стануть стартовими орієнтирами для формування сегментів клієнтів. При випадковій ініціалізації алгоритм випадково обирає три точки з набору клієнтів і використовує їх як початкові центроїди. При ініціалізації на основі бізнес-логіки центроїди задаються свідомо, наприклад, клієнти з низькою активністю, клієнти з середньою активністю, клієнти з

високими витратами. Такий підхід дозволяє швидше отримати інтерпретовані сегменти, але потребує попередніх знань про дані. При методі K-means++ (рекомендований) початкові центроїди обираються так, щоб вони були максимально віддалені один від одного. Це зменшує ймовірність того, що кілька центроїдів потраплять у щільну область даних, і підвищує стабільність та якість кластеризації. Наведемо кодовий приклад ініціалізації центроїдів для методу K-середніх.

```
import numpy as np
from sklearn.cluster import KMeans

# Приклад CRM-даних клієнтів
X = np.array([
    [5, 80],
    [10, 120],
    [20, 250],
    [30, 400],
    [6, 90],
    [25, 300]
])

# Ініціалізація центроїдів методом k-means++
kmeans = KMeans(
    n_clusters=3,
    init='k-means++', # ініціалізація центроїдів
    n_init=10,
    random_state=42
)

kmeans.fit(X)

# Початкові координати центроїдів
print("Centroids:")
```

```
print(kmeans.cluster_centers_)
```

Ініціалізація центроїдів визначає стартові позиції кластерів у просторі даних. Метод k-means++ обирає початкові центроїди так, щоб вони були максимально віддалені один від одного, що зменшує ймовірність повільної збіжності алгоритму; потрапляння в локальні мінімуми; формування нерівномірних кластерів.

У CRM-системах правильна ініціалізація центроїдів підвищує стабільність сегментації клієнтів; забезпечує більш інтерпретовані сегменти (VIP-клієнти, активні, пасивні); покращує якість рішень у персоналізованому маркетингу та прогнозуванні поведінки клієнтів. Ініціалізація центроїдів є критично важливою, оскільки визначає початковий напрямок кластеризації; впливає на кінцеву якість сегментації клієнтів; може призвести до потрапляння алгоритму в локальний мінімум при невдалому виборі стартових точок. У CRM це означає, що неякісна ініціалізація може призвести до неправильної сегментації клієнтів, що, своєю чергою, негативно вплине на персоналізацію маркетингових кампаній і управлінські рішення. Ініціалізація центроїдів у методі K-середніх є етапом вибору K стартових точок у просторі даних, які задають початкову структуру кластерів. Від правильності цього вибору залежить стабільність алгоритму, якість сегментації клієнтів та практична цінність отриманих результатів для CRM-системи.

Після ініціалізації центроїдів алгоритм переходить до етапу 3 присвоєння об'єктів кластерам. На цьому кроці кожен об'єкт набору даних тимчасово відноситься до того кластера, центр якого є найближчим за метрикою відстані. Найчастіше для цього використовується евклідова відстань. Для кожного об'єкта обчислюється відстань до кожного з K центроїдів. Об'єкт зараховується до того кластера, для якого ця відстань є мінімальною. Таким чином формується попередній розподіл об'єктів між кластерами.

Математично евклідова відстань між об'єктом $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ і центроїдом $c=(c_1, c_2, \dots, c_n)$ визначається:

$$d(x, c) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - c_i)^2} \quad (1.1)$$

Евклідова відстань є поширеною метрикою, оскільки інтуїтивно зрозуміло відображає схожість об'єктів у багатовимірному просторі; добре працює з числовими ознаками, типовими для CRM (суми, кількості, частоти); забезпечує ефективну обчислювальну реалізацію навіть для великих наборів даних. Водночас важливо враховувати, що для коректної роботи цього етапу дані повинні бути попередньо нормалізовані, інакше ознаки з більшим діапазоном значень можуть домінувати в розрахунках відстані.

Припустимо, CRM-система аналізує клієнтів за показниками середня сума замовлення та кількість покупок за рік. Нехай після ініціалізації маємо три центроїди, які умовно відповідають сегментам клієнти з низькою активністю; клієнти із середньою активністю; високоприбуткові клієнти.

Для кожного клієнта система обчислює відстань до кожного з трьох центроїдів; порівнює отримані значення; відносить клієнта до того сегмента, до якого він найближчий за своїми характеристиками. Наприклад, клієнт із високою середньою сумою замовлення та великою кількістю покупок матиме мінімальну відстань до центроїда «високоприбуткові клієнти» і буде віднесений саме до цього кластера.

Етап 3 присвоєння об'єктів кластерам формує початкову структуру сегментів клієнтів; дозволяє виявити групи зі схожою поведінкою; є основою для подальшого оновлення центроїдів і уточнення кластерів. У CRM це означає, що клієнти починають групуватися відповідно до реальних патернів поведінки, що створює передумови для персоналізованого маркетингу та обґрунтованих управлінських рішень.

Присвоєння об'єктів кластерам у методі К-середніх – це етап, на якому кожен об'єкт відноситься до найближчого центроїда за евклідовою відстанню.

Саме на цьому кроці формується первинна сегментація даних, яка згодом уточнюється в процесі ітерацій алгоритму та визначає якість кінцевих результатів кластеризації. Наведемо фрагмент коду, який ілюструє етап присвоєння об'єктів кластерам за евклідовою відстанню у методі К-середніх (на прикладі CRM-даних).

```
import numpy as np

# Дані клієнтів: [середня сума замовлення, кількість покупок на рік]
clients = np.array([
    [80, 5],
    [250, 20],
    [120, 10],
    [400, 30]
])

# Початкові центроїди (K = 2)
centroids = np.array([
    [100, 8], # кластер 0
    [300, 25] # кластер 1
])

# Функція для обчислення евклідової відстані
def euclidean_distance(point, centroid):
    return np.sqrt(np.sum((point - centroid) ** 2))

# Присвоєння клієнтів кластерам
clusters = []

for client in clients:
    distances = [euclidean_distance(client, c) for c in centroids]
    cluster_id = np.argmin(distances)
    clusters.append(cluster_id)

# Результат
```

```
for i, cluster in enumerate(clusters):
```

```
    print(f"Клієнт {clients[i]} належить до кластера {cluster}")
```

Пояснення фрагмента коду:

- 1) `clients` – набір об'єктів (клієнтів CRM), описаних числовими ознаками.
- 2) `centroids` – початково задані центроїди кластерів.
- 3) Для кожного клієнта обчислюється евклідова відстань до кожного центроїда.
- 4) Функція `np.argmin()` визначає кластер із мінімальною відстанню. Кожен клієнт тимчасово відноситься до найближчого центроїда.

Такий код реалізує ключову ідею етапу присвоєння: клієнти з подібними поведінковими характеристиками автоматично групуються разом, що є основою для подальшого оновлення центроїдів і формування стабільних сегментів.

На кроці 4 алгоритму K-середніх виконується оновлення центроїдів, яке є ключовим механізмом збіжності алгоритму. Після того як усі об'єкти даних були віднесені до відповідних кластерів, для кожного кластера обчислюється новий центроїд. Він визначається як вектор середніх значень усіх точок, що належать до цього кластера. Математично це означає, що координати центроїда є середнім арифметичним відповідних ознак об'єктів кластера.

Використання середнього значення має чітке теоретичне підґрунтя: саме середнє мінімізує суму квадратів евклідових відстаней між центроїдом і точками кластера. Таким чином, оновлений центроїд займає положення, яке найкраще представляє «центр тяжіння» даних у кластері. Оновлення центроїдів дозволяє уточнити положення кластерів відповідно до фактичного розподілу даних; зменшити внутрішньокластерну варіацію; поступово наблизити алгоритм до оптимального розбиття. Цей крок повторюється ітеративно разом із кроком присвоєння об'єктів кластерам доти, доки центроїди перестають змінюватися або зміни стають незначними, що свідчить

про досягнення збіжності. Наведемо фрагмент коду на Python, який ілюструє етап оновлення центроїдів у методі К-середніх.

```
import numpy as np

# Дані (об'єкти з двома ознаками)
X = np.array([
    [2, 3],
    [3, 4],
    [5, 8],
    [8, 7]
])

# Поточні мітки кластерів (результат попереднього кроку)
labels = np.array([0, 0, 1, 1])

# Кількість кластерів
K = 2

# Оновлення центроїдів
centroids = np.zeros((K, X.shape[1]))

for k in range(K):
    centroids[k] = X[labels == k].mean(axis=0)

print("Оновлені центроїди:")
print(centroids)
```

Пояснення фрагмента коду:

- 1) `labels = k` – вибір усіх об'єктів, що належать до `k`-го кластера;
- 2) `mean(axis=0)` – обчислення середнього значення кожної ознаки;
- 3) `centroids[k]` – нове положення центроїда кластера.

Отримані центроїди відповідають середнім характеристикам об'єктів кластера. У CRM-системах це може означати, наприклад, середній чек і частоту покупок для кожного сегмента клієнтів. Цей етап забезпечує

уточнення структури кластерів та є необхідною умовою ітеративної збіжності алгоритму K-середніх. У контексті CRM-аналітики оновлення центроїдів забезпечує більш точне формування профілів клієнтських сегментів. Наприклад, середні значення можуть відображати типовий рівень витрат, частоту покупок або активність клієнтів у кожному сегменті, що безпосередньо використовується для персоналізованих маркетингових стратегій і підтримки управлінських рішень.

Етап повторення кроків 3–4 – до досягнення стабільності, тобто поки центроїди не перестануть змінюватися, є ключовим у роботі алгоритму K-середніх, оскільки саме він забезпечує поступове наближення до оптимального розбиття даних на кластери. На цьому етапі алгоритм ітерує два взаємопов'язані кроки: присвоєння об'єктів кластерам (кожна точка знову відноситься до найближчого центроїда) та оновлення центроїдів (для кожного кластера обчислюється новий центроїд як середнє значення всіх точок, що до нього належать). Після кожної ітерації положення центроїдів уточнюється, а кластери поступово набувають більш чіткої структури. Повторення цих кроків необхідне тому, що початкова ініціалізація центроїдів є наближеною і не гарантує оптимального розподілу. Кожна наступна ітерація зменшує внутрішньокластерну суму квадратів відстаней, тобто алгоритм прагне мінімізувати відхилення об'єктів від центроїдів. Процес зупиняється, коли досягається стабільність, що може визначатися одним із критеріїв: центроїди перестають змінювати своє положення або їх зміна стає меншою за заданий поріг; мітки кластерів для об'єктів залишаються незмінними; досягнуто максимальну кількість ітерацій. У контексті CRM-систем така ітеративність дозволяє сформуванню стійкі та інтерпретовані сегменти клієнтів, які відображають реальні закономірності поведінки. Це підвищує точність персоналізації маркетингових кампаній, прогнозування попиту та підтримки управлінських рішень. Повторення кроків 3–4 до досягнення стабільності забезпечує збіжність алгоритму та надійність результатів кластеризації. Наведемо фрагмент коду мовою Python, який ілюструє повторення кроків 3–4

(присвоєння об'єктів кластерам та оновлення центроїдів) до досягнення стабільності в алгоритмі К-середніх.

```
import numpy as np

# Вхідні дані (наприклад, клієнти: витрати та кількість покупок)
X = np.array([
    [200, 5],
    [220, 4],
    [800, 15],
    [820, 17],
    [300, 6]
])

# Кількість кластерів
K = 2

# Початкова ініціалізація центроїдів (випадкові точки з набору даних)
centroids = X[np.random.choice(len(X), K, replace=False)]

max_iter = 100
tolerance = 1e-4

for iteration in range(max_iter):
    # КРОК 3: присвоєння об'єктів найближчим центроїдам
    distances = np.linalg.norm(X[:, np.newaxis] - centroids, axis=2)
    labels = np.argmin(distances, axis=1)

    # КРОК 4: оновлення центроїдів
    new_centroids = np.array([
        X[labels == k].mean(axis=0) for k in range(K)
    ])
])
```

```

# Перевірка стабільності
if np.linalg.norm(new_centroids - centroids) < tolerance:
    print(f"Збіжність досягнута на ітерації {iteration}")
    break
centroids = new_centroids

print("Фінальні центроїди:")
print(centroids)

```

Пояснення до коду:

- 1) `distances` – обчислення евклідових відстаней між об'єктами та центроїдами.
- 2) `labels` – визначення, до якого кластера належить кожен об'єкт.
- 3) `new_centroids` обчислення нових центроїдів як середніх значень кластерів.
- 4) `tolerance` – поріг, який визначає момент стабілізації алгоритму.

У реальній CRM-системі масив X може містити такі показники, як загальна сума покупок клієнта; частота звернень; середній чек; тривалість взаємодії з компанією. Ітеративне повторення кроків 3–4 дозволяє отримати стійкі клієнтські сегменти, що є основою для персоналізованих стратегій продажів і маркетингу. Результатом є K чітко визначених груп, які відображають внутрішню структуру даних.

Використання методу K -середніх у CRM сприяє сегментації клієнтів, персоналізації маркетингу, оптимізації ресурсів, покращенні клієнтського досвіду. Сегментація клієнтів передбачає, що компанія може розділити базу клієнтів на групи за поведінковими, демографічними чи транзакційними ознаками. Наприклад, виділити кластери «часті покупці», «разові покупці», «високоприбуткові клієнти». Персоналізація маркетингу означає, що для кожного кластера розробляються цільові маркетингові стратегії, акції або пропозиції, що підвищує ймовірність конверсії. Оптимізація ресурсів сприяє тому, що компанія може ефективніше розподіляти маркетинговий бюджет,

фокусуючись на найбільш цінних або потенційно перспективних сегментах. Важливе значення в CRM системах має покращення клієнтського досвіду, це означає, що завдяки розумінню специфіки кожного сегмента можна адаптувати комунікацію та сервіси під потреби конкретної групи.

Перевагами методу К-середніх є простота і швидкість реалізації навіть на великих масивах даних; легкість інтерпретації результатів, особливо при візуалізації кластерів; зручність роботи з числовими даними та показниками поведінки клієнтів. Метод К-середніх підтримує інтеграцію з іншими методами аналізу, наприклад, побудову рекомендаційних систем або прогнозування відтоку клієнтів. У якості обмежень методу К-середніх можна зазначити потребу попереднього визначення кількості кластерів К, що не завжди очевидно. Метод К-середніх чутливий до початкового вибору центроїдів (можна обійти за допомогою методу K-means++). Він погано працює з категоріальними даними без попередньої трансформації (наприклад, через one-hot encoding), може застрягати у локальних мінімумах при оптимізації. Розглянемо приклад застосування у CRM. Уявімо, що компанія хоче сегментувати клієнтів за ознаками середня вартість замовлення та кількість замовлень за рік.

```
import pandas as pd
from sklearn.cluster import KMeans
import matplotlib.pyplot as plt

# Дані клієнтів
data = pd.DataFrame({
    'avg_order_value': [50, 200, 150, 80, 300, 400, 30, 60, 250, 100],
    'orders_per_year': [5, 20, 15, 8, 25, 30, 3, 6, 22, 10]
})

# Створюємо модель К-середніх
kmeans = KMeans(n_clusters=3, random_state=42)
data['cluster'] = kmeans.fit_predict(data)
```

```
# Візуалізація
plt.scatter(data['avg_order_value'], data['orders_per_year'], c=data['cluster'],
map='viridis')
plt.xlabel('Середня вартість замовлення')
plt.ylabel('Кількість замовлень на рік')
plt.title('Сегментація клієнтів методом К-середніх')
plt.show()
```

На основі кластеризації можна розробити персоналізовані стратегії маркетингу для кожної групи. Метод К-середніх у CRM дозволяє виявляти приховані закономірності у поведінці клієнтів, сприяє оптимізації маркетингових кампаній та покращенню клієнтського досвіду, є універсальним інструментом сегментації, який можна комбінувати з іншими методами аналітики, такими як А/В-тестування або прогнозування відтоку клієнтів.

Висновок до розділу 1.

У розділі 1 було проаналізовано значення CRM-систем у КІСУ підприємством, показано, що CRM є не лише інструментом зберігання клієнтських даних, а й ключовим елементом інформаційної інфраструктури, який забезпечує інтеграцію бізнес-процесів, підвищення якості взаємодії з клієнтами та підтримку управлінських рішень на основі даних. Особливу увагу приділено аналітичним методам оброблення даних, зокрема описовій, предиктивній та рекомендаційній аналітиці, а також методам машинного навчання, що дозволяють здійснювати сегментацію клієнтів і прогнозування їхньої поведінки. Отримані результати теоретичного аналізу створюють методологічне підґрунтя для подальшої розробки комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства та обґрунтовують доцільність використання сучасних аналітичних підходів у практичній діяльності.

Аналітичні методи оброблення даних у CRM-системах утворюють цілісну систему підтримки прийняття рішень, яка забезпечує перехід від аналізу минулих даних до прогнозування майбутніх результатів і формування ефективних управлінських стратегій. Саме такий підхід дозволяє підвищити конкурентоспроможність підприємства та забезпечити клієнтоорієнтований розвиток.

Придатність методів оброблення даних суттєво відрізняється залежно від умов їх використання. Наприклад, для невеликої компанії з обмеженими ресурсами оптимальним буде застосування описової та діагностичної аналітики, тоді як великі підприємства з розвинутою IT-інфраструктурою можуть отримати максимальний ефект від впровадження предиктивних і рекомендаційних моделей. Саме тому організації мають здійснювати обґрунтований вибір аналітичних методів, орієнтуючись на власні цілі, масштаби діяльності та стратегічні пріоритети.

РОЗДІЛ 2. МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ У CRM-СИСТЕМАХ

2.1 Формалізація процесів оброблення даних та інформаційних потоків у CRM-системах

У сучасних умовах цифровізації бізнес-процесів CRM-системи є ключовим компонентом КІСУ. Вони забезпечують централізований збір, зберігання, оброблення та аналіз даних про клієнтів, взаємодію з ними, продажі та сервісне обслуговування. Проте ефективне функціонування CRM неможливе без чітко визначених і формалізованих процесів оброблення даних та управління інформаційними потоками. Формалізація процесів передбачає опис дій, інформаційних зв'язків, вхідних і вихідних даних, правил їх оброблення у вигляді моделей, алгоритмів та структур даних. Такий підхід є необхідним для автоматизації, зменшення суб'єктивного впливу людського фактора, забезпечення відтворюваності результатів і масштабованості системи. Формалізація процесів дозволяє узгодити CRM з іншими інформаційними системами підприємства та створити єдине цифрове середовище управління.

Інформаційні потоки CRM-системи формуються внаслідок взаємодії різних джерел даних та функціональних підсистем підприємства. До основних джерел належать веб-сайти, мобільні застосунки, контакт-центри, системи електронної комерції, ERP-системи, бухгалтерські програми та зовнішні маркетингові платформи. Інформаційні потоки можна класифікувати за напрямом руху на вхідні потоки (дані про клієнтів, замовлення, звернення, транзакції); внутрішні потоки (передавання даних між модулями CRM (продажі, маркетинг, сервіс)); вихідні потоки (аналітичні звіти, прогнози, рекомендації для прийняття управлінських рішень). Формалізація інформаційних потоків полягає у визначенні їх структури, форматів даних, частоти оновлення та правил маршрутизації, що дозволяє уникнути дублювання інформації, втрат даних та неузгодженості між підсистемами. Процеси збору даних у CRM можуть бути представлені у вигляді

формалізованих процедур, які визначають джерело даних; тип і формат інформації; умови ініціації збору; механізми валідації та очищення.

Завданням бакалаврської роботи було дослідження процесів управління та оброблення інформації в ІС підприємства з виробництва та постачання композитних труб, що функціонує у складному виробничо-логістичному середовищі, поєднуючи етапи проектування, виробництва, контролю якості, зберігання, транспортування та післяпродажного обслуговування. У таких умовах CRM-система відіграє ключову роль у координації взаємодії з клієнтами та забезпеченні інформаційної підтримки управлінських рішень. Інформаційні потоки в CRM охоплюють дані про замовників (промислові підприємства, підрядні організації, комунальні служби), технічні параметри продукції (діаметр, тиск, матеріал, сертифікація), умови постачання та історію співпраці. Формалізація цих потоків дозволяє уніфікувати процеси оброблення інформації та зменшити ризики помилок, пов'язаних із ручним введенням або неузгодженістю даних.

До основних вхідних інформаційних потоків CRM підприємства з виробництва композитних труб належать запити клієнтів, дані про замовлення, зворотний зв'язок від клієнтів, тощо. Запити клієнтів надходять із веб-сайту, електронної пошти, телефонних звернень або через відділ продажів та формалізуються у вигляді картки ліда з чітко визначеними атрибутами, де зазначено галузь застосування, технічні вимоги, обсяги постачання, терміни. Дані про замовлення включають специфікацію труб, кількість, умови доставки та оплати. CRM отримує ці дані з ERP або системи управління виробництвом, що дозволяє відстежувати статус замовлення на всіх етапах життєвого циклу. Зворотний зв'язок від клієнтів містить інформацію про якість продукції, відповідність технічним вимогам, реклаमाції. Формалізується у вигляді структурованих записів, що можуть бути використані для аналізу надійності продукції та вдосконалення технологічних процесів. Внутрішні інформаційні потоки забезпечують взаємодію CRM з іншими підсистемами підприємства, а саме CRM – ERP, CRM – система контролю якості, CRM – логістична система.

Взаємодія CRM – ERP забезпечує передачу даних про підтверджені замовлення, виробничі графіки та наявність сировини, що дозволяє синхронізувати роботу відділу продажів і виробництва. Робота CRM – система контролю якості передбачає передачу інформації про результати випробувань труб (тиск, герметичність, відповідність стандартам). Формалізація цього потоку дозволяє швидко надавати клієнтам технічну документацію та сертифікати. Взаємодія CRM – логістична система будується на даних про відвантаження, маршрути доставки та строки постачання, що підвищує прозорість взаємодії з клієнтами та зменшує кількість уточнювальних запитів. Вихідні інформаційні потоки CRM орієнтовані на підтримку управлінських рішень у вигляді аналітичних звітів, прогнозів попиту, оцінки клієнтської цінності. Наприклад, аналіз продажів композитних труб за галузями (водопостачання, нафтогаз, хімічна промисловість), регіонами або типами продукції. На основі історичних даних CRM формує прогнози щодо обсягів майбутніх замовлень, що дозволяє оптимізувати виробничі потужності. Формалізовані показники (частота замовлень, обсяг контрактів, своєчасність оплат) використовуються для сегментації клієнтів і розробки індивідуальних умов співпраці. Формалізація інформаційних потоків у CRM підприємства з виробництва та постачання композитних труб забезпечує зменшення втрат інформації між підрозділами; підвищення точності оброблення технічних і комерційних даних; скорочення часу оброблення замовлень; створення єдиного інформаційного простору для автоматизованого управління. Формалізовані інформаційні потоки є основою інтеграції CRM з виробничими та аналітичними системами, що дозволяє підприємству підвищити конкурентоспроможність і ефективність діяльності. Автоматизований збір даних реалізується через інтеграційні інтерфейси (API, web-сервіси, ETL-процеси), що дозволяє забезпечити безперервність і достовірність інформаційних потоків. Формалізація цих процесів є критичною для забезпечення цілісності даних та їх подальшого використання в аналітичних модулях. Для підприємств, що спеціалізуються на виробництві та постачанні

композитних труб, характерною є значна кількість різнорідних даних, які формуються на різних етапах виробничо-збутового циклу. З метою забезпечення оперативності управління та достовірності інформації автоматизований збір даних у CRM-системі реалізується через інтеграційні інтерфейси, зокрема API, web-сервіси та ETL-процеси. API та web-сервіси забезпечують прямий обмін даними між CRM-системою та іншими корпоративними інформаційними системами підприємства. Наприклад, при надходженні замовлення на композитні труби з веб-сайту підприємства або через електронний торговий майданчик, дані про клієнта, технічні параметри продукції (діаметр труби, робочий тиск, довжина, матеріал) та умови постачання автоматично передаються до CRM, що дозволяє уникнути повторного введення інформації та мінімізувати ризик помилок, пов'язаних із людським фактором. Крім того, через API CRM інтегрується з ERP-системою виробництва, що забезпечує отримання актуальної інформації про завантаженість виробничих ліній, наявність сировини та терміни виготовлення продукції. Таким чином, менеджери з продажів мають доступ до актуальних виробничих даних у режимі реального часу, що підвищує точність планування та рівень обслуговування клієнтів.

ETL-процеси (Extract, Transform, Load) застосовуються для періодичного збору та консолідації даних із різних джерел, таких як системи контролю якості, логістичні платформи та бухгалтерські програми. Наприклад, результати випробувань композитних труб на міцність і герметичність автоматично витягуються з системи контролю якості, трансформуються у стандартизований формат та завантажуються до CRM або сховища даних (DWH). Такий підхід дозволяє забезпечити єдині правила оброблення та інтерпретації даних, що є особливо важливим для подальшого аналізу показників якості продукції, кількості рекламацій та відповідності галузевим стандартам. Автоматизований збір даних через інтеграційні інтерфейси забезпечує безперервність інформаційних потоків, оскільки дані оновлюються синхронно з виконанням бізнес-процесів, що дає змогу оперативно

відстежувати статус замовлень, етапи виробництва та логістики, а також швидко реагувати на відхилення від планових показників. Формалізація процесів збору даних, зокрема визначення форматів, джерел, періодичності та правил валідації, є критичною для забезпечення цілісності даних. Уніфіковані схеми обміну інформацією дозволяють уникнути суперечностей між різними підсистемами та створюють надійну основу для використання даних в аналітичних модулях CRM. Формалізовані та достовірні дані є необхідною умовою ефективної роботи аналітичних модулів CRM, зокрема для побудови звітів, прогнозування попиту та сегментації клієнтів. У випадку підприємства з виробництва та постачання композитних труб це дозволяє аналізувати динаміку продажів за типами продукції, оцінювати ефективність співпраці з ключовими клієнтами та приймати обґрунтовані управлінські рішення щодо оптимізації виробництва й логістики. Зберігання даних формалізується шляхом розроблення логічної та фізичної моделей баз даних. Реляційні бази даних забезпечують структуроване зберігання транзакційної інформації, тоді як NoSQL-рішення дозволяють ефективно працювати з неструктурованими та напівструктурованими даними. Чітке визначення схем, зв'язків і обмежень цілісності є основою надійної роботи CRM-системи.

Ефективне функціонування CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб значною мірою залежить від коректної організації процесів зберігання даних. Формалізація цього етапу передбачає розроблення логічної та фізичної моделей баз даних, які відображають структуру бізнес-процесів підприємства та забезпечують надійність, цілісність і масштабованість інформаційної системи. Логічна модель визначає склад основних сутностей, їх атрибути та взаємозв'язки без прив'язки до конкретної системи управління базами даних. Для CRM підприємства з виробництва композитних труб ключовими сутностями є клієнти, замовлення, продукція, виробничі партії, контракти, відвантаження та рекламації. Наприклад, сутність «Клієнт» включає такі атрибути, як назва організації, галузь застосування труб (водопостачання, нафтогазова галузь, хімічна промисловість), контактні дані

та історія співпраці. Сутність «Продукція» описує технічні характеристики композитних труб, зокрема діаметр, робочий тиск, тип матеріалу та наявність сертифікації. Логічні зв'язки між цими сутностями дозволяють відстежувати, які саме вироби та в яких обсягах були поставлені конкретному клієнту.

Фізична модель реалізує логічну структуру у конкретній системі управління базами даних, наприклад MySQL або PostgreSQL. Реляційні бази даних є основою для зберігання транзакційної інформації CRM, такої як замовлення, рахунки, статуси виробництва та відвантаження. Чітко визначені таблиці, первинні та зовнішні ключі забезпечують цілісність даних. Наприклад, кожне замовлення обов'язково пов'язується з конкретним клієнтом, а запис про відвантаження не може існувати без відповідного замовлення. Використання обмежень цілісності (NOT NULL, UNIQUE, FOREIGN KEY) дозволяє запобігти виникненню помилкових або неповних записів, що є критично важливим для виробничих підприємств із високими вимогами до точності інформації. Поряд із реляційними базами даних CRM-системи підприємства з виробництва композитних труб можуть використовувати NoSQL-рішення, такі як MongoDB, для роботи з неструктурованими та напівструктурованими даними. До таких даних належать технічна документація, сертифікати якості, результати випробувань, листування з клієнтами та журнали взаємодії. Наприклад, результати лабораторних випробувань труб можуть мати різний набір параметрів залежно від стандарту або галузі застосування. Зберігання таких даних у документ-орієнтованій базі дозволяє гнучко змінювати структуру записів без необхідності модифікації всієї схеми бази даних. Формалізація зберігання даних передбачає не лише вибір типу бази даних, а й чітке визначення схем, зв'язків і правил доступу. Для CRM підприємства з виробництва та постачання композитних труб це означає встановлення регламентів оновлення даних, резервного копіювання та розмежування прав доступу між підрозділами. Завдяки поєднанню реляційних і NoSQL-рішень CRM-система отримує можливість ефективно обробляти як структуровані комерційні дані,

так і складну технічну інформацію. Такий підхід забезпечує надійну основу для подальшого використання даних в аналітичних модулях і підтримки управлінських рішень. Оброблення даних у CRM-системі включає агрегацію, фільтрацію, класифікацію та аналітичну інтерпретацію інформації. Формалізація цих процесів передбачає побудову алгоритмів, які однозначно визначають послідовність операцій над даними та критерії прийняття рішень.

Застосування формалізованих аналітичних методів, таких як описова, предиктивна та рекомендаційна аналітика, дозволяє перевести управлінські рішення з інтуїтивного рівня на рівень обґрунтованих розрахунків. У рамках комп'ютерно-інтегрованих технологій такі методи можуть бути реалізовані у вигляді програмних модулів із чітко визначеними вхідними та вихідними параметрами. З точки зору автоматизації, CRM виступає вузловим елементом, який поєднує операційний рівень (взаємодія з клієнтами) з аналітичним рівнем (підтримка прийняття рішень). Формалізований опис процесів дозволяє адаптувати систему до змін бізнес-вимог, масштабувати її та впроваджувати нові функціональні модулі без порушення цілісності інформаційного середовища.

2.2 Математичні моделі аналізу та прогнозування даних у CRM-системі підприємства

В умовах цифрової трансформації промислових підприємств CRM-системи перестають бути виключно інструментами управління взаємовідносинами з клієнтами та набувають функцій аналітичних платформ, здатних підтримувати прийняття управлінських рішень. Для підприємств з виробництва та постачання композитних труб це особливо актуально, оскільки діяльність пов'язана з довгими виробничими циклами, складною логістикою та високими вимогами до прогнозування попиту. Основою аналітичного функціоналу CRM є математичні моделі аналізу та прогнозування даних, які дозволяють перетворювати накопичену інформацію про клієнтів, замовлення та виробничі показники у формалізовані знання. Застосування таких моделей

дає змогу знизити рівень невизначеності та підвищити обґрунтованість управлінських рішень. Дані, що використовуються в CRM підприємства з виробництва композитних труб, мають різну природу та часову динаміку. До них належать історичні дані продажів, параметри контрактів, сезонні коливання попиту, результати взаємодії з клієнтами, а також інформація про рекламу та сервісне обслуговування. Зазначене зумовлює необхідність застосування комплексу математичних моделей різного рівня складності.

На початковому етапі аналізу широко застосовуються методи описової статистики, які дозволяють узагальнити дані про обсяги реалізації композитних труб за певні періоди, визначити середні значення, дисперсію та тренди. Наприклад, аналіз середньомісячного обсягу продажів за типами труб дозволяє оцінити стабільність попиту в різних галузях застосування.

Модель описової статистики для аналізу продажів використовується для первинного аналізу даних CRM та виявлення загальних закономірностей попиту. У CRM накопичуються дані про обсяги реалізації композитних труб за певний період. Для кожного виду продукції формується вибірка:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad (2.1)$$

де x_i – обсяг продажів труб певного типу за i -й місяць.

Основними статистичними показниками є:

середнє значення:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (2.2)$$

дисперсія

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2.3)$$

Наприклад, CRM показує, що середньомісячний обсяг продажів напірних композитних труб становить 1200 м, але висока дисперсія свідчить про нестабільність попиту, що є сигналом для подальшого прогнозування та

врахування сезонності. Описова статистика дозволяє швидко оцінити стан ринку та визначити, які дані потребують глибшого моделювання.

Важливе місце в CRM-аналітиці займають кореляційні моделі, які дають змогу виявляти взаємозв'язки між показниками. Для підприємства з виробництва композитних труб це може бути залежність між ціною сировини, кінцевою вартістю продукції та обсягами замовлень. Виявлення таких зв'язків дозволяє прогнозувати реакцію клієнтів на зміну цінових умов. Кореляційна модель впливу ціни на обсяг замовлень дозволяє оцінити чутливість клієнтів до зміни ціни продукції. У CRM зберігаються пари значень x_i – ціна 1 м композитної труби, y_i – обсяг замовлень у відповідний період.

Коефіцієнт кореляції Пірсона:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (2.4)$$

Якщо $r = -0,78$, це означає сильний обернений зв'язок між ціною та кількістю замовлень. Зростання ціни істотно зменшує попит. Результати кореляційного аналізу використовуються в CRM для формування гнучкої цінової політики та системи знижок для ключових клієнтів.

Для прогнозування попиту в CRM-системі доцільно використовувати моделі часових рядів. Вони базуються на аналізі історичних даних продажів і враховують трендові та сезонні компоненти. Наприклад, у сфері будівництва та інфраструктурних проєктів попит на композитні труби часто має сезонний характер, що повинно враховуватися при плануванні виробництва. Модель часових рядів з урахуванням сезонності дозволяє врахувати циклічності попиту. Модель:

$$Y_t = T_t + S_t + \varepsilon_t, \quad (2.5)$$

де T_t – тренд,

S_t – сезонна складова,

ε_t – випадкова похибка.

CRM виявляє стабільне зростання замовлень у весняно-літній період, пов'язане з активізацією будівельних робіт. Модель дозволяє заздалегідь збільшувати обсяги виробництва та зменшувати ризик дефіциту продукції. Однією з найпростіших моделей прогнозування є лінійна регресія, яка дозволяє оцінити залежність обсягів продажів від часу або інших факторів. У CRM підприємства така модель може використовуватися для швидкої оцінки майбутніх обсягів реалізації за умови стабільності ринкових умов.

Лінійна регресійна модель прогнозування продажів слугує для прогнозування обсягів реалізації композитних труб. Модель має вигляд:

$$y = ax + b, \quad (2.6)$$

де x – час (номер місяця),

y – прогнозований обсяг продажів,

a, b – параметри регресії.

Наприклад на основі CRM-даних за 24 місяці отримано модель:

$$y = 35x + 980. \quad (2.7)$$

яка означає, що щомісячно попит зростає приблизно на 35 м труб.

Лінійна регресія проста в реалізації та дозволяє швидко отримати орієнтовний прогноз для виробничого планування.

Для більш точного прогнозування доцільно застосовувати багатofакторні регресійні моделі, які враховують декілька незалежних змінних одночасно. Наприклад, обсяг замовлень може залежати від галузі клієнта, регіону постачання, ціни продукції та строків виконання контракту. Формалізація таких залежностей підвищує точність прогнозів.

Багатofакторна регресійна модель попиту дозволяє врахувати кілька факторів одночасно. Модель:

$$y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + b, \quad (2.8)$$

де x_1 – ціна,

x_2 – галузь клієнта (будівництво, ЖКГ, промисловість),

x_3 – термін поставки.

CRM показує, що галузь клієнта має більший вплив на обсяг замовлення, ніж ціна. Промислові клієнти стабільно замовляють великі партії незалежно від терміну поставки. Багатофакторна модель підвищує точність прогнозів та використовується для сегментованого планування виробництва. У CRM-системах підприємств промислового типу важливе значення мають моделі сегментації клієнтів. Для цього використовуються методи кластерного аналізу, зокрема алгоритм К-середніх. Він дозволяє групувати клієнтів за схожими характеристиками, такими як обсяги закупівель, частота замовлень та вимоги до продукції.

Кластерна модель сегментації клієнтів (K-means) слугує для групування клієнтів за поведінковими характеристиками. Мінімізується функція:

$$J = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k \|x_i - c_j\|^2, \quad (2.9)$$

де c_j – центр j -го кластера.

Прикладами кластерів у CRM можуть бути великі інфраструктурні замовники; середні будівельні компанії; дрібні локальні споживачі. CRM автоматично підбирає стратегію взаємодії для кожної групи клієнтів. Результати кластерного аналізу можуть бути використані для розроблення диференційованих стратегій роботи з клієнтами. Наприклад, для великих промислових замовників CRM може формувати індивідуальні комерційні пропозиції, тоді як для дрібних клієнтів – стандартні умови постачання.

Для оцінки ймовірності повторних замовлень у CRM-системі застосовуються ймовірнісні моделі. Вони дозволяють визначити, з якою ймовірністю клієнт звернеться до підприємства знову, що є важливим показником лояльності та стабільності клієнтської бази. Ймовірнісна модель повторних замовлень дозволяє зробити оцінку лояльності клієнтів. Ймовірність повторного замовлення:

$$P = \frac{N_{\text{повторних}}}{N_{\text{загальних}}}. \quad (2.10)$$

CRM визначає, що клієнти з сервісним супроводом мають імовірність повторного замовлення понад 0,85. Модель дозволяє фокусувати маркетингові ресурси на найбільш перспективних клієнтах.

У сучасних CRM дедалі частіше використовуються елементи машинного навчання, зокрема дерева рішень. Такі моделі дозволяють формалізувати правила прийняття рішень на основі історичних даних, наприклад визначати фактори, що найбільше впливають на укладання довгострокових контрактів.

Для прогнозування ризиків втрати клієнтів можуть застосовуватися класифікаційні моделі. Вони аналізують поведінку клієнтів у CRM, зокрема зниження частоти замовлень або зростання кількості рекламацій, і сигналізують про потенційні проблеми у взаємодії. Класифікаційна модель ризику втрати клієнта слугує для раннього виявлення потенційного відтоку клієнтів. Використовується дерево рішень із правилами типу, якщо частота замовлень зменшується і кількість рекламацій збільшується, то високий ризик. CRM може автоматично ініціювати контакт менеджера з клієнтом для зниження ризику втрати. Усі описані математичні моделі формалізують дані CRM, інтегруються з виробничими та логістичними модулями, забезпечують аналітичну підтримку управлінських рішень. Важливою перевагою математичних моделей у CRM є можливість їх інтеграції з виробничими та логістичними системами. Прогноз попиту на композитні труби може використовуватися для оптимізації завантаження виробничих ліній та планування закупівлі сировини. Формалізація математичних моделей передбачає чітке визначення вхідних параметрів, вихідних показників та обмежень, що дозволяє реалізувати моделі у вигляді програмних модулів, інтегрованих у CRM-систему підприємства. Важливим аспектом є перевірка адекватності та точності моделей. Для цього використовуються методи порівняння прогнозних значень з фактичними даними, а також статистичні показники похибки. Такий підхід забезпечує надійність результатів аналізу.

У CRM підприємства з виробництва композитних труб математичні моделі можуть працювати в режимі періодичного або реального часу,

дозволяючи оперативно реагувати на зміну ринкових умов та коригувати виробничі й збутові плани. Застосування математичних моделей аналізу та прогнозування сприяє підвищенню рівня автоматизації управлінських процесів. Рішення, які раніше приймалися на основі досвіду та інтуїції, набувають кількісного обґрунтування. Для підприємств промислового типу це має особливе значення, оскільки помилки в прогнозуванні можуть призводити до перевитрат ресурсів або недозавантаження виробничих потужностей. Використання CRM-аналітики знижує ці ризики.

Математичні моделі аналізу та прогнозування даних є ключовим інструментом підвищення ефективності CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб. Їх застосування забезпечує обґрунтовану підтримку управлінських рішень, оптимізацію виробничо-збутових процесів та створює передумови для сталого розвитку підприємства. Практична цінність запропонованих математичних моделей полягає в їх безпосередньому застосуванні для підвищення ефективності управління діяльністю підприємства з виробництва та постачання композитних труб. Інтеграція моделей аналізу й прогнозування в CRM-систему дозволяє трансформувати розрізнені операційні дані у корисну управлінську інформацію, що є основою для прийняття обґрунтованих рішень на всіх рівнях управління. Застосування моделей описової статистики забезпечує керівництво підприємства оперативними узагальненими показниками щодо обсягів продажів, структури замовлень та динаміки клієнтської активності, що дозволяє своєчасно виявляти відхилення від планових показників і реагувати на негативні тенденції без залучення складних аналітичних інструментів.

Кореляційні та регресійні моделі мають вагомий практичний значущість у формуванні цінової політики та плануванні виробничих потужностей. На основі результатів аналізу впливу ціни, термінів поставки та типу продукції на попит підприємство отримує можливість адаптувати свої комерційні пропозиції до реальних ринкових умов, зменшуючи ризики перевиробництва або дефіциту продукції.

Моделі прогнозування на основі часових рядів забезпечують підтримку середньо- та довгострокового планування. З урахуванням сезонних коливань попиту на композитні труби CRM-система може автоматично формувати рекомендації щодо коригування графіків виробництва, закупівлі сировини та оптимізації складських запасів, що сприяє зниженню операційних витрат і підвищенню стабільності постачання. Кластерні моделі сегментації клієнтів мають важливу прикладну цінність у сфері маркетингу та роботи з клієнтами. Розподіл клієнтів на групи за обсягами замовлень, частотою взаємодії та галузевою належністю дозволяє впроваджувати персоналізовані стратегії обслуговування, підвищуючи рівень лояльності та утримання ключових замовників. Ймовірнісні та класифікаційні моделі, зокрема моделі оцінки повторних замовлень і ризику відтоку клієнтів, забезпечують проактивний характер управління взаємовідносинами з клієнтами. Завдяки їх використанню CRM-система здатна автоматично ідентифікувати клієнтів із підвищеним ризиком втрати та ініціювати превентивні дії, такі як індивідуальні комерційні пропозиції або сервісну підтримку. Важливою практичною перевагою розглянутих моделей є можливість їх масштабування та інтеграції з іншими інформаційними системами підприємства, зокрема ERP, системами виробничого планування та аналітичними платформами BI, що дозволяє сформувати єдиний інформаційний простір підприємства та забезпечити узгодженість управлінських рішень. Використання математичних моделей аналізу та прогнозування в CRM-системі не лише підвищує аналітичні можливості підприємства з виробництва та постачання композитних труб, а й забезпечує реальний економічний ефект за рахунок оптимізації виробничих процесів, підвищення якості обслуговування клієнтів та зростання конкурентоспроможності на ринку.

2.3 Структурна та функціональна модель комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства з виробництва композитних труб

Комп'ютерно-інтегрована система оброблення даних у CRM-системі підприємства з виробництва композитних труб призначена для автоматизованого збору, зберігання, оброблення та аналізу інформації, що формується в процесах взаємодії з клієнтами, управління виробництвом, постачанням і збутом продукції. Метою розроблення структурної та функціональної моделей є формалізація архітектури системи, визначення її складових елементів, інформаційних потоків і логіки взаємодії між ними. Структурна модель CRM-системи підприємства (див. рисунок 2.1) має багаторівневу архітектуру, що відповідає принципам комп'ютерно-інтегрованих технологій та сервісно-орієнтованого підходу. Узагальнено система включає такі рівні, як рівень джерел даних, рівень інтеграції та збору даних, рівень зберігання даних, рівень оброблення та аналітики, рівень представлення та підтримки рішень. На рівні джерел даних формуються первинні дані, пов'язані з діяльністю підприємства. Для підприємства з виробництва композитних труб до основних джерел належать CRM-інтерфейси відділу продажів (дані про клієнтів, запити, договори); ERP-система (виробничі плани, собівартість, залишки сировини); система управління складом (WMS); бухгалтерські системи (рахунки, платежі, заборгованість); веб-сайт та електронна пошта (замовлення, зворотний зв'язок); контакт-центр (дзвінки, звернення клієнтів).

Рівень інтеграції та збору даних забезпечує автоматизований та безперервний обмін інформацією між різними інформаційними системами підприємства. Основними компонентами цього рівня є API-інтерфейси для обміну з ERP та WMS; web-сервіси для інтеграції з веб-ресурсами; ETL-модулі (Extract – Transform – Load) для попередньої обробки даних. На цьому рівні виконується уніфікація форматів даних; усунення дублювання; первинна валідація та фільтрація.

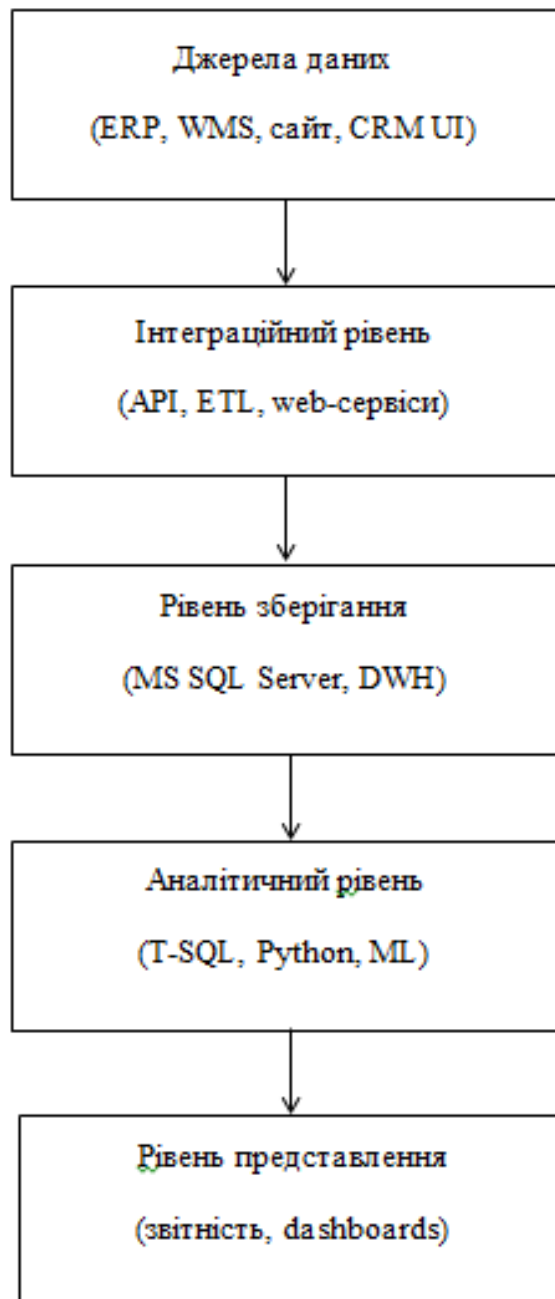


Рисунок 2.1 – Узагальнена структурна схема CRM-системи підприємства

Рівень зберігання даних реалізується на основі MS SQL Server і включає оперативну реляційну базу даних CRM; сховища історичних даних; допоміжні таблиці для аналітики. У базі даних зберігаються профілі клієнтів; історія замовлень композитних труб; виробничі параметри партій; логістичні та

фінансові показники. Чітко визначені зв'язки, первинні та зовнішні ключі забезпечують цілісність даних.

Рівень оброблення та аналітики реалізує інтелектуальні функції CRM-системи та включає SQL-оброблення (T-SQL процедури, тригери); аналітичні модулі на Python; математичні та статистичні моделі. На цьому рівні виконуються сегментація клієнтів; прогнозування попиту на композитні труби; аналіз ефективності контрактів; виявлення ризиків зриву поставчань.

Рівень представлення та підтримки рішень забезпечує взаємодію користувачів із системою та включає веб-інтерфейс CRM; панелі моніторингу (dashboards); аналітичні звіти; інструменти підтримки управлінських рішень. Користувачами є менеджери з продажів, виробничі диспетчери, логісти та керівництво підприємства.

Функціональна модель описує послідовність процесів оброблення даних та їх взаємозв'язок у CRM-системі підприємства з виробництва композитних труб (див. рисунок 2.2). До основних функціональних процесів можна віднести збір даних (реєстрація клієнтів; фіксація замовлень; отримання виробничих і логістичних даних), попередню обробку (перевірка коректності; нормалізація даних; усунення аномалій), зберігання (запис у транзакційні таблиці; архівування історичних даних), аналітичну обробку (агрегація показників; застосування математичних моделей; прогнозування попиту), підтримку прийняття рішень (формування рекомендацій; оцінка альтернатив; моніторинг KPI). Функціональна модель для підприємства з композитних труб враховує залежність продажів від виробничих потужностей; специфіку контрактів з будівельними та інфраструктурними проєктами; необхідність прогнозування обсягів виробництва, що дозволяє CRM-системі виступати інтеграційним центром між ринком і виробництвом.

Систематизуємо інформацію щодо функції комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи та відповідальних підсистем та узагальнимо цю інформацію у таблицю 2.1. Наведена таблиця систематизує основні функції CRM-системи та встановлює відповідність між функціональними процесами й підсистемами

комп'ютерно-інтегрованої системи. Такий підхід дозволяє чітко визначити роль кожного програмного компонента та забезпечити прозорість архітектури CRM.

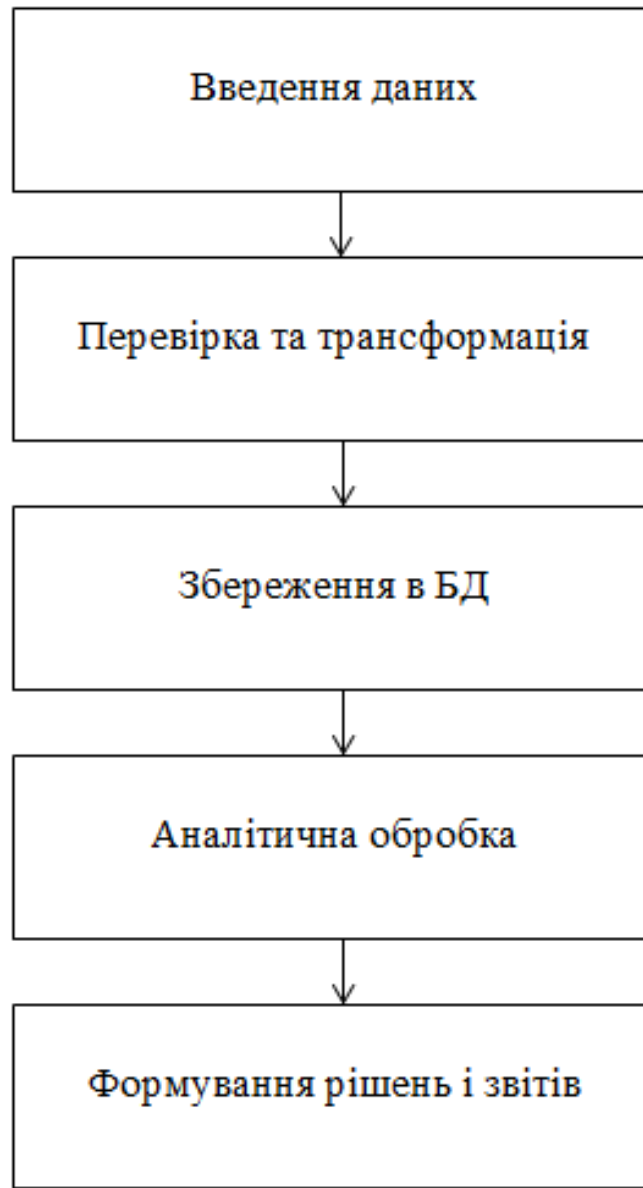


Рисунок 2.2 – Функціональна модель

Таблиця 2.1 – Функції комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи та відповідальні підсистеми (на прикладі підприємства з виробництва та постачання композитних труб)

| № | Функція CRM-системи | Опис функції | Відповідальна підсистема | Основні технології |
|---|-------------------------|---|---|--------------------|
| 1 | Збір даних про клієнтів | Реєстрація клієнтів, зберігання контактної та договірної інформації | Підсистема взаємодії з клієнтами (CRM UI) | Веб-інтерфейс, API |

| № | Функція CRM-системи | Опис функції | Відповідальна підсистема | Основні технології |
|----|--------------------------------|---|---------------------------------|---------------------|
| 2 | Облік замовлень | Фіксація замовлень на композитні труби, контроль статусів виконання | Підсистема управління продажами | CRM, ERP-інтеграція |
| 3 | Інтеграція виробництвом | Отримання даних про виробничі потужності та графіки | Інтеграційна підсистема | API, web-сервіси |
| 4 | Інтеграція зі складом | Облік залишків продукції та сировини | Підсистема логістики | WMS, ETL |
| 5 | Попередня обробка даних | Валідація, нормалізація, усунення дублювання | ETL-підсистема | ETL-процеси |
| 6 | Зберігання транзакційних даних | Збереження замовлень, клієнтів, фінансових операцій | Підсистема зберігання даних | MS SQL Server |
| 7 | Управління цілісністю даних | Контроль зв'язків, обмежень, ключів | Підсистема СУБД | T-SQL |
| 8 | Аналітична обробка | Агрегація даних, аналіз продажів і клієнтів | Аналітична підсистема | T-SQL, Python |
| 9 | Прогнозування попиту | Прогноз обсягів замовлень на композитні труби | Підсистема прогнозування | Python, ML |
| 10 | Сегментація клієнтів | Кластеризація клієнтів за поведінкою та обсягами | Аналітична підсистема | Python, K-means |
| 11 | Формування звітів | Створення регулярних і аналітичних звітів | Підсистема звітності | BI, SQL |
| 12 | Візуалізація показників | Відображення KPI, дашбордів | Підсистема представлення | BI-інструменти |
| 13 | Підтримка управлінських рішень | Надання рекомендацій керівництву | DSS-підсистема | Аналітика, BI |
| 14 | Контроль доступу | Розмежування прав користувачів | Підсистема безпеки | MS SQL Security |
| 15 | Архівування даних | Збереження історичних даних | Підсистема зберігання | MS SQL Server |

У таблиці 2.1 наочно відображено розподіл функціонального навантаження між програмними, інформаційними та аналітичними компонентами системи, підкреслено інтеграційний характер CRM у загальній інформаційній інфраструктурі підприємства. Функції CRM охоплюють повний цикл взаємодії з клієнтом – від первинної фіксації контактних даних і оброблення запитів до супроводу договорів, контролю виконання замовлень і аналізу післяпродажної діяльності. В умовах виробництва композитних труб

це є особливо важливим, оскільки більшість замовлень мають індивідуальні технічні характеристики, залежать від проєктних параметрів і потребують тісної координації між відділами збуту, виробництва та логістики. Таблиця демонструє, що функції збору та зберігання даних закріплені за підсистемою управління базами даних, яка забезпечує цілісність, актуальність і доступність інформації про клієнтів, замовлення, контракти та історію взаємодій. Обчислювально-аналітичні функції, зокрема аналіз попиту, прогнозування обсягів постачання та оцінювання ефективності роботи з клієнтами, реалізуються аналітичною підсистемою з використанням математичних моделей і алгоритмів оброблення даних. Окрему групу становлять функції оперативної взаємодії з користувачами CRM-системи, які реалізуються інтерфейсною підсистемою. Вона забезпечує доступ менеджерів, технологів і керівників до актуальної інформації в режимі реального часу, спрощує прийняття управлінських рішень та зменшує імовірність помилок, пов'язаних з людським фактором. Розподіл функцій між підсистемами сприяє підвищенню масштабованості та спрощує супровід системи. Відокремлення аналітичної підсистеми від транзакційної дозволяє ефективно реалізовувати математичні моделі аналізу та прогнозування, що є особливо важливим, оскільки забезпечує узгодженість між збутовими, виробничими та логістичними процесами.

Висновок до розділу 2.

У розділі 2 було комплексно розглянуто питання проєктування комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства з виробництва та постачання композитних труб. Основну увагу приділено формалізації інформаційних потоків, побудові структурної й функціональної моделей системи. Чітко структуровані вхідні, внутрішні та вихідні потоки створюють основу для автоматизованого аналізу даних, підтримки прийняття рішень та сталого розвитку підприємства. Раціональне поєднання реляційних та NoSQL-баз даних дозволяє забезпечити цілісність,

гнучкість і масштабованість інформаційної системи, що безпосередньо впливає на ефективність управління та конкурентоспроможність підприємства. Формалізація процесів оброблення даних та інформаційних потоків у CRM-системах забезпечує прозорість, керованість та узгодженість інформаційних процесів, що є критично важливим для комп'ютерно-інтегрованих систем. Чітке визначення структур даних, алгоритмів оброблення та інформаційних зв'язків створює надійну основу для впровадження аналітичних методів і підтримки управлінських рішень, а також формує методологічне підґрунтя для подальшої розробки та реалізації CRM-системи в межах бакалаврської дипломної роботи.

Обґрунтовано доцільність використання CRM-системи як інтеграційного ядра, що забезпечує узгоджену взаємодію між підсистемами продажів, виробництва, логістики та управління. Показано, що автоматизований збір і оброблення даних через інтеграційні інтерфейси, ETL-процеси та єдине сховище даних дозволяють підвищити достовірність інформації та зменшити вплив людського фактора. Автоматизований збір даних, реалізований через API, web-сервіси та ETL-процеси, у поєднанні з формалізацією відповідних процедур, є фундаментом для побудови ефективної CRM-системи та її інтеграції в комп'ютерно-інтегроване середовище підприємства. Розроблена структурна модель системи відобразила багаторівневу архітектуру CRM із чітким розподілом функцій між рівнями збору, інтеграції, зберігання, аналітичної обробки та представлення даних. Функціональна модель дозволила формалізувати послідовність процесів оброблення інформації та визначити логіку взаємодії між підсистемами. Запропонована архітектура забезпечує інтеграцію інформаційних потоків, підтримку аналітичних методів та ефективне управління взаємовідносинами з клієнтами. Додатково систематизовано основні функції CRM-системи та встановлено відповідність між функціональними процесами і відповідальними підсистемами, що забезпечує прозорість архітектури та спрощує подальшу реалізацію і масштабування системи. Отримані результати створюють методологічну та

технічну основу для реалізації математичних моделей аналізу й прогнозування даних, а також для розроблення програмних компонентів CRM-системи, що буде розглянуто в розділі 3 бакалаврської роботи.

РОЗДІЛ 3. КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ У CRM-СИСТЕМАХ

3.1 Вибір середовища програмної реалізації CRM-системи підприємства з виробництва композитних труб

Вибір середовища програмної реалізації CRM-системи є одним із ключових етапів проектування комп'ютерно-інтегрованої системи управління підприємством. Для підприємства з виробництва та постачання композитних труб CRM виконує не лише функції обліку клієнтів, а й є ядром інтеграції інформаційних потоків між відділами продажів, виробництва, логістики та управління. У сучасних CRM-системах програмне середовище визначає можливості масштабування, швидкодію, надійність зберігання даних і ефективність реалізації аналітичних та прогнозних моделей. Тому вибір технологічного стеку повинен ґрунтуватися не лише на популярності інструментів, а й на відповідності специфіці бізнес-процесів підприємства.

Підприємства з виробництва композитних труб характеризуються складними ланцюгами постачання, значними обсягами техніко-економічної інформації та необхідністю оброблення як структурованих, так і напівструктурованих даних, що висуває підвищені вимоги до СУБД і мов програмування, які використовуються в CRM-системі. У системах управління взаємовідносинами з клієнтами вибір відповідного програмного середовища є не просто технічним рішенням, а фактором, який безпосередньо впливає на ефективність, стійкість і масштабованість системи. Помилковий вибір може призвести до складності підтримки, низької продуктивності або неможливості подальшого розвитку CRM. У межах даного дослідження було проаналізовано найбільш поширені варіанти середовищ програмної реалізації CRM-систем, зокрема комбінації різних СУБД та мов програмування. За результатами аналізу обґрунтовано доцільність використання MS SQL Server як основної системи управління базами даних.

MS SQL Server є промисловою СУБД, яка широко застосовується в корпоративних інформаційних системах і добре інтегрується з іншими

компонентами IT-інфраструктури підприємства. Вона забезпечує високу надійність, підтримку транзакцій, механізми резервного копіювання та відновлення даних, що є критично важливим для CRM. Однією з ключових переваг MS SQL Server є ефективна робота з великими обсягами структурованих даних, зокрема даних про клієнтів, замовлення, договори, виробничі партії та логістичні операції. Використання MS SQL Server дозволяє реалізувати чітку реляційну модель даних із визначеними зв'язками, ключами та обмеженнями цілісності, що зменшує ризик помилок, дублювання інформації та втрати узгодженості між різними модулями CRM.

Важливою складовою обраного середовища є мова запитів T-SQL, яка розширює стандарт SQL додатковими засобами для роботи з даними. T-SQL дозволяє реалізовувати складну бізнес-логіку безпосередньо на рівні бази даних. Застосування T-SQL дає змогу виконувати агрегацію, фільтрацію, аналіз і попередню обробку даних ще до передачі їх у прикладний рівень CRM-системи, що зменшує навантаження на сервер додатків і підвищує загальну продуктивність системи. Для підприємства з виробництва композитних труб T-SQL є особливо корисним при формуванні звітів щодо виконання замовлень, аналізу термінів постачання, контролю дебіторської заборгованості та оцінювання ефективності роботи клієнтів.

Сучасні CRM-системи потребують реалізації складних аналітичних і прогнозних моделей, які виходять за межі класичних SQL-операцій. Саме тому у якості мови програмування прикладного та аналітичного рівня використовується Python, яка є універсальною мовою програмування, що має широкий набір бібліотек для аналізу даних, машинного навчання та статистичного моделювання. Використання Python дозволяє ефективно обробляти дані, отримані з MS SQL Server, застосовуючи такі бібліотеки, як pandas, NumPy, scikit-learn та statsmodels. Завдяки цьому CRM-система може не лише зберігати дані, а й активно використовувати їх для підтримки управлінських рішень. Особливо важливою є можливість інтеграції Python із базою даних через стандартні інтерфейси, зокрема ODBC або SQLAlchemy,

що забезпечує безперервний обмін даними між рівнем зберігання та рівнем аналітики.

Поєднання MS SQL Server, T-SQL і Python створює цілісне середовище, яке відповідає принципам комп'ютерно-інтегрованих технологій. Кожен компонент виконує свою функцію, доповнюючи інші та підвищуючи загальну ефективність системи. З точки зору масштабованості обране середовище дозволяє поступово нарощувати функціональність CRM-системи без кардинальної зміни архітектури, що є важливим для підприємств, які розвиваються та розширюють ринки збуту. Крім того, MS SQL Server підтримує інтеграцію з BI-інструментами, що відкриває можливості для візуалізації даних і побудови панелей моніторингу. Це дозволяє керівництву оперативно оцінювати ключові показники діяльності підприємства. З погляду безпеки даних MS SQL Server забезпечує механізми розмежування доступу, шифрування та аудиту, що є важливим при роботі з комерційною та технологічною інформацією підприємства. Конвергенція MS SQL Server як СУБД, використання T-SQL для реалізації бізнес-логіки та Python як інструменту аналітики є обґрунтованим і доцільним вибором для програмної реалізації CRM-системи. Обране середовище дозволяє забезпечити надійність зберігання даних, гнучкість оброблення інформації та можливість реалізації складних математичних моделей аналізу і прогнозування. У результаті CRM-система перетворюється з інструменту обліку на інтелектуальну підсистему управління, що сприяє підвищенню ефективності виробничо-збутової діяльності підприємства з виробництва композитних труб.

3.2 Архітектура програмної реалізації CRM-системи та інтеграційних модулів

Архітектура програмної реалізації CRM-системи є ключовим чинником, що визначає її функціональність, надійність, масштабованість та здатність до інтеграції з іншими інформаційними системами підприємства. Специфіка діяльності підприємства зумовлює необхідність оброблення різноманітних

даних: комерційних, технологічних, проєктних і договірних, що вимагає побудови гнучкої, багаторівневої архітектури CRM-системи, орієнтованої на інтеграцію з виробничими та обліковими системами.

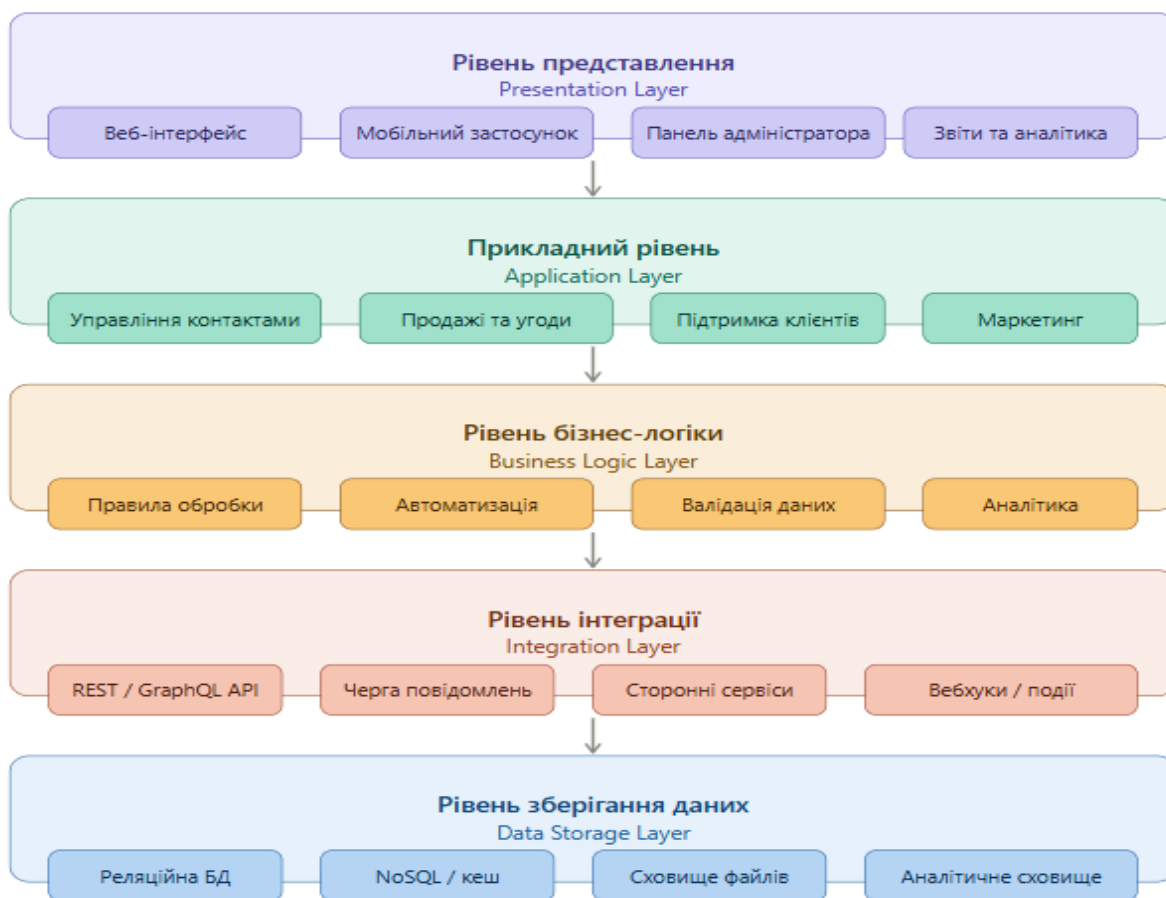


Рисунок 3.1 – Загальна архітектура CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб

У роботі обрано сервісно-орієнтовану архітектуру (SOA) з елементами модульного підходу, що дозволяє логічно розділити систему на незалежні компоненти з чітко визначеними інтерфейсами взаємодії. Загальна архітектура CRM-системи включає рівень представлення, прикладний рівень, рівень бізнес-логіки, рівень інтеграції та рівень зберігання даних. Така багаторівнева структура забезпечує відокремлення функцій, підвищує безпеку та спрощує супровід системи. Рівень представлення реалізується у вигляді веб-інтерфейсу та робочих кабінетів користувачів CRM. Він призначений для взаємодії менеджерів із продажу, технологів, логістів та керівників із системою в режимі реального часу. Інтерфейс користувача забезпечує введення, перегляд і

редагування даних про клієнтів, замовлення, специфікації композитних труб, терміни виготовлення та постачання. Особлива увага приділяється зручності навігації та мінімізації часу виконання типових операцій. Прикладний рівень CRM-системи відповідає за реалізацію функціональних сценаріїв роботи користувачів. Саме на цьому рівні обробляються події створення замовлення, узгодження технічних параметрів та контролю статусів виконання. Бізнес-логіка системи реалізується у вигляді окремих сервісів, які відповідають за управління клієнтами, договорами, замовленнями та післяпродажним обслуговуванням, що дозволяє адаптувати систему до змін бізнес-процесів без повної перебудови архітектури. Для підприємства з виробництва композитних труб бізнес-логіка CRM тісно пов'язана з виробничими циклами, тому система враховує технологічні обмеження, терміни виготовлення та доступність ресурсів. Окрему роль у архітектурі відіграє рівень інтеграції, який забезпечує обмін даними між CRM та іншими корпоративними системами підприємства, зокрема ERP, системами управління виробництвом та бухгалтерським обліком. Інтеграційні модулі реалізуються на основі API, web-сервісів та ETL-процесів, що забезпечує автоматизований, безперервний та контрольований обмін інформацією. За допомогою інтеграційних модулів CRM-система отримує дані про фактичні обсяги виробництва, залишки готової продукції та статуси відвантажень, що є критично важливим для планування поставок. Взаємодія CRM з виробничими підсистемами дозволяє формувати реалістичні графіки виконання замовлень на композитні труби з урахуванням поточних виробничих потужностей.

Рівень зберігання даних реалізується на основі реляційної СУБД, яка забезпечує структуроване зберігання транзакційної інформації та підтримку механізмів цілісності даних. У базі даних CRM зберігаються відомості про клієнтів, договори, специфікації продукції, історію взаємодій та результати виконання замовлень. Архітектура бази даних спроектована з урахуванням нормалізації, що зменшує надлишковість даних і підвищує надійність інформаційних потоків. Для аналітичних завдань архітектура CRM передбачає

використання окремих модулів оброблення та агрегування даних, що не перевантажують транзакційну частину системи. Аналітичні модулі дозволяють здійснювати оцінювання динаміки попиту, прогнозування обсягів постачання та аналіз ефективності роботи з клієнтами. У архітектурі передбачено механізми ролей і прав доступу, що забезпечують інформаційну безпеку та розмежування відповідальності між користувачами.

Система підтримує журналювання дій користувачів, що дозволяє здійснювати аудит операцій та підвищувати контроль за бізнес-процесами. Архітектура CRM-системи орієнтована на масштабування, що дає змогу розширювати функціональність без зупинки основних процесів підприємства. Модульний принцип побудови дозволяє поступово впроваджувати нові інтеграційні компоненти, наприклад, для взаємодії з зовнішніми логістичними або проєктними системами. Важливою перевагою обраної архітектури є можливість адаптації CRM-системи до індивідуальних вимог замовників композитних труб. Система здатна підтримувати проєктно-орієнтовані продажі, характерні для інженерної продукції, де кожне замовлення має унікальні параметри. Архітектура програмної реалізації враховує вимоги до надійності та безперервності роботи, що є критичним для підприємств промислового сектору. Використання стандартизованих протоколів обміну даними підвищує сумісність CRM з іншими інформаційними системами. Обрана архітектура забезпечує прозорість інформаційних потоків та зменшує імовірність втрати або дублювання даних. Інтеграційні модулі відіграють роль зв'язуючої ланки між стратегічним управлінням та оперативними виробничими процесами.

Запропонована архітектура програмної реалізації CRM-системи та інтеграційних модулів створює основу для підвищення ефективності управління, конкурентоспроможності та цифрової зрілості підприємства з виробництва та постачання композитних труб. Загальна структура програмного проєкту представлена на рисунку 3.2 та представляє собою класичну реалізацію комп'ютерно-інтегрованої системи, яку легко пояснити

як модульну SOA-архітектуру. Класична комп'ютерно-інтегрована система (KIC) будується за принципом модульності та сервісної орієнтації, що дозволяє розглядати її як реалізацію Service-Oriented Architecture (SOA).

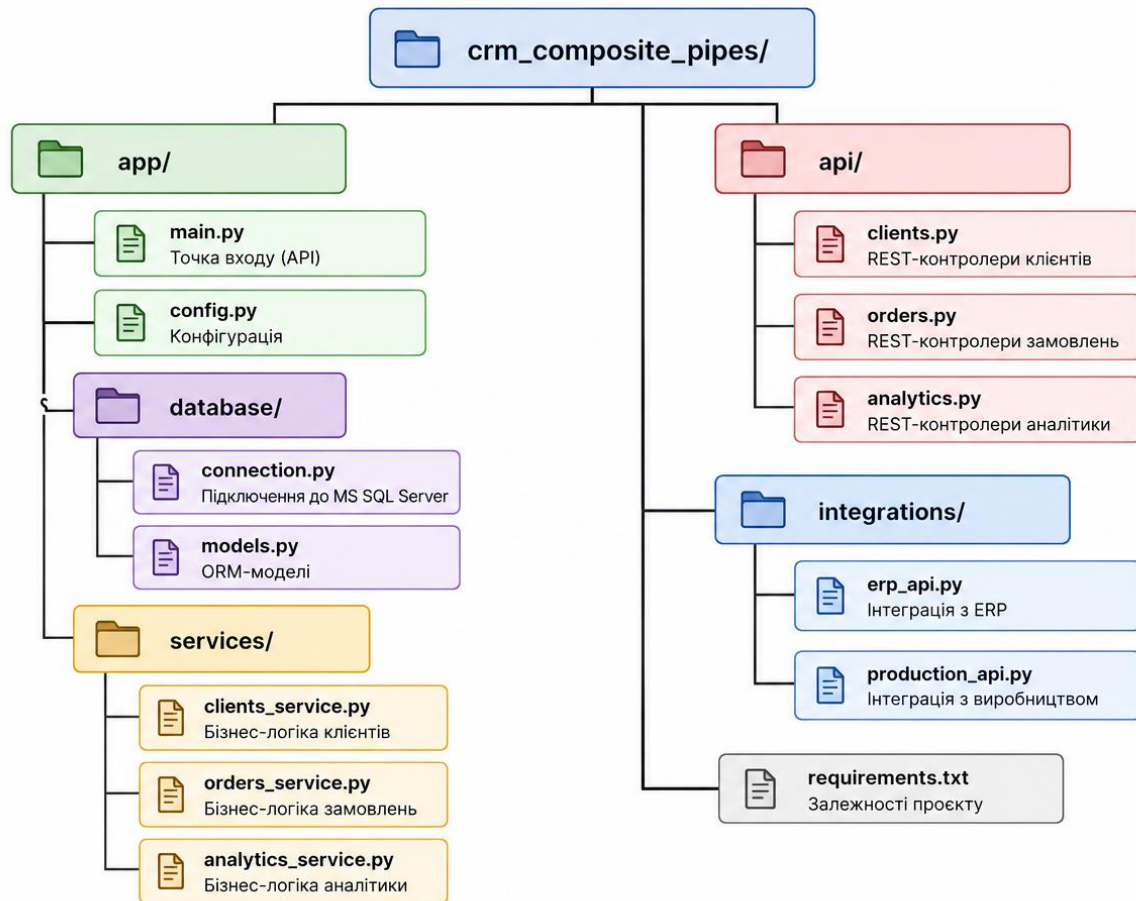


Рисунок 3.2 – Загальна структура програмного проєкту

Такий підхід передбачає розділення системи на незалежні функціональні модулі, кожен з яких виконує чітко визначені задачі та взаємодіє з іншими компонентами через стандартизовані інтерфейси. Основою класичної SOA-реалізації є багаторівнева архітектура, у якій логічно виділяють кілька ключових рівнів. Кожен рівень відповідає за окремий клас функцій і може розвиватися незалежно від інших. Програмна реалізація CRM-системи виконана на основі багаторівневої архітектури з чітким розділенням рівнів представлення, бізнес-логіки, інтеграції та зберігання даних. Реалізація базується на мові програмування Python із використанням фреймворку

FastAPI, що забезпечує створення масштабованих REST-сервісів для взаємодії між підсистемами.

Рівень представлення (REST API) забезпечує взаємодію користувачів із системою. Це можуть бути веб-інтерфейси, НМІ-панелі, мобільні застосунки або API для зовнішніх систем. Його головне призначення – відображення інформації та передавання запитів до рівня бізнес-логіки без прямого доступу до даних.

Контролер клієнтів

```
# app/api/clients.py
```

```
from fastapi import APIRouter
```

```
from app.services.clients_service import create_client, get_clients
```

```
router = APIRouter(prefix="/clients")
```

```
@router.post("/")
```

```
def add_client(client: dict):
```

```
    return create_client(client)
```

```
@router.get("/")
```

```
def list_clients():
```

```
    return get_clients()
```

Головний файл застосунку

```
# app/main.py
```

```
from fastapi import FastAPI
```

```
from app.api import clients, orders, analytics
```

```
app = FastAPI(title="CRM Composite Pipes")
```

```
app.include_router(clients.router)
```

```
app.include_router(orders.router)
```

```
app.include_router(analytics.router)
```

Це рівень представлення CRM-системи, з яким працює веб-інтерфейс або НМІ.

Рівень бізнес-логіки (Business Logic Layer) реалізує функціональні правила та алгоритми оброблення інформації. Саме на цьому рівні відбувається формалізація бізнес-процесів підприємства: управління клієнтами, оброблення замовлень, планування виробництва, контроль статусів тощо. У контексті SOA кожен бізнес-процес реалізується у вигляді окремого сервісу. Бізнес-логіка (приклад сервісного рівня) відокремлена від інтерфейсу, що відповідає принципам SOA.

Сервіс роботи з клієнтами

```
# app/services/clients_service.py
from app.database.connection import SessionLocal
from app.database.models import Client
```

```
def create_client(data):
    db = SessionLocal()
    client = Client(**data)
    db.add(client)
    db.commit()
    db.refresh(client)
    return client
```

```
def get_clients():
    db = SessionLocal()
    return db.query(Client).all()
```

Рівень інтеграції (Integration Layer) є ключовим для комп'ютерно-інтегрованих систем. Він забезпечує обмін даними між CRM, ERP, виробничими системами (MES), бухгалтерським обліком, логістикою та зовнішніми партнерами. Інтеграція реалізується через REST/SOAP-сервіси, API-шлюзи, брокери повідомлень або ETL-процеси. Модуль Інтеграції з виробництвом забезпечує комп'ютерну інтеграцію CRM з виробничими системами.

```

# app/integrations/production_api.py
import requests

def get_production_capacity(pipe_type):
    response = requests.get(
        f"http://production-system/api/capacity/{pipe_type}"
    )
    return response.json()

```

Рівень зберігання даних (MS SQL Server) відповідає за надійне збереження та керування інформацією. У класичній реалізації використовуються реляційні бази даних для транзакційної інформації та сховища даних (DWH) для аналітичної обробки. Чітке розділення доступу до даних через сервіси є фундаментальним принципом SOA.

Підключення до бази даних:

```

# app/database/connection.py
from sqlalchemy import create_engine
from sqlalchemy.orm import sessionmaker

DATABASE_URL = (
    "mssql+pyodbc://crm_user:password@localhost/CRM_DB"
    "?driver=ODBC+Driver+17+for+SQL+Server"
)

engine = create_engine(DATABASE_URL)
SessionLocal = sessionmaker(bind=engine)

```

ORM-моделі (фрагмент), що відповідає формалізованій логічній моделі CRM

```

# app/database/models.py
from sqlalchemy import Column, Integer, String, Float, ForeignKey
from sqlalchemy.ext.declarative import declarative_base

Base = declarative_base()

```

```

class Client(Base):
    __tablename__ = "clients"

    id = Column(Integer, primary_key=True)
    name = Column(String)
    industry = Column(String)
    region = Column(String)

class Order(Base):
    __tablename__ = "orders"

    id = Column(Integer, primary_key=True)
    client_id = Column(Integer, ForeignKey("clients.id"))
    pipe_type = Column(String)
    diameter = Column(Float)
    quantity = Column(Integer)
    status = Column(String)

```

Аналітичний модуль використовується для прогнозування попиту та планування виробництва (фрагмент)

```

# app/services/analytics_service.py
from app.database.connection import SessionLocal
from app.database.models import Order
from sqlalchemy import func

def demand_by_pipe_type():
    db = SessionLocal()
    return (
        db.query(Order.pipe_type, func.sum(Order.quantity))
        .group_by(Order.pipe_type)
        .all()
    )

```

Основою інтеграції є сервісна орієнтація. Головною ознакою SOA є представлення функціональності системи у вигляді незалежних сервісів, які мають чітко визначені інтерфейси; слабку зв'язаність між компонентами; можливість повторного використання; незалежність від конкретної платформи реалізації. У КІСУ кожен сервіс виконує роль логічного «вузла», який може бути задіяний у різних бізнес-сценаріях без дублювання логіки. Застосування модульної SOA-архітектури у комп'ютерно-інтегрованих системах забезпечує низку суттєвих переваг. По-перше, підвищується масштабованість, оскільки окремі сервіси можна розширювати незалежно. По-друге, зростає надійність, адже відмова одного модуля не призводить до повної зупинки системи. По-третє, спрощується модернізація та інтеграція нових компонентів, що особливо важливо для промислових і виробничих підприємств.

У таблиці 3.1 систематизовано інформацію щодо основних модулів CRM-системи. Поділ CRM-системи на окремі функціональні модулі відповідає принципам SOA-архітектури, де кожен модуль реалізується як незалежний сервіс із чітко визначеною зоною відповідальності. Такий підхід забезпечує слабку зв'язаність компонентів, спрощує інтеграцію з зовнішніми системами та дозволяє масштабувати окремі частини системи без порушення її цілісності.

Таблиця 3.1 – Основні модулі комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи (SOA-архітектура)

| № | Назва модуля | Функціональне призначення | Рівень архітектури |
|---|--|---|----------------------|
| 1 | Модуль користувацького інтерфейсу (UI/HMI) | Забезпечує взаємодію користувачів із системою, відображення даних, введення запитів, формування форм і звітів | Рівень представлення |
| 2 | CRM-сервіс управління клієнтами | Зберігання та оброблення даних про клієнтів, історію взаємодії, контракти, запити та звернення | Рівень бізнес-логіки |
| 3 | Сервіс управління замовленнями | Оброблення замовлень, контроль статусів виконання, інтеграція з виробництвом і логістикою | Рівень бізнес-логіки |
| 4 | Сервіс планування виробництва | Узгодження замовлень із виробничими потужностями, планування партій композитних труб | Рівень бізнес-логіки |

| № | Назва модуля | Функціональне призначення | Рівень архітектури |
|----|--------------------------------------|---|---------------------------|
| 5 | Аналітичний сервіс (BI/Analytics) | Аналіз продажів, клієнтської активності, прогнозування попиту, підтримка управлінських рішень | Аналітичний рівень |
| 6 | Інтеграційний модуль (API / ESB) | Забезпечує обмін даними між CRM, ERP, MES, бухгалтерськими та зовнішніми системами | Інтеграційний рівень |
| 7 | ETL-модуль | Завантаження, трансформація та очищення даних для аналітичної обробки і DWH | Інтеграційний рівень |
| 8 | Модуль управління базою даних (DBMS) | Зберігання транзакційних даних CRM у реляційній базі даних | Рівень даних |
| 9 | Сховище даних (DWH) | Консолідація історичних даних для аналітики, звітності та прогнозування | Аналітичний рівень |
| 10 | Модуль безпеки та доступу | Аутентифікація, авторизація користувачів, контроль доступу до сервісів і даних | Кросфункціональний рівень |
| 11 | Модуль моніторингу та журналювання | Контроль працездатності сервісів, реєстрація подій, аудит дій користувачів | Інфраструктурний рівень |

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

Програмна реалізація CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб орієнтована на автоматизацію процесів взаємодії з клієнтами, управління замовленнями, контролю виробничого статусу та координації логістики. Система забезпечує єдиний інформаційний простір для підрозділів збуту, виробництва, складу та адміністрації підприємства. До основних вимог, що було висунуто до програмної реалізації CRM-системи, належать модульність та масштабованість архітектури; підтримка багатокористувацького режиму роботи; інтеграція з виробничими інформаційними системами (MES/ERP); збереження та оброблення даних у централізованій базі даних; забезпечення інформаційної безпеки та розмежування прав доступу; можливість формування аналітичних звітів і статистичних показників.

Програмна архітектура CRM-системи реалізована за модульним принципом з використанням сервісно-орієнтованого підходу (SOA) (див. рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Структура програмної архітектури

Така архітектура дозволяє логічно розділити функціональні компоненти системи та спростити її подальший розвиток і супровід. До складу програмної архітектури входять такі основні рівні як рівень представлення (frontend); прикладний рівень (backend); рівень доступу до даних; рівень інтеграції з зовнішніми системами. Рівень представлення забезпечує взаємодію користувачів із системою через веб-інтерфейс або клієнтський застосунок. Прикладний рівень реалізує бізнес-логіку CRM-системи, включаючи оброблення замовлень, управління клієнтською базою та контроль статусів виробництва. Рівень доступу до даних відповідає за роботу з базою даних, а рівень інтеграції забезпечує обмін інформацією з ERP, MES та іншими корпоративними системами. CRM функціонує як центральний вузол управління клієнтськими даними, замовленнями та аналітикою, інтегруючись із ERP, MES та фінансовими системами підприємства з виробництва композитних труб.

У процесі програмної реалізації CRM-системи було розроблено низку функціональних модулів, кожен з яких відповідає за виконання окремих бізнес-функцій підприємства.

Модуль управління клієнтами забезпечує зберігання та оброблення інформації про замовників, історію взаємодії, комерційні пропозиції та договірні умови. Реалізація модуля передбачає використання реляційної бази даних та механізмів фільтрації і пошуку інформації (див. рис.3.4).

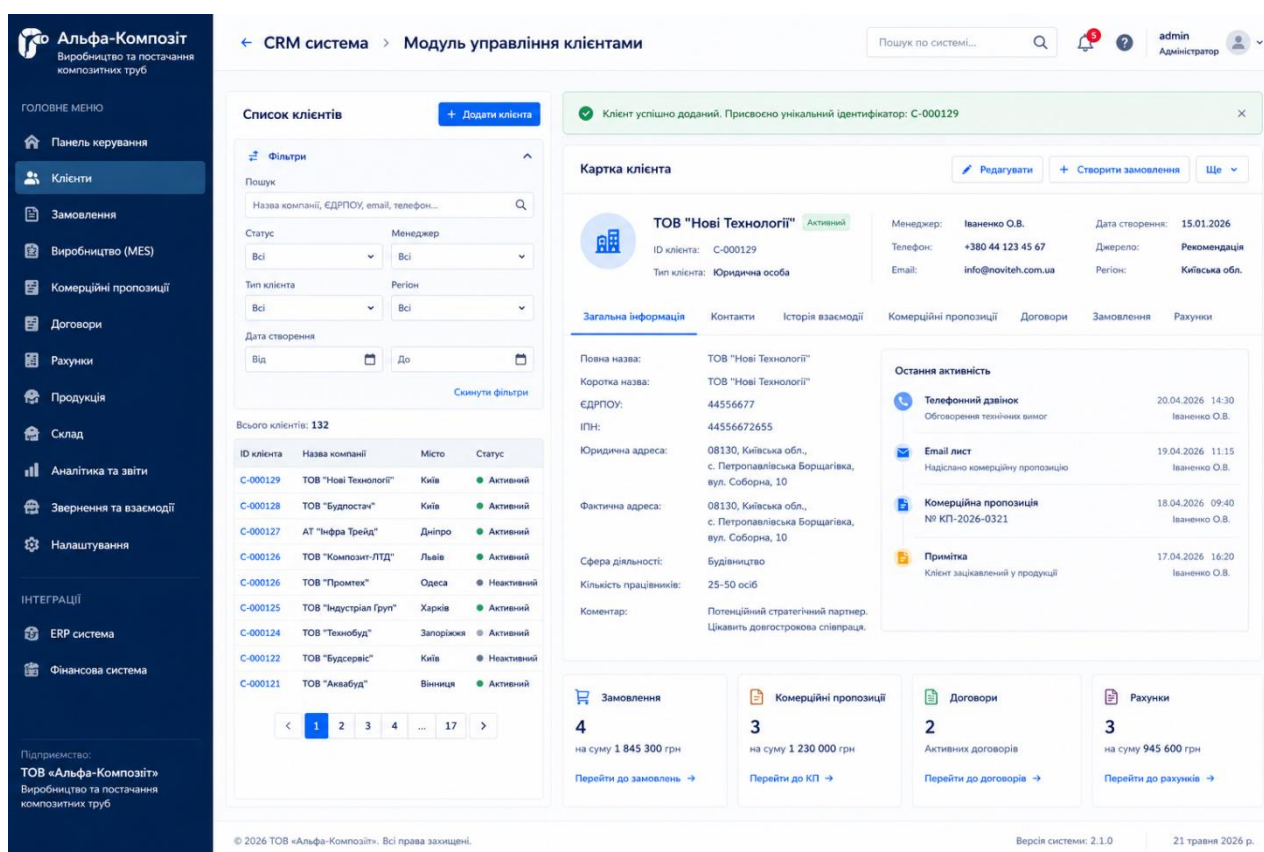


Рисунок 3.4 – Інтерфейс модуля управління клієнтами

Наприклад, при додаванні нового клієнта система автоматично формує унікальний ідентифікатор та відкриває картку клієнта для подальшої роботи із замовленнями та рахунками.

Приклад моделі клієнта

```
class Customer(Base):
```

```
    __tablename__ = "customers"
```

```
    id = Column(Integer, primary_key=True)
```

```
    name = Column(String)
```

industry = Column(String)

contact_email = Column(String)

region = Column(String)

Модуль управління замовленнями реалізує процеси створення, редагування та супроводу замовлень на композитні труби. Для кожного замовлення зберігаються технічні параметри виробів (діаметр, довжина, матеріал), обсяги, терміни виготовлення та постачання, контроль статусів виробництва. Після підтвердження замовлення менеджером CRM автоматично передає дані до виробничого модуля або MES-системи (див. рис. 3.5).

The screenshot displays the 'CRM система > Модуль управління замовленнями' interface. It features a sidebar menu with options like 'Панель керування', 'Клієнти', 'Замовлення', 'Виробництво (MES)', 'Комерційні пропозиції', 'Договори', 'Рахунки', 'Продукція', 'Склад', 'Аналітика та звіти', 'Звернення та взаємодії', and 'Налаштування'. The main area is divided into several sections: 'Список замовлень' with a table of orders, 'Картка замовлення' for order details, 'Загальна інформація', 'Позиції замовлення' table, 'Інтеграція з MES-системою', and 'Статистика замовлень (2026 рік)'. The order list table has columns: № замовлення, Клієнт, Дата, Сума, грн, Статус, Доставка, Менеджер. The order details card shows information for ORD-2026-00056, including client 'ТОВ "Нові Технології"', contact person 'Сергій Коваленко', and status 'Підтверджено'. The 'Позиції замовлення' table has columns: №, Тип труби, Діаметр (мм), Довжина (м), Матеріал, Кількість (шт), Ціна за од., грн, Сума, грн. The MES integration section shows 'Статус з'єднання: Підключено' and 'Статус передачі: Передає'.

Рисунок 3.5 – Інтерфейс модуля управління замовленнями

class Order(Base):

__tablename__ = "orders"

id = Column(Integer, primary_key=True)

customer_id = Column(Integer, ForeignKey("customers.id"))

pipe_type = Column(String)

quantity = Column(Integer)

status = Column(String)

Модуль контролю статусу виробництва відіграє ключову роль у забезпеченні інформаційного зв'язку між CRM-системою та виробничим рівнем (MES).

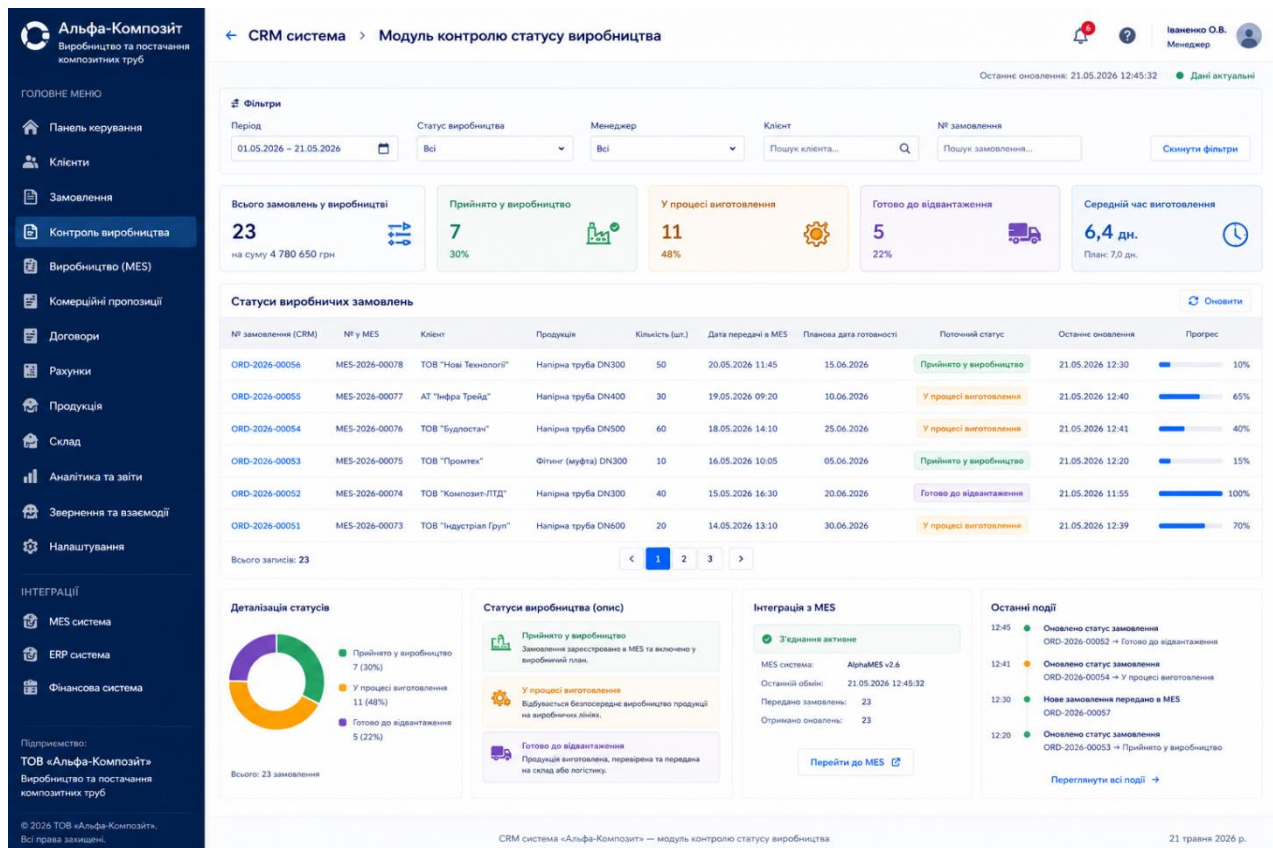


Рисунок 3.6 – Інтерфейс модуля контролю статусу виробництва

Основним завданням модуля контролю статусу є отримання зворотного зв'язку про поточний стан виконання виробничих замовлень та відображення цієї інформації в CRM у режимі, близькому до реального часу. Після передачі замовлення з CRM до MES кожному замовленню присвоюється виробничий статус. У процесі виготовлення композитних труб MES оновлює цей статус відповідно до етапу виробництва «прийнято у виробництво» – замовлення зареєстровано та включене у виробничий план; «у процесі виготовлення» – відбувається безпосереднє виробництво продукції; «готово до відвантаження» – продукція виготовлена, перевірена та передана на склад або логістику. CRM, отримуючи ці статуси, автоматично оновлює інформацію в картці замовлення, що дозволяє менеджеру з продажу або диспетчеру в будь-який момент бачити

актуальний стан виконання замовлення та оперативно інформувати клієнта про хід робіт без додаткових запитів до виробничого персоналу. Інтеграція CRM із виробничими системами рівня MES/ERP реалізується шляхом організації взаємодії через сучасні механізми обміну даними. Для цього використовуються REST API, асинхронний обмін повідомленнями за допомогою message-broker (наприклад, RabbitMQ), а також файловий обмін у форматах XML або JSON. Такий підхід забезпечує надійну синхронізацію виробничих, планових і облікових даних між інформаційними системами підприємства. Приклад API-запиту, що демонструє просту реалізацію REST API-ендпоінта, який використовується для передавання запиту з CRM-системи до виробничого рівня (MES).

```
@app.post("/production/request")
def send_to_production(order_id: int):
    return {"status": "sent to MES" }
```

Проілюстровано базовий принцип інтеграції CRM з MES через REST API: прийом ідентифікатора замовлення, його передавання у виробничий контур і повернення статусу виконання запиту. Наведемо приклад Модулю контролю статусу виробництва підприємства з виробництва композитних труб на мові Python, що виконує функції прийому оновлення статусів виробництва; контролю допустимих переходів між статусами; збереження історії змін; фломування інтерфейсу для отримання поточного стану замовлення.

Перелік статусів виробництва

```
from enum import Enum

class ProductionStatus(Enum):
    ACCEPTED = "Прийнято у виробництво"
    IN_PROGRESS = "У процесі виготовлення"
    QUALITY_CONTROL = "Контроль якості"
    READY_FOR_SHIPMENT = "Готово до відвантаження"
```

Модель замовлення (виробниче замовлення)

```
from dataclasses import dataclass, field
```

```
from datetime import datetime
```

```
@dataclass
```

```
class ProductionOrder:
```

```
    order_id: int
```

```
    product_name: str
```

```
    diameter_mm: int
```

```
    length_m: float
```

```
    status: ProductionStatus = ProductionStatus.ACCEPTED
```

```
    last_update: datetime = field(default_factory=datetime.now)
```

Модуль контролю статусу виробництва

```
class ProductionStatusController:
```

```
    def __init__(self):
```

```
        self.orders = { }
```

```
    def register_order(self, order: ProductionOrder):
```

```
        """Реєстрація замовлення у виробничій системі"""
```

```
        self.orders[order.order_id] = order
```

```
    def update_status(self, order_id: int, new_status: ProductionStatus):
```

```
        """Оновлення статусу виробництва (дані з MES)"""
```

```
        if order_id not in self.orders:
```

```
            raise ValueError("Замовлення не знайдено")
```

```
        order = self.orders[order_id]
```

```
        self._validate_status_transition(order.status, new_status)
```

```
        order.status = new_status
```

```
        order.last_update = datetime.now()
```

```
    def get_status(self, order_id: int) -> ProductionStatus:
```

```
        """Отримання поточного статусу замовлення"""
```

```
        if order_id not in self.orders:
```

```
            raise ValueError("Замовлення не знайдено")
```

```

return self.orders[order_id].status

def _validate_status_transition(
    self,
    current_status: ProductionStatus,
    new_status: ProductionStatus
):
    """Перевірка коректності переходу статусів"""
    allowed_transitions = {
        ProductionStatus.ACCEPTED: [ProductionStatus.IN_PROGRESS],
        ProductionStatus.IN_PROGRESS: [
            ProductionStatus.QUALITY_CONTROL
        ],
        ProductionStatus.QUALITY_CONTROL: [
            ProductionStatus.READY_FOR_SHIPMENT
        ],
    }

    if current_status != new_status:
        if new_status not in allowed_transitions.get(current_status, []):
            raise ValueError(
                f"Недопустимий перехід статусу: "
                f"{current_status.value} → {new_status.value}"
            )

```

Приклад взаємодії CRM ↔ MES

```

if __name__ == "__main__":
    controller = ProductionStatusController()

    order = ProductionOrder(
        order_id=101,
        product_name="Композитна труба",
        diameter_mm=400,
        length_m=6.0
    )

```

```

controller.register_order(order)

controller.update_status(101, ProductionStatus.IN_PROGRESS)
controller.update_status(101, ProductionStatus.QUALITY_CONTROL)
controller.update_status(101, ProductionStatus.READY_FOR_SHIPMENT)

print(
    f"Статус замовлення {order.order_id}: "
    f"{controller.get_status(101).value}"
)

```

Модуль контролю статусу виробництва реалізує функцію моніторингу стану виконання виробничих замовлень та забезпечує інтеграцію CRM-системи з виробничою інформаційною системою MES. Модуль підтримує контроль допустимих переходів між статусами виробництва, збереження актуального стану замовлення та надання цієї інформації іншим підсистемам підприємства, зокрема відділу збуту та логістики. БД модуля контролю виробництва містить виробничі замовлення; поточний статус; час останнього оновлення (див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – production_orders

| Поле | Тип | Призначення |
|--------------|-----------|-----------------------------|
| id | SERIAL | Ідентифікатор замовлення |
| product_name | VARCHAR | Назва виробу |
| diameter_mm | INTEGER | Діаметр труби |
| length_m | FLOAT | Довжина труби |
| status | VARCHAR | Поточний статус виробництва |
| updated_at | TIMESTAMP | Дата оновлення статусу |

Підключення до PostgreSQL

```

from sqlalchemy import create_engine
from sqlalchemy.orm import sessionmaker, declarative_base

DATABASE_URL = "postgresql://crm_user:password@localhost:5432/crm_db"

engine = create_engine(DATABASE_URL)

```

```
SessionLocal = sessionmaker(bind=engine)
```

```
Base = declarative_base()
```

ORM-модель виробничого замовлення

```
from sqlalchemy import Column, Integer, String, Float, DateTime
```

```
from datetime import datetime
```

```
class ProductionOrderORM(Base):
```

```
    __tablename__ = "production_orders"
```

```
    id = Column(Integer, primary_key=True, index=True)
```

```
    product_name = Column(String, nullable=False)
```

```
    diameter_mm = Column(Integer, nullable=False)
```

```
    length_m = Column(Float, nullable=False)
```

```
    status = Column(String, nullable=False)
```

```
    updated_at = Column(DateTime, default=datetime.utcnow)
```

Перелік статусів виробництва

```
from enum import Enum
```

```
class ProductionStatus(Enum):
```

```
    ACCEPTED = "Прийнято у виробництво"
```

```
    IN_PROGRESS = "У процесі виготовлення"
```

```
    QUALITY_CONTROL = "Контроль якості"
```

```
    READY_FOR_SHIPMENT = "Готово до відвантаження"
```

Модуль контролю статусу виробництва з БД

```
class ProductionStatusController:
```

```
    def __init__(self, db_session):
```

```
        self.db = db_session
```

```
    def create_order(self, product_name, diameter_mm, length_m):
```

```
        order = ProductionOrderORM(
```

```

        product_name=product_name,
        diameter_mm=diameter_mm,
        length_m=length_m,
        status=ProductionStatus.ACCEPTED.value
    )
    self.db.add(order)
    self.db.commit()
    self.db.refresh(order)
    return order

def update_status(self, order_id: int, new_status: ProductionStatus):
    order = self.db.query(ProductionOrderORM)\
        .filter(ProductionOrderORM.id == order_id)\
        .first()

    if not order:
        raise ValueError("Замовлення не знайдено")
    self._validate_status_transition(
        ProductionStatus(order.status),
        new_status
    )

    order.status = new_status.value
    order.updated_at = datetime.utcnow()

    self.db.commit()

def get_status(self, order_id: int) -> str:
    order = self.db.query(ProductionOrderORM)\
        .filter(ProductionOrderORM.id == order_id)\
        .first()

    if not order:
        raise ValueError("Замовлення не знайдено")

```

```

return order.status

def _validate_status_transition(
    self,
    current_status: ProductionStatus,
    new_status: ProductionStatus
):
    allowed_transitions = {
        ProductionStatus.ACCEPTED: [ProductionStatus.IN_PROGRESS],
        ProductionStatus.IN_PROGRESS: [ProductionStatus.QUALITY_CONTROL],
        ProductionStatus.QUALITY_CONTROL:
[ProductionStatus.READY_FOR_SHIPMENT]
    }

    if new_status not in allowed_transitions.get(current_status, []):
        raise ValueError(
            f"Недопустимий перехід статусу: "
            f"{current_status.value} → {new_status.value}"
        )

```

Ініціалізація БД

```

def init_db():
    Base.metadata.create_all(bind=engine)

if __name__ == "__main__":
    init_db()

```

Приклад використання (CRM ↔ MES)

```

if __name__ == "__main__":
    session = SessionLocal()
    controller = ProductionStatusController(session)

    order = controller.create_order(
        product_name="Композитна труба Ø400",

```

```

    diameter_mm=400,
    length_m=6.0
)

controller.update_status(order.id, ProductionStatus.IN_PROGRESS)
controller.update_status(order.id, ProductionStatus.QUALITY_CONTROL)
controller.update_status(order.id, ProductionStatus.READY_FOR_SHIPMENT)

print(
    f"Поточний статус замовлення {order.id}: "
    f"{controller.get_status(order.id)}"
)

```

Для збереження та оброблення даних про статуси виробничих замовлень у CRM-системі використано реляційну базу даних PostgreSQL. Доступ до БД реалізовано за допомогою ORM-бібліотеки SQLAlchemy, що дозволяє абстрагуватися від низькорівневих SQL-запитів та забезпечує надійну й масштабовану роботу з даними. Модуль контролю статусу виробництва підтримує збереження поточного стану замовлення, перевірку коректності переходів між статусами та оновлення інформації в режимі реального часу.

Модуль логістики та складу забезпечує облік готової продукції, планування відвантажень та контроль складських залишків. Реалізація модуля сприяє зменшенню часу оброблення замовлень та оптимізації логістичних процесів. Розглянемо на прикладі реалізацію модуля логістики та складу на мові Python з використанням PostgreSQL. Розроблений модуль забезпечує облік готової продукції; контроль складських залишків; планування відвантажень; зменшення часу оброблення замовлень за рахунок автоматизації. Проаналізуємо структуру БД модуля логістики та складу.

Таблиця 3.3 – warehouse_products

| Поле | Тип | Призначення |
|--------------|---------|-----------------|
| id | SERIAL | Ідентифікатор |
| product_name | VARCHAR | Назва продукції |
| diameter_mm | INTEGER | Діаметр труби |
| length_m | FLOAT | Довжина |

| Поле | Тип | Призначення |
|----------|---------|---------------------|
| quantity | INTEGER | Кількість на складі |

Таблиця 3.4 – shipments

| Поле | Тип | Призначення |
|---------------|-----------|-----------------------------|
| id | SERIAL | Ідентифікатор відвантаження |
| order_id | INTEGER | ID замовлення |
| product_id | INTEGER | Продукція |
| quantity | INTEGER | Кількість |
| shipment_date | TIMESTAMP | Дата відвантаження |
| status | VARCHAR | Статус відвантаження |

Підключення до PostgreSQL (спільне для CRM) на мові Python виглядає наступним чином:

```

from sqlalchemy import create_engine
from sqlalchemy.orm import sessionmaker, declarative_base

DATABASE_URL = "postgresql://crm_user:password@localhost:5432/crm_db"

engine = create_engine(DATABASE_URL)
SessionLocal = sessionmaker(bind=engine)

Base = declarative_base()

ORM-моделі складу та відвантажень

from sqlalchemy import Column, Integer, String, Float, DateTime, ForeignKey
from datetime import datetime

Склад готової продукції
class WarehouseProduct(Base):
    __tablename__ = "warehouse_products"

    id = Column(Integer, primary_key=True)
    product_name = Column(String, nullable=False)
    diameter_mm = Column(Integer, nullable=False)

```

```
length_m = Column(Float, nullable=False)
quantity = Column(Integer, nullable=False)
```

Відвантаження

```
class Shipment(Base):
    __tablename__ = "shipments"

    id = Column(Integer, primary_key=True)
    order_id = Column(Integer, nullable=False)
    product_id = Column(Integer, ForeignKey("warehouse_products.id"))
    quantity = Column(Integer, nullable=False)
    shipment_date = Column(DateTime, default=datetime.utcnow)
    status = Column(String, default="Заплановано")
```

Модуль логістики та складу

```
class LogisticsWarehouseModule:

    def __init__(self, db_session):
        self.db = db_session

    def add_product_to_warehouse(
        self, product_name, diameter_mm, length_m, quantity
    ):
        """Додавання готової продукції на склад"""
        product = WarehouseProduct(
            product_name=product_name,
            diameter_mm=diameter_mm,
            length_m=length_m,
            quantity=quantity
        )
        self.db.add(product)
        self.db.commit()
        self.db.refresh(product)
        return product
```

```

def get_stock_level(self, product_id: int) -> int:
    """Контроль складських залишків"""
    product = self.db.query(WarehouseProduct)\
        .filter(WarehouseProduct.id == product_id)\
        .first()

    if not product:
        raise ValueError("Продукт не знайдено")

    return product.quantity

def plan_shipment(self, order_id, product_id, quantity):
    """Планування відвантаження"""
    product = self.db.query(WarehouseProduct)\
        .filter(WarehouseProduct.id == product_id)\
        .first()

    if not product:
        raise ValueError("Продукт не знайдено")

    if product.quantity < quantity:
        raise ValueError("Недостатньо продукції на складі")

    product.quantity -= quantity
    shipment = Shipment(
        order_id=order_id,
        product_id=product_id,
        quantity=quantity,
        status="Заплановано"
    )

    self.db.add(shipment)
    self.db.commit()
    self.db.refresh(shipment)
    return shipment

```

```

def confirm_shipment(self, shipment_id: int):
    """Підтвердження відвантаження"""
    shipment = self.db.query(Shipment)\
        .filter(Shipment.id == shipment_id)\
        .first()

    if not shipment:
        raise ValueError("Відвантаження не знайдено")

    shipment.status = "Відвантажено"
    shipment.shipment_date = datetime.utcnow()

    self.db.commit()

```

Ініціалізація таблиць

```

def init_db():
    Base.metadata.create_all(bind=engine)

if __name__ == "__main__":
    init_db()

```

Наведемо приклад використання модуля

```

if __name__ == "__main__":
    session = SessionLocal()
    logistics = LogisticsWarehouseModule(session)

    product = logistics.add_product_to_warehouse(
        product_name="Композитна труба Ø400",
        diameter_mm=400,
        length_m=6.0,
        quantity=50
    )

    print("Залишок на складі:", logistics.get_stock_level(product.id))

```

```
shipment = logistics.plan_shipment(  
    order_id=101,  
    product_id=product.id,  
    quantity=10  
)  
  
logistics.confirm_shipment(shipment.id)  
  
print("Залишок після відвантаження:",  
    logistics.get_stock_level(product.id))
```

Програмну реалізацію модулю логістики та складу здійснено на основі реляційної бази даних PostgreSQL та ORM-бібліотеки SQLAlchemy, що забезпечує надійну роботу з даними. Автоматизація операцій складу та логістики дозволяє зменшити час оброблення замовлень, мінімізувати помилки обліку та оптимізувати логістичні процеси підприємства з виробництва та постачання композитних труб.

Висновок до розділу 3.

У розділі 3 було розроблено та обґрунтовано програмну реалізацію CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб. Розглянута архітектура програмного забезпечення базується на модульному принципі, що забезпечує логічний розподіл функціональних обов'язків між підсистемами та спрощує подальше масштабування і супровід системи. Реалізовано ключові програмні модулі CRM-системи, зокрема модуль контролю статусу виробництва та модуль логістики і складу. Модуль контролю статусу виробництва забезпечує моніторинг стану виконання виробничих замовлень, підтримує коректні переходи між статусами та реалізує інтеграцію з виробничими інформаційними системами. Модуль логістики та складу реалізує облік готової продукції, контроль складських залишків і планування відвантажень, що сприяє підвищенню оперативності логістичних процесів.

Для збереження та оброблення даних використано реляційну базу даних PostgreSQL та ORM-бібліотеку SQLAlchemy, що дозволяє забезпечити цілісність даних, зменшити кількість помилок при роботі з базою даних та підвищити надійність програмного забезпечення. Використання сучасних інструментів розробки сприяє підвищенню продуктивності системи та її адаптивності до змін бізнес-процесів підприємства. Результати програмної реалізації підтверджують доцільність застосування CRM-системи для автоматизації управління взаємодією з клієнтами, виробничими та логістичними процесами підприємства. Запропоновані програмні рішення забезпечують зменшення часу оброблення замовлень, підвищення прозорості бізнес-процесів і створюють основу для подальшого розвитку та інтеграції системи з іншими інформаційними ресурсами підприємства.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організаційно-правові основи забезпечення безпеки праці

Розробка та впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства пов'язані з тривалою роботою інженерів-програмістів, аналітиків та операторів за відеодисплейними терміналами. Забезпечення безпечних умов праці на цих робочих місцях регулюється чинним законодавством України та нормативно-правовими актами з охорони праці (НПАОП).

Правовою основою охорони праці в Україні є Конституція України, Кодекс законів про працю (КЗпП) та Закон України «Про охорону праці». Відповідно до статті 6 Закону України «Про охорону праці», умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, робота машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Організація робочих місць персоналу, який займається розробкою та експлуатацією CRM-системи, регламентується такими основними нормативними документами:

НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з візуальними дисплейними терміналами» — головний документ, що визначає вимоги до організації праці за комп'ютером, тривалості робочих змін та перерв;

ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» – визначає норми освітленості робочих місць у приміщеннях з комп'ютерною технікою.

4.2 Характеристика об'єкта та виявлення потенційних небезпек

У сучасних умовах цифровізації промислових підприємств особливого значення набуває впровадження комп'ютерно-інтегрованих систем оброблення даних, зокрема CRM-систем, що забезпечують централізоване

управління інформаційними потоками. Для підприємств, діяльність яких пов'язана з виробництвом та постачанням продукції, ефективна обробка даних є ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності та якості управлінських рішень. Постановка завдання бакалаврської роботи ґрунтується на необхідності створення комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства, яка забезпечуватиме надійний збір, зберігання, аналіз і передачу інформації між функціональними підрозділами. Така система повинна підтримувати бізнес-процеси підприємства в умовах зростання обсягів даних та ускладнення логістичних і виробничих ланцюгів.

Однією з основних проблем, що зумовлюють актуальність поставленого завдання, є фрагментарність інформаційних ресурсів на підприємствах. Дані про клієнтів, замовлення, виробництво та логістику часто зберігаються в різних системах або обробляються вручну, що призводить до помилок, затримок та зниження ефективності управління.

Метою даного розділу є ідентифікування потенційних небезпек, які можуть виникати на етапах проєктування, впровадження та експлуатації системи. Для досягнення поставленої мети необхідно визначити межі системи та її взаємодії з іншими інформаційними ресурсами підприємства. CRM-система повинна інтегруватися з виробничими та обліковими системами, що забезпечує єдиний інформаційний простір та виключає дублювання даних. Під час розробки комп'ютерно-інтегрованої системи необхідно враховувати потенційні небезпеки, пов'язані з некоректною організацією оброблення даних. До таких небезпек належать помилки введення інформації, втрати даних, порушення їх цілісності та несинхронізованість між різними модулями системи. Окрему групу небезпек становлять технічні ризики, пов'язані з відмовами апаратного забезпечення або програмних компонентів. Несправності серверів, мережевого обладнання чи баз даних можуть призвести до зупинки роботи CRM-системи та порушення бізнес-процесів підприємства. Не менш важливими є ризики, пов'язані з інформаційною безпекою. Несанкціонований доступ до даних клієнтів, комерційної

інформації або виробничих показників може спричинити фінансові втрати та репутаційні ризики для підприємства. У процесі ідентифікування потенційних небезпек необхідно враховувати людський фактор. Недостатній рівень підготовки персоналу, помилки користувачів або нехтування регламентами роботи з CRM-системою можуть знизити ефективність її використання.

Слід звернути увагу на ризики, пов'язані з некоректним формуванням вимог до системи. Неповний або суперечливий опис бізнес-процесів на етапі проєктування може призвести до створення CRM-системи, яка не відповідає реальним потребам підприємства. Інтеграція CRM-системи з іншими інформаційними системами підприємства може супроводжуватися додатковими небезпеками, зокрема несумісністю форматів даних, затримками обміну інформацією та складністю підтримки інтеграційних інтерфейсів. Суттєвим ризиком є перевантаження системи внаслідок зростання кількості користувачів або обсягів оброблюваних даних. За відсутності масштабованої архітектури це може призвести до зниження продуктивності та збільшення часу оброблення запитів. Під час експлуатації CRM-системи можливі небезпеки, пов'язані з втратою актуальності даних. Несвоєчасне оновлення інформації про замовлення, виробництво або складські залишки може негативно впливати на прийняття управлінських рішень. Окремо слід розглядати ризики, пов'язані з резервним копіюванням та відновленням даних. Відсутність налагоджених процедур резервного копіювання може призвести до повної втрати критично важливої інформації у разі аварійних ситуацій.

Постановка завдання передбачає визначення заходів щодо мінімізації виявлених небезпек. До таких заходів належать використання надійних СУБД, впровадження механізмів контролю доступу, аудит дій користувачів та регулярне резервне копіювання даних. Для зменшення впливу людського фактора доцільно передбачити навчання персоналу та розробку інструкцій з експлуатації CRM-системи, що сприятиме правильному використанню програмного забезпечення та зниженню кількості помилок. З метою підвищення надійності системи важливим є застосування модульної

архітектури, яка дозволяє локалізувати збої та спрощує процес технічного обслуговування і модернізації програмного забезпечення. У контексті комп'ютерно-інтегрованих систем особливу увагу слід приділяти стандартизації обміну даними. Використання уніфікованих форматів та протоколів знижує ризики помилок під час інтеграції різних підсистем. Розглядаючи потенційні небезпеки, необхідно також враховувати зовнішні чинники, такі як перебої електропостачання, збої в роботі мережі Інтернет або кіберзагрози. Зазначені фактори можуть істотно впливати на стабільність роботи CRM-системи. У таблиці 4.1 ми узагальнили інформацію щодо потенційних небезпек, які виникають у CRM-системі підприємства з виробництва та постачання композитних труб.

Таблиця 4.1 – Потенційні небезпеки, що можуть виникати у CRM-системі підприємства

| № | Потенційна небезпека | Причина виникнення | Можливі наслідки | Заходи мінімізації |
|----|--------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | Втрата або пошкодження даних | Збої серверів, помилки БД | Втрата критичної інформації | Резервне копіювання, реплікація БД |
| 2 | Некоректне введення даних | Людський фактор | Помилки в обліку та звітах | Валідація даних, навчання персоналу |
| 3 | Несанкціонований доступ | Недостатній захист доступу | Витік комерційної інформації | Автентифікація, авторизація |
| 4 | Відмова програмного забезпечення | Помилки в коді, перевантаження | Зупинка бізнес-процесів | Тестування, модульна архітектура |
| 5 | Перевантаження системи | Зростання обсягів даних | Зниження продуктивності | Масштабована архітектура |
| 6 | Несумісність із зовнішніми системами | Відсутність стандартів обміну | Порушення інтеграції | Уніфіковані формати та API |
| 7 | Втрата актуальності даних | Несвоєчасне оновлення | Помилкові управлінські рішення | Автоматичне оновлення статусів |
| 8 | Збої електропостачання | Зовнішні чинники | Простої системи | Джерела безперебійного живлення |
| 9 | Низька кваліфікація користувачів | Відсутність навчання | Неефективне використання CRM | Інструкції, навчальні матеріали |
| 10 | Порушення цілісності | Помилки | Некоректні звіти | Транзакційна |

| | | | | |
|--|-------|---------------|--|---------------|
| | даних | синхронізації | | обробка даних |
|--|-------|---------------|--|---------------|

Постановка завдання бакалаврської роботи передбачає створення такої комп'ютерно-інтегрованої системи, яка буде стійкою до зазначених небезпек та здатною забезпечити безперервність бізнес-процесів підприємства. Узагальнення потенційних небезпек дозволяє сформулювати перелік вимог до архітектури та програмної реалізації CRM-системи, спрямованих на підвищення її надійності, безпеки та ефективності. Отже, ідентифікування потенційних небезпек є невід'ємною частиною постановки завдання на розробку комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства. Результати даного розділу створюють методологічну основу для подальшого проєктування та програмної реалізації CRM-системи, орієнтованої на потреби підприємства та сучасні вимоги до інформаційних систем управління. Отримані висновки дозволяють обґрунтувати вибір технічних і програмних рішень, а також визначити напрями подальшого вдосконалення системи з урахуванням можливих ризиків і небезпек.

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

Аналіз та оцінка ризиків є невід'ємною складовою процесу розробки комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства. Проведення такого аналізу дозволяє завчасно виявити потенційні загрози, оцінити їх вплив на функціонування системи та визначити заходи щодо мінімізації негативних наслідків. У сучасних умовах функціонування підприємств інформаційні системи відіграють ключову роль у підтримці бізнес-процесів. Будь-які збої або помилки в роботі CRM-системи можуть призвести до порушення виробничих, логістичних та управлінських процесів, що обґрунтовує необхідність системного підходу до аналізу ризиків.

Під ризиком у межах даної роботи розуміється ймовірність виникнення подій, які можуть негативно вплинути на коректність оброблення даних,

стабільність роботи CRM-системи або безпеку інформації. Оцінка ризиків здійснюється з урахуванням технічних, програмних, організаційних та людських чинників.

Першим етапом аналізу ризиків є ідентифікація можливих джерел загроз. До них належать відмови апаратного забезпечення, програмні помилки, несанкціонований доступ до інформації, а також помилки користувачів під час роботи з системою. Особливу увагу слід приділити технічним ризикам, пов'язаним із роботою серверного обладнання та мережевої інфраструктури. Відмова серверів баз даних або комунікаційних каналів може призвести до повної зупинки доступу до CRM-системи. Програмні ризики включають наявність помилок у коді, некоректну обробку виключних ситуацій та недостатнє тестування програмних модулів. Такі ризики можуть проявлятися у вигляді некоректної обробки даних або втрати частини інформації. Важливим аспектом аналізу ризиків є оцінка загроз інформаційній безпеці (див. табл. 4.2). CRM-система зберігає конфіденційні дані про клієнтів, замовлення та внутрішні процеси підприємства, що робить її потенційною ціллю кіберзагроз.

До ризиків інформаційної безпеки належать несанкціонований доступ, витік даних, атаки типу SQL-ін'єкцій або відмова в обслуговуванні. Реалізація таких загроз може мати серйозні фінансові та репутаційні наслідки для підприємства. Організаційні ризики пов'язані з недосконалістю внутрішніх регламентів роботи з CRM-системою. Відсутність чітко визначених процедур доступу та відповідальності користувачів підвищує ймовірність помилок і зловживань.

Людський фактор є одним із найскладніших для формалізації ризиків. Недостатня кваліфікація персоналу, неуважність або порушення правил експлуатації можуть призвести до неправильного введення або видалення даних.

Для оцінки ризиків у даній роботі використано якісний підхід, який базується на визначенні ймовірності виникнення ризику та ступеня його

впливу на функціонування системи. Такий підхід є доцільним для бакалаврської роботи та дозволяє отримати наочні результати. Ймовірність виникнення ризику може оцінюватися як низька, середня або висока залежно від частоти можливого прояву загрози. Ступінь впливу визначається за масштабом можливих наслідків для діяльності підприємства. На основі поєднання ймовірності та впливу формується рівень ризику, який дозволяє пріоритезувати загрози та зосередити увагу на найбільш критичних із них. Найвищий пріоритет мають ризики з високою ймовірністю та значним впливом.

Ризики, пов'язані з відмовами апаратного забезпечення, зазвичай мають середню ймовірність, але високий рівень впливу. Це обґрунтовує необхідність використання резервного обладнання та систем безперебійного живлення. Програмні ризики можуть мати різний рівень ймовірності залежно від якості розробки та тестування. Застосування модульної архітектури та автоматизованого тестування дозволяє знизити їхній рівень. Ризики інформаційної безпеки часто характеризуються високим ступенем впливу, оскільки пов'язані з конфіденційністю даних. Навіть за низької ймовірності їх реалізація може мати критичні наслідки.

Таблиця 4.2 – Оцінки ризиків CRM-системи

| № | Вид ризику | Опис ризику | Ймовірність виникнення | Ступінь впливу | Загальний рівень ризику |
|---|----------------------|--|------------------------|----------------|-------------------------|
| 1 | Технічний | Відмова серверного обладнання | Середня | Високий | Високий |
| 2 | Програмний | Наявність помилок у програмному коді | Середня | Середній | Середній |
| 3 | Інформаційна безпека | Несанкціонований доступ до даних | Низька | Високий | Середній |
| 4 | Дані | Втрата або пошкодження даних БД | Низька | Високий | Середній |
| 5 | Організаційний | Відсутність чітких регламентів роботи | Середня | Середній | Середній |
| 6 | Кадровий | Низька кваліфікація користувачів | Середня | Низький | Низький |
| 7 | Інтеграційний | Помилки обміну даними з іншими системами | Середня | Середній | Середній |

| | | | | | |
|----|--------------------|--|---------|----------|----------|
| 8 | Продуктивність | Перевантаження системи при зростанні даних | Низька | Середній | Низький |
| 9 | Зовнішні чинники | Перебої електропостачання або мережі | Низька | Високий | Середній |
| 10 | Актуальність даних | Несвоєчасне оновлення інформації | Середня | Середній | Середній |

Наведена таблиця дозволяє наочно оцінити рівень основних ризиків, пов'язаних з розробкою та експлуатацією комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи, а також визначити пріоритетні напрями впровадження заходів щодо їх мінімізації.

Організаційні та кадрові ризики зазвичай мають середній рівень впливу, але можуть проявлятися систематично. Їх мінімізація потребує не лише технічних, а й управлінських рішень. Оцінка ризиків дозволяє сформувати перелік заходів щодо їх зниження. До таких заходів належать резервне копіювання даних, розмежування прав доступу, аудит дій користувачів та навчання персоналу.

Важливим елементом управління ризиками є регулярний моніторинг стану системи. Постійний аналіз журналів подій та показників продуктивності дозволяє своєчасно виявляти потенційні проблеми. У контексті КІС доцільним є застосування принципів відмовостійкості, що передбачає здатність системи продовжувати роботу або швидко відновлюватися після збоїв. Аналіз ризиків також повинен враховувати перспективи розвитку CRM-системи. Розширення функціональності та зростання кількості користувачів можуть змінювати профіль ризиків. На етапі проєктування системи результати оцінки ризиків використовуються для обґрунтування вибору архітектурних рішень та технологій реалізації, що сприяє створенню більш надійної та стійкої системи. Під час експлуатації CRM-системи аналіз ризиків має носити безперервний характер. Зміни в організації роботи підприємства або зовнішньому середовищі можуть призводити до появи нових загроз. Загальний рівень ризику для розроблюваної комп'ютерно-інтегрованої системи оцінюється як

прийнятний за умови впровадження рекомендованих заходів мінімізації, що підтверджує доцільність обраних технічних рішень.

Отримані результати аналізу та оцінки ризиків свідчать про необхідність комплексного підходу до забезпечення надійності та безпеки CRM-системи підприємства. Врахування ризиків на ранніх етапах розробки дозволяє зменшити витрати на усунення проблем у майбутньому та підвищити якість програмного забезпечення. Проведений аналіз та оцінка ризиків створюють основу для обґрунтованого проєктування комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства. Результати даного розділу можуть бути використані для формування рекомендацій щодо подальшого розвитку системи та підвищення її стійкості до внутрішніх і зовнішніх загроз.

Проаналізуємо можливі надзвичайні події, які можуть виникнути під час експлуатації КІС оброблення даних у CRM-системі підприємства, а також заходи щодо мінімізації їх наслідків. Надзвичайні ситуації на сучасних підприємствах можуть мати як техногенний, так і природний характер, а також бути пов'язаними з людським фактором або навмисними зовнішніми впливами. Інформаційні системи, зокрема CRM, є вразливими до таких подій через залежність від електроживлення, мережевої інфраструктури та програмного забезпечення. Особливістю КІС є тісна взаємодія програмних, апаратних та організаційних компонентів, що обумовлює необхідність комплексного підходу до забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях. Одним із найбільш поширених видів надзвичайних ситуацій є перебої або повне зникнення електропостачання. Для CRM-системи це може призвести до втрати доступу до даних, зупинки бізнес-процесів та порушення цілісності інформації. У таблиці 4.3 узагальнимо основні види надзвичайних ситуацій, характерних для комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи, та визначимо базові заходи реагування, спрямовані на зменшення негативних наслідків і забезпечення безперервності роботи підприємства.

Таблиця 4.3 – Основні види надзвичайних ситуацій та заходи реагування

| № | Вид надзвичайної | Можливі наслідки | Основні заходи реагування |
|---|------------------|------------------|---------------------------|
|---|------------------|------------------|---------------------------|

| | ситуації | | |
|---|-----------------------------------|---|---|
| 1 | Перебої електропостачання | Зупинка роботи CRM-системи, втрата доступу до даних | Використання ДБЖ, резервних генераторів, коректне завершення роботи системи |
| 2 | Відмова серверного обладнання | Порушення бізнес-процесів, втрата даних | Резервування серверів, кластеризація, оперативна заміна обладнання |
| 3 | Пожежа у серверному приміщенні | Знищення обладнання та інформації | Пожежна сигналізація, автоматичне пожежогасіння, евакуація персоналу |
| 4 | Стихійні лиха (повінь, буревій) | Фізичне пошкодження інфраструктури | Географічне резервування даних, використання віддалених ЦОД |
| 5 | Кібератака або вірусне зараження | Блокування або витік даних | Антивірусний захист, міжмережеві екрани, ізоляція уражених сегментів |
| 6 | Помилки персоналу | Аварійні збої, некоректна робота системи | Навчання персоналу, чіткі інструкції та регламенти дій |
| 7 | Втрата або пошкодження бази даних | Неможливість відновлення інформації | Регулярне резервне копіювання, контроль цілісності БД |
| 8 | Порушення мережевого з'єднання | Втрата доступу до CRM-системи | Резервні канали зв'язку, моніторинг мережі |

З метою зниження негативних наслідків від перебоїв електропостачання доцільним є використання джерел безперебійного живлення, резервних генераторів та стабілізаторів напруги для серверного та мережевого обладнання. Іншою потенційною надзвичайною ситуацією є відмова серверного обладнання або мережевих пристроїв. Такі відмови можуть бути спричинені зношенням техніки, перегрівом, виробничими дефектами або зовнішніми впливами. Для підвищення надійності функціонування CRM-системи в умовах апаратних відмов застосовуються резервування серверів, дублювання мережевих каналів та використання кластерних рішень.

Важливу загрозу становлять пожежі у приміщеннях, де розміщене серверне обладнання. Виникнення пожежі може призвести не лише до втрати техніки, а й до повного знищення інформаційних ресурсів підприємства. З метою запобігання таким ситуаціям серверні приміщення повинні бути обладнані системами пожежної сигналізації, автоматичного пожежогасіння та відповідати вимогам пожежної безпеки. До надзвичайних ситуацій природного характеру належать повені, землетруси, сильні буревії та інші

стихійні лиха, які можуть порушити роботу інфраструктури підприємства та спричинити фізичне пошкодження обладнання. У таких умовах важливим є географічне резервування даних, зокрема використання віддалених центрів оброблення даних або хмарних сервісів для зберігання резервних копій.

Окрему групу надзвичайних ситуацій складають кіберінциденти, зокрема масові кібератаки, зараження шкідливим програмним забезпеченням або цілеспрямовані атаки на сервери CRM-системи. У разі реалізації таких загроз можливе блокування доступу до даних, їх спотворення або повна втрата, що негативно впливає на функціонування підприємства. Для забезпечення безпеки у випадку кіберінцидентів необхідно застосовувати антивірусний захист, міжмережеві екрани, системи виявлення вторгнень та регулярне оновлення програмного забезпечення. Значний вплив на виникнення надзвичайних ситуацій має людський фактор. Помилки персоналу, недотримання інструкцій або недостатній рівень підготовки можуть призвести до аварійних збоїв у роботі CRM-системи. Зменшення ризиків, пов'язаних з людським фактором, досягається шляхом проведення навчання персоналу, розробки чітких інструкцій та регламентів дій у надзвичайних ситуаціях. Важливим елементом забезпечення безпеки є розробка плану реагування на надзвичайні ситуації, який визначає порядок дій відповідальних осіб у разі виникнення аварій або катастроф. Такий план повинен включати процедури оповіщення персоналу, алгоритми аварійного завершення роботи системи та порядок відновлення її функціонування. Одним із ключових заходів є регулярне резервне копіювання даних CRM-системи. Наявність актуальних резервних копій дозволяє відновити інформацію у разі її втрати або пошкодження. Резервне копіювання доцільно здійснювати за комбінованою схемою, використовуючи як локальні, так і віддалені сховища даних. У контексті надзвичайних ситуацій важливо забезпечити фізичну безпеку серверних приміщень, зокрема обмежити доступ сторонніх осіб та організувати контроль доступу.

Захист інформації у надзвичайних ситуаціях також передбачає використання криптографічних методів, що унеможливають несанкціонований доступ до даних навіть у разі фізичного викрадення носіїв. В умовах надзвичайних ситуацій особливого значення набуває безперервність бізнес-процесів. CRM-система повинна забезпечувати можливість швидкого відновлення роботи з мінімальними втратами часу. Для цього застосовуються стратегії відновлення після аварій, зокрема визначення допустимого часу простою та максимально допустимої втрати даних. Регулярне тестування планів реагування та відновлення дозволяє перевірити готовність персоналу та технічних засобів до дій у надзвичайних ситуаціях. Результати таких тестувань можуть бути використані для вдосконалення організаційних та технічних заходів безпеки. У процесі експлуатації CRM-системи необхідно постійно аналізувати нові потенційні загрози та оновлювати заходи безпеки відповідно до змін умов функціонування підприємства.

Комплексний підхід до забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях дозволяє значно знизити ризики втрати даних та простою інформаційної системи. Реалізація запропонованих заходів сприяє підвищенню надійності КІС оброблення даних у CRM-системі підприємства. Забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях є невід'ємною складовою процесу проектування та впровадження сучасних CRM-систем і безпосередньо впливає на стабільність та ефективність діяльності підприємства.

Висновок до розділу 4.

У розділі 4 було комплексно розглянуто умови безпечної експлуатації комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства. Основну увагу приділено ідентифікації небезпечних та шкідливих факторів, що можуть виникати під час роботи персоналу з інформаційними технологіями та серверним обладнанням. Проаналізовано вплив фізичних, психофізіологічних, електротехнічних та організаційних факторів на безпеку праці працівників, задіяних в експлуатації CRM-системи.

Встановлено, що дотримання нормативних вимог з охорони праці, зокрема щодо організації робочого місця, освітлення, мікроклімату та режиму праці, суттєво знижує ризик виникнення професійних захворювань та травматизму.

У межах розділу 4 розглянуто потенційні надзвичайні ситуації техногенного, природного та інформаційного характеру, які можуть вплинути на стабільність функціонування комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи. Проведено аналіз можливих наслідків таких ситуацій та визначено основні заходи реагування, спрямовані на мінімізацію втрат і забезпечення безперервності бізнес-процесів підприємства. Обґрунтовано доцільність впровадження технічних і організаційних заходів безпеки, зокрема використання джерел безперебійного живлення, резервного копіювання даних, систем пожежної сигналізації та контролю доступу. Показано, що розробка та регулярне оновлення планів реагування на надзвичайні ситуації, навчання персоналу діям у аварійних умовах, є важливими чинниками підвищення рівня захищеності як працівників, так і інформаційних ресурсів підприємства.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання, що полягає у розробці та дослідженні комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства з виробництва та постачання композитних труб. Актуальність обраної теми зумовлена зростанням обсягів інформації, необхідністю автоматизації управлінських процесів та підвищення ефективності прийняття рішень на сучасних промислових підприємствах.

У першому розділі роботи проаналізовано основні методи оброблення даних у CRM-системах підприємства. Розглянуто роль CRM як ключового елемента комп'ютерно-інтегрованих систем управління, що забезпечує інтеграцію інформаційних потоків між виробничими, логістичними та управлінськими підрозділами. Досліджено методи збору, зберігання та попередньої обробки даних, а також аналітичні підходи до підтримки прийняття управлінських рішень, що дозволило сформулювати теоретичну основу для подальших досліджень.

У другому розділі здійснено формалізацію процесів оброблення даних та інформаційних потоків у CRM-системі підприємства. Запропоновано математичні моделі аналізу та прогнозування даних, які дозволяють підвищити точність оцінювання стану бізнес-процесів та ефективність управлінських рішень. Розроблено структурну та функціональну модель комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних для підприємства з виробництва композитних труб, що відображає взаємодію основних програмних та інформаційних компонентів.

Класична реалізація комп'ютерно-інтегрованої системи у вигляді модульної SOA-архітектури є логічним і обґрунтованим підходом до побудови сучасних CRM та виробничо-інформаційних систем. Вона забезпечує структурованість, гнучкість, інтегрованість і готовність до подальшого

розвитку, що робить її зручною як для практичної реалізації, так і для пояснення в межах дипломної роботи.

У третьому розділі виконано вибір середовища програмної реалізації CRM-системи з урахуванням вимог масштабованості, надійності та інтеграції з іншими інформаційними системами підприємства. Розроблено архітектуру програмної реалізації CRM-системи та інтеграційних модулів, а також наведено приклади програмної реалізації ключових функціональних підсистем, зокрема модулів контролю виробництва, логістики та складського обліку. Запропоновані рішення підтверджують можливість практичного впровадження розробленої системи. Програмна реалізація CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб спрямована на автоматизацію процесів роботи з клієнтами, управління замовленнями, координацію виробничих та логістичних операцій, а також забезпечення інтеграції з виробничими та обліковими системами. CRM виступає центральним інформаційним ядром, що об'єднує комерційний, виробничий і сервісний контури діяльності підприємства. Архітектурно CRM-система реалізується за модульним принципом з використанням клієнт-серверної моделі. Серверна частина відповідає за бізнес-логіку, обробку даних і інтеграцію з зовнішніми системами, тоді як клієнтська частина забезпечує зручний веб-інтерфейс для користувачів різних ролей: менеджерів з продажу, технологів, диспетчерів виробництва та керівників.

Для програмної реалізації CRM-системи були використані сучасні засоби розробки програмного забезпечення. Серверна частина системи реалізується мовою програмування Python. Для зберігання даних застосовано реляційну СУБД, зокрема MySQL. Клієнтська частина системи реалізується у вигляді веб-застосунку з використанням HTML, CSS, що забезпечує кросплатформеність і зручність доступу користувачів. У програмній реалізації CRM-системи передбачено механізми автентифікації та авторизації користувачів, а також розмежування прав доступу відповідно до посадових обов'язків. Для підвищення надійності зберігання даних застосовуються

резервне копіювання бази даних та журнали подій. Реалізація зазначених програмних рішень забезпечує ефективне функціонування CRM-системи підприємства з виробництва та постачання композитних труб, сприяє підвищенню прозорості бізнес-процесів і якості обслуговування клієнтів.

У четвертому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час експлуатації комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи. Проаналізовано потенційні небезпечні та шкідливі фактори, визначено можливі надзвичайні ситуації техногенного, природного та інформаційного характеру, а також обґрунтовано комплекс технічних і організаційних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці та безперервності функціонування системи. Для забезпечення безпеки доступу до системи реалізовано рольову модель користувачів. Кожна роль має визначені права: менеджер працює з клієнтами і замовленнями, технолог – з виробничими параметрами, а керівник – з аналітичними звітами, що зменшує ризик помилок і несанкціонованого доступу до критичних даних.

У результаті виконання бакалаврської роботи досягнуто поставленої мети та вирішено всі основні завдання дослідження. Розроблена комп'ютерно-інтегрована система оброблення даних у CRM-системі підприємства з виробництва та постачання композитних труб може бути використана як основа для впровадження або модернізації інформаційних систем управління на промислових підприємствах.

Практична цінність отриманих результатів полягає у можливості їх використання для автоматизації процесів управління взаємовідносинами з клієнтами, підвищення прозорості виробничих і логістичних процесів, а також зменшення часу оброблення управлінської інформації. Напрями подальших досліджень можуть бути пов'язані з розширенням аналітичних можливостей CRM-системи, використанням методів машинного навчання та інтеграцією з системами класу ERP та MES.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кіндрацька Г. І., Білик М. Д. CRM-системи в управлінні взаємовідносинами з клієнтами. – Львів : Львівська політехніка, 2019. – 256 с.
2. Laudon K. C., Laudon J. P. Management Information Systems: Managing the Digital Firm. – 16th ed. – Pearson, 2020. – 640 p.
3. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. – 3rd ed. – Wiley, 2013. – 564 p.
4. Inmon W. H. Building the Data Warehouse. – 4th ed. – Wiley, 2005. – 576 p.
5. Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques. – 3rd ed. – Morgan Kaufmann, 2012. – 744 p.
6. Pressman R. S., Maxim B. R. Software Engineering: A Practitioner's Approach. – 9th ed. – McGraw-Hill, 2020. – 976 p.
7. Sommerville I. Software Engineering. – 10th ed. – Pearson, 2016. – 816 p.
8. Fowler M. Patterns of Enterprise Application Architecture. – Addison-Wesley, 2003. – 560 p.
9. Richards M., Ford N. Fundamentals of Software Architecture. – O'Reilly Media, 2020. – 448 p.
10. Ramalho L. Fluent Python. – 2nd ed. – O'Reilly Media, 2022. – 1016 p.
11. McKinney W. Python for Data Analysis. – 3rd ed. – O'Reilly Media, 2022. – 579 p.
12. Tanenbaum A. S., Van Steen M. Distributed Systems: Principles and Paradigms. – 3rd ed. – Pearson, 2017. – 686 p.
13. ISO/IEC 27001:2022. Information security, cybersecurity and privacy protection – Information security management systems – Requirements.
14. ISO 22301:2019. Security and resilience – Business continuity management systems – Requirements.

15. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
16. Закон України Про охорону праці (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1992, № 49, ст.668). <https://zakon.rada.gov.ua>
17. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях». Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021.
18. ДСТУ EN 60204-1:2019 Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги (EN 60204-1:2018, IDT; IEC 60204-1:2016, MOD)
19. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
20. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення
21. ДСТУ 4297:2004 Пожежна техніка. Технічне обслуговування вогнегасників. Загальні технічні вимоги
22. ДСТУ EN 54-1:2022 Системи виявлення пожежі та пожежної сигналізації - Частина 1: Вступ (EN 54–1:2021, IDT)
23. ДСТУ EN ISO 7010:2019 Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO 7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT)
24. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту.

ДОДАТОК А

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

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

Розробка комп'ютерноінтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства

здобувач вищої освіти групи СІНЖ 2022-1

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Чурсінов Ілля Олександрович

Керівник Білецький Ігор Васильович, доктор економічних наук, професор, професор
кафедри АКІТ

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2

Метою бакалаврської роботи є розробка комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства, яка забезпечує автоматизований збір, зберігання, аналіз і обмін інформацією для підвищення ефективності управління клієнтськими процесами.

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

- Проаналізувати сучасні CRM-системи та методи оброблення даних у корпоративних інформаційних системах.
- Дослідити існуючі підходи до комп'ютерної інтеграції CRM-систем з іншими інформаційними ресурсами підприємства.
- Визначити вимоги до системи оброблення даних з урахуванням специфіки діяльності підприємства.
- Розробити структурну та функціональну модель комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі.
- Реалізувати програмні засоби автоматизованого оброблення та інтеграції даних.

АКТУАЛЬНІСТЬ

3

В умовах цифрової трансформації підприємств особливого значення набуває ефективне управління клієнтськими даними та бізнес-процесами на основі сучасних інформаційних технологій. CRM-системи є ключовим інструментом автоматизації взаємодії з клієнтами, проте їх ефективність значною мірою залежить від рівня комп'ютерної інтеграції, якості оброблення даних та взаємодії з іншими корпоративними інформаційними системами. Недостатня автоматизація процесів збору, аналізу та оброблення даних призводить до втрати інформації, зниження оперативності управлінських рішень та конкурентоспроможності підприємства, тому розробка комп'ютерно-інтегрованої системи оброблення даних у CRM-системі підприємства є актуальним науково-практичним завданням.

Об'єкт, предмет і методи дослідження

4

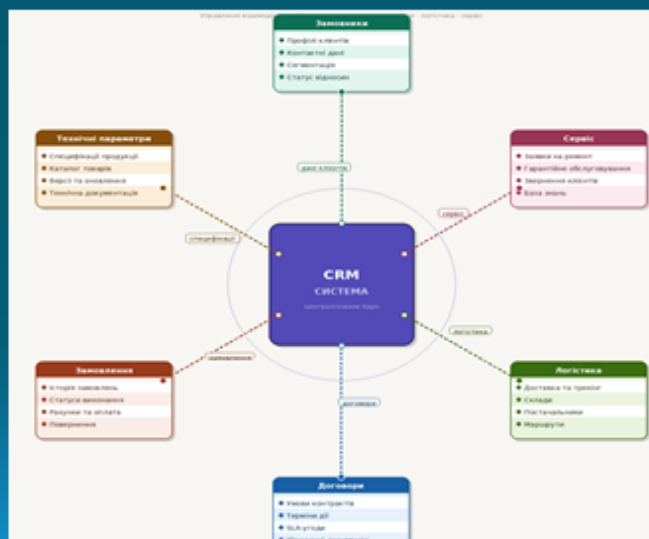
Об'єктом дослідження є процеси оброблення та управління даними в інформаційних системах підприємства.

Предметом дослідження є методи, моделі та програмно-технічні засоби комп'ютерної інтеграції і автоматизованого оброблення даних у CRM-системі підприємства.

У процесі виконання бакалаврської роботи використано такі методи дослідження, як аналіз і синтез для дослідження предметної області та формування вимог до системи; системний підхід для побудови структури комп'ютерно-інтегрованої системи; методи моделювання для розробки функціональних і інформаційних моделей CRM-системи; алгоритмічні та програмні методи для реалізації оброблення даних.

CRM-система – це спеціалізована інформаційно-аналітична підсистема, орієнтована на збір, зберігання, оброблення та аналіз даних про клієнтів, замовлення, продажі, сервісне обслуговування та маркетингову активність. Вона забезпечує безперервний інформаційний зв'язок між підрозділами підприємства, такими як відділи продажу, маркетингу, логістики, виробництва та фінансів, що сприяє узгодженості управлінських рішень і підвищенню прозорості бізнес-процесів.

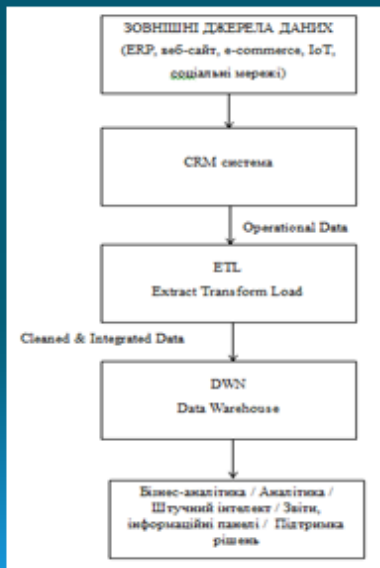
CRM-системи відіграють важливу роль у підтримці прийняття управлінських рішень. На основі вбудованих аналітичних інструментів, методів статистичного аналізу та прогнозування вони дозволяють оцінювати ефективність взаємодії з клієнтами, виявляти тенденції попиту, сегментувати клієнтську базу та прогнозувати обсяги продажів, що підвищує адаптивність системи управління підприємством до змін зовнішнього середовища та сприяє підвищенню конкурентоспроможності. CRM-системи використовують описову, діагностичну, предиктивну, прескриптивну аналітики та методи машинного навчання.



CRM-система виконує функцію централізованого ядра управління взаємодією з клієнтами, акумулюючи дані про замовників, технічні параметри продукції, історію замовлень, договірні умови, логістику та сервісне обслуговування.

Схема інтеграції CRM – ETL – DWH

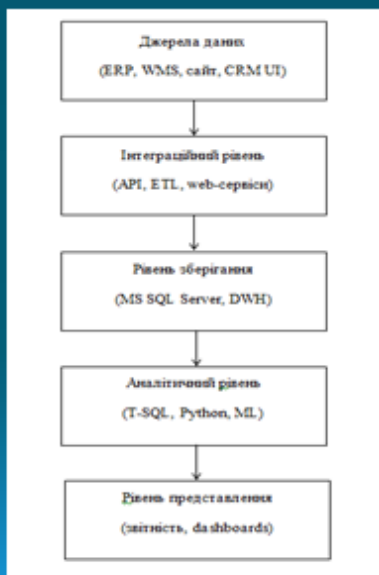
7



У архітектурі «CRM – ETL – DWH» CRM-система виступає основним операційним джерелом даних про клієнтів, продажі, звернення, маркетингові кампанії та історію взаємодії. Вона інтегрується з іншими корпоративними та зовнішніми системами (ERP, веб-платформами, електронною комерцією, IoT), що дозволяє акумулювати різноманітні дані в єдиному середовищі.

Узагальнена структурна схема CRM-системи підприємства

8



Система включає рівень джерел даних, рівень інтеграції та збору даних, рівень зберігання даних, рівень оброблення та аналітики, рівень представлення та підтримки рішень. На рівні джерел даних формуються первинні дані, пов'язані з діяльністю підприємства. Рівень інтеграції та збору даних забезпечує автоматизований та безперервний обмін інформацією між різними інформаційними системами підприємства. Рівень зберігання даних реалізується на основі MS SQL Server і включає оперативну реляційну базу даних CRM; сховища історичних даних; допоміжні таблиці для аналітики. Рівень оброблення та аналітики реалізує інтелектуальні функції CRM-системи та включає SQL-оброблення; аналітичні модулі; математичні та статистичні моделі. Рівень представлення та підтримки рішень забезпечує взаємодію користувачів із системою та включає веб-інтерфейс CRM; панелі моніторингу; аналітичні звіти; інструменти підтримки управлінських рішень.

Функції комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи та відповідальні підсистеми

9

| № | Функція CRM-системи | Опис функції | Відповідальна підсистема | Основні технології |
|---|---------------------------|---|---|---------------------|
| 1 | Збір даних про клієнтів | Реєстрація клієнтів, зберігання контактної та договірної інформації | Підсистема взаємодії з клієнтами (CRM UI) | Веб-інтерфейс, API |
| 2 | Облік замовлень | Фіксація замовлень на композитні труби, контроль статусів виконання | Підсистема управління продажами | CRM, ERP-інтеграція |
| 3 | Інтеграція з виробництвом | Отримання даних про виробничі потужності та графіки | Інтеграційна підсистема | API, web-сервіси |
| 4 | Інтеграція зі складом | Облік залишків продукції та сировини | Підсистема логістики | WMS, ETL |
| 5 | Попередня обробка даних | Валідація, нормалізація, усунення дублювання | ETL-підсистема | ETL-процеси |

Функції комп'ютерно-інтегрованої CRM-системи та відповідальні підсистеми

10

| № | Функція CRM-системи | Опис функції | Відповідальна підсистема | Основні технології |
|----|--------------------------------|---|-----------------------------|--------------------|
| 6 | Зберігання транзакційних даних | Збереження замовлень, клієнтів, фінансових операцій | Підсистема зберігання даних | MS SQL Server |
| 7 | Управління цілісністю даних | Контроль зв'язків, обмежень, ключів | Підсистема СУБД | T-SQL |
| 8 | Аналітична обробка | Агрегація даних, аналіз продажів і клієнтів | Аналітична підсистема | T-SQL, Python |
| 9 | Прогнозування попиту | Прогноз обсягів замовлень на композитні труби | Підсистема прогнозування | Python, ML |
| 10 | Сегментація клієнтів | Кластеризація клієнтів за поведінкою та обсягами | Аналітична підсистема | Python, K-means |

| № | Функція CRM-системи | Опис функції | Відповідальна підсистема | Основні технології |
|----|--------------------------------|---|--------------------------|--------------------|
| 11 | Формування звітів | Створення регулярних і аналітичних звітів | Підсистема звітності | BI, SQL |
| 12 | Візуалізація показників | Відображення KPI, дашбордів | Підсистема представлення | BI-інструменти |
| 13 | Підтримка управлінських рішень | Надання рекомендацій керівництву | DSS-підсистема | Аналітика, BI |
| 14 | Контроль доступу | Розмежування прав користувачів | Підсистема безпеки | MS SQL Security |
| 15 | Архівування даних | Збереження історичних даних | Підсистема зберігання | MS SQL Server |

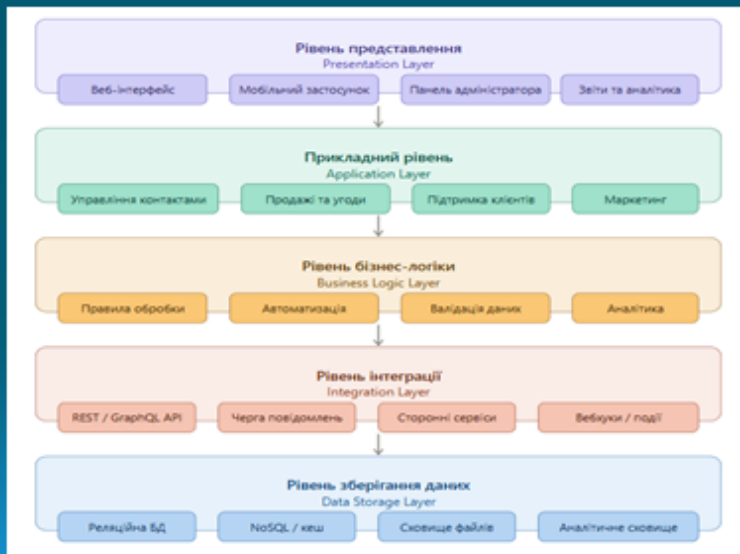
| № | Назва модуля | Функціональне призначення | Рівень архітектури |
|---|--|---|----------------------|
| 1 | Модуль користувацького інтерфейсу (UI/HMI) | Забезпечує взаємодію користувачів із системою, відображення даних, введення запитів, формування форм і звітів | Рівень представлення |
| 2 | CRM-сервіс управління клієнтами | Зберігання та оброблення даних про клієнтів, історію взаємодії, контракти, запити та звернення | Рівень бізнес-логіки |
| 3 | Сервіс управління замовленнями | Оброблення замовлень, контроль статусів виконання, інтеграція з виробництвом і логістикою | Рівень бізнес-логіки |
| 4 | Сервіс планування виробництва | Узгодження замовлень із виробничими потужностями, планування партій композитних труб | Рівень бізнес-логіки |

| № | Назва модуля | Функціональне призначення | Рівень архітектури |
|---|--------------------------------------|---|----------------------|
| 5 | Аналітичний сервіс (BI/Analytics) | Аналіз продажів, клієнтської активності, прогнозування попиту, підтримка управлінських рішень | Аналітичний рівень |
| 6 | Інтеграційний модуль (API / ESB) | Забезпечує обмін даними між CRM, ERP, MES, бухгалтерськими та зовнішніми системами | Інтеграційний рівень |
| 7 | ETL-модуль | Завантаження, трансформація та очищення даних для аналітичної обробки DWH | Інтеграційний рівень |
| 8 | Модуль управління базою даних (DBMS) | Зберігання транзакційних даних CRM у реляційній базі даних | Рівень даних |

| № | Назва модуля | Функціональне призначення | Рівень архітектури |
|----|------------------------------------|--|---------------------------|
| 9 | Сховище даних (DWH) | Консолідація історичних даних для аналітики, звітності та прогнозування | Аналітичний рівень |
| 10 | Модуль безпеки та доступу | Аутентифікація, авторизація користувачів, контроль доступу до сервісів і даних | Кросфункціональний рівень |
| 11 | Модуль моніторингу та журналювання | Контроль працездатності сервісів, реєстрація подій, аудит дій користувачів | Інфраструктурний рівень |

Загальна архітектура CRM-системи

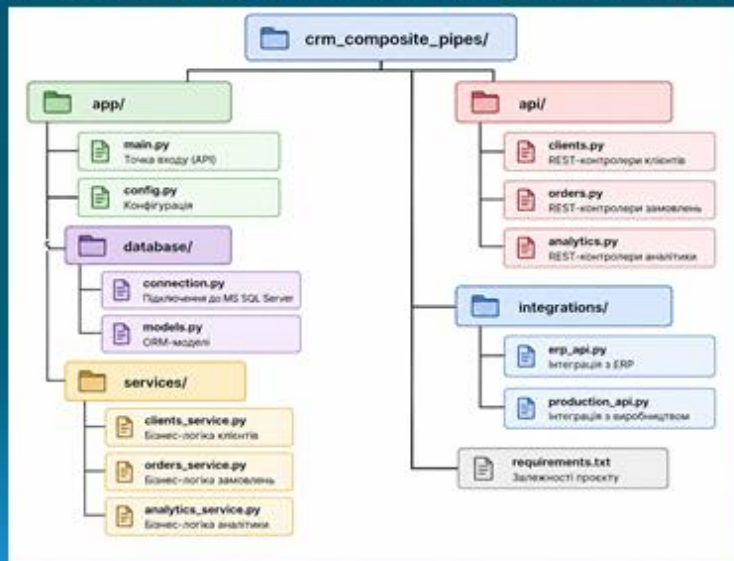
15



Специфіка діяльності підприємства зумовлює необхідність оброблення комерційних, технологічних, проектних і договірних даних, що вимагає побудови гнучкої, багаторівневої архітектури CRM-системи, орієнтованої на інтеграцію з виробничими та обліковими системами. Сервісно-орієнтована архітектура CRM-системи включає рівень представлення, прикладний рівень, рівень бізнес-логіки, рівень інтеграції та рівень зберігання даних.

Загальна структура програмного проекту

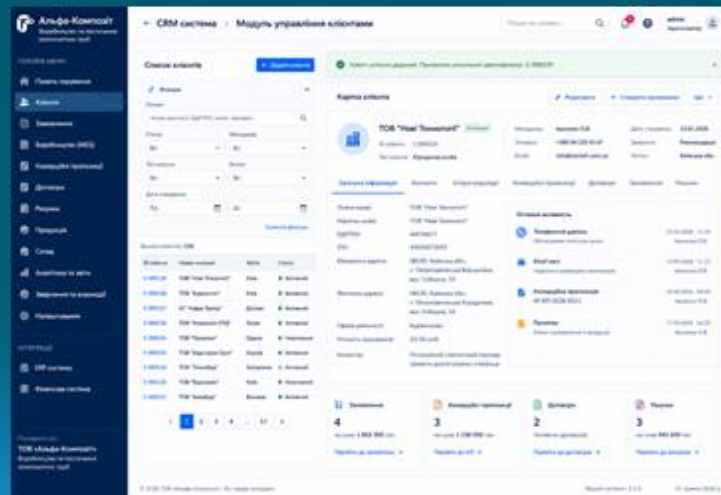
16



Структура програмної архітектури

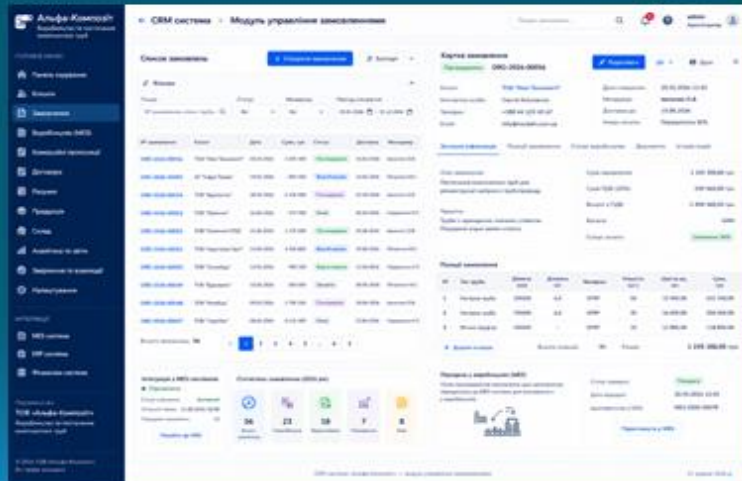


Інтерфейс модуля управління клієнтами



Інтерфейс модуля управління замовленнями

19



Інтерфейс модуля контролю статусу виробництва

20

