

УДК 004.65:681.5

В.М. СМОЛІЙ*, О.Є. КОВАЛЕНКО*, Н.В. СМОЛІЙ**

ІНФОРМАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ

*Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

** Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

Анотація. Розглянуто процес виробництва електронних пристроїв як взаємодію ERP-, MES- та PD-підсистем, що дозволило знайти напрями та важелі впливу на прискорення процесу виробництва, додаткового налаштування під конкретні технологічні рішення та наявні складські запаси. Визначені задачі необхідності більш детального аналізу зв'язків між зазначеними підсистемами шляхом дослідження взаємодії і моделювання процесу управління на прикладі використання запитів до бази даних. Запропоновано схему формування замовлень на виробництво, а саме: слід відстежувати потребу в електронних пристроях певної конфігурації і параметрів, її задоволення шляхом організації виробництва; придбання (переоснащення, доопрацювання) комплектуючих; створення моделі та безпосередньо виготовлення; перевірка і приймально-здавальні випробовування з наданням відповідних документів і постачання для виконання безпосереднього призначення електронним пристроєм. Особливу увагу при організації виробництва електронних приладів у сучасних воєнних реаліях приділено прискоренню процесу виробництва з забезпеченням додаткового налаштування під конкретні технічні вимоги окремого замовника та одночасне врахування наявних запасів комплектуючих на складі та таких, що задовольняють відповідні технічні характеристики готового пристрою. Досліджено обрану предметну область та виконано описання предметної області, описання вхідних та вихідних даних. Здійснено проектування бази даних шляхом побудови інфологічної моделі бази даних, нормалізації таблиць при проектуванні БД та розробки датологічної моделі БД. Інфологічна модель БД включає опис сутностей, атрибутів, зв'язків та діаграму «сутність-зв'язок». Створено бази даних шляхом заповнення БД значеннями, удосконалення роботи з обладнанням, роботи з замовленнями та роботи із клієнтами. Було проаналізовано організацію вибірки даних із БД, а саме: оцінено вибірки даних, вибірку обчислюваних значень, вибірку з використанням шаблонів, здійснено групування даних при організації запитів та об'єднано таблиці.

Ключові слова: CAD/CAM, інформаційна модель, розробка, керована знаннями, управління інформаційним представленням, база даних, інфологічна модель, електронний пристрій.

Abstract. The process of the production of electronic devices was considered as an interaction of ERP-, MES-, and PDM-subsystems, which made it possible to find some directions and levers of influence on the acceleration of the production process, customization for specific technological solutions, and available warehouse stocks. The tasks of the need for a more detailed analysis of the connections between the specified subsystems by studying the interaction and modeling the management process using the example of database queries were defined. A scheme for forming orders for production was proposed, namely, the need for electronic devices of a certain configuration and parameters should be monitored, its satisfaction by organizing production; acquisition (re-equipment, modification) of components, creation of a model and direct production; inspection and acceptance tests with the provision of relevant documents and supplies to fulfill the direct appointment by electronic device. Special attention was paid to the organization of the production of electronic devices in modern military realities to speed up the production process with the provision of

customization to the specific technical requirements of an individual customer and simultaneous consideration of the available stocks of components in the warehouse and those that satisfy the relevant technical characteristics of the finished device. The selected subject area was studied and the description of the subject area, input and output data was made. Designing the database was carried out by building an infological model of the database, normalizing tables in the design of the database, and developing a datological model of the database. The infological model of the database includes the description of entities, attributes, interrelations, and the «entity-relationship» diagram. Databases were created by filling the database with values and improving work with equipment, orders, and clients. The organization of the data sample from the database was analyzed, namely, the data samples, the sample of calculated values, and the sample using templates were evaluated, the grouping of data during the organization of queries was carried out, and the tables were combined.

Keywords: CAD/CAM, information model, knowledge-driven development, information management, database, infological model, electronic device.

DOI: 10.34121/1028-9763-2024-2-49-64

1. Вступ

Поточний стан країни передбачає чітку, незворотну та жорстку орієнтацію виробництва на потреби серійного, крупносерійного та масового виробництва електронних пристроїв, зокрема виробів, які містять як електронні, так і суто механічні складові.

Кіберизація різних видів діяльності як основа для надання послуг Industry 5.0 [1] пов'язана з формуванням необхідних спроможностей для цільової системи або системи систем у певній області. Формування необхідних системних спроможностей досягається шляхом об'єднання окремих можливостей складових компонентів (систем) на основі конвергенції систем і створення цільових кіберконвергентних систем [2, 3].

Технологічний процес виготовлення зазначених електронних пристроїв є складним та багатостадійним, причому існує чітка залежність із наявними компонентами, номенклатурною потребою та вимогами виключення можливості зупинки виробництва через нестачу комплектуючих [4].

Особливу увагу слід приділити, зокрема, технології впровадження змін, а саме визначенню стадій (етапів) проектування, макетування, випробувань та виробництва електронних пристроїв.

Слід відмітити схему формування замовлень на виробництво, а саме: відстежувати потребу в електронних пристроях певної конфігурації і параметрів, її задоволення шляхом організації виробництва; придбання (переоснащення, доопрацювання) комплектуючих, створення моделі та безпосередньо виготовлення; перевірка і приймально-здавальні випробування з наданням відповідних документів і постачання для виконання безпосереднього призначення електронним пристроєм [5].

Метою роботи є удосконалення процесу виробництва електронних пристроїв на основі взаємодії ERP-, MES- та PDM-підсистем, що дозволяє знайти напрями та інструменти впливу на прискорення процесу виробництва, налаштувати інформаційне представлення і семантичний зміст під конкретні технологічні рішення та наявні складські запаси. Побудувати відповідну інформаційну модель складальної ділянки електронних пристроїв для детального аналізу зв'язків між зазначеними підсистемами і дослідження взаємодії та моделювання процесу управління на прикладі використання запитів до бази даних.

2. Постановка проблеми

Вимоги виготовлення електронних пристроїв невеликими партіями для тестування виконання функцій в певних умовах експлуатації зумовлює зменшення термінів часу з моменту надходження завдання до збирання пристрою з наявних комплектуючих і практичного тестування виконання відповідних функцій. Обмін даними між підсистемами планування і управління виробництвом обов'язково відбувається у взаємодії з підсистемами моделювання

відповідних технічних параметрів, їх оцінки і прийняття відповідних конструкторсько-технологічних рішень щодо оперативного управління виробництвом. Функції синхронізації, координації, аналізу та оптимізації випуску продукції в рамках певного замовлення підпорядковані узагальненим вимогам досягнення ефективності управління при забезпеченні оперативності процесу пошуку відповідних схемотехнічних, програмних, конструктивних і технологічних рішень, які синтезують штучно і унікально для зазначеного замовлення в умовах обмеженості часу і наявних ресурсів. Придбання більшої частини комплектуючих (складових) пов'язано з ризиком відсутності готових зразків і необхідності виготовлення потрібних, можливо унікальних комплектуючих, шляхом 3d-друку або схемотехнічного проєктування і створення блоків (модулів) відповідного функціонального призначення.

Окрему увагу слід приділити організації управління зберіганням даних та документів, потоками робіт та процесами, структурою продукту, автоматизації генерації вибірок і звітів та забезпеченню можливості групової роботи над проєктом, тобто перегляду в реальному часі та спільного використання фрагментів загальних інформаційних ресурсів підприємства.

Фокусом досліджень є взаємодія ERP-(enterprise resource planning), MES-(manufacturing execution system) та PDM (product data management)-підсистем, представлених у реляційній моделі. Схема взаємодії складових підсистем виготовлення електронних пристроїв наведена на рис. 1. Особливу увагу при організації виробництва електронних пристроїв у сучасних воєнних реаліях слід приділити прискоренню процесу виробництва із забезпеченням додаткових налаштувань під конкретні технічні вимоги окремого замовника та одночасне врахування наявних запасів комплектуючих на складі та таких, що задовольняють відповідні технічні характеристики готового пристрою [6].

3. Аналіз останніх досліджень і публікацій

У роботі [7] досліджуються особливості проєктування аналогових блоків інтегральних мікросхем нанометрової технології. Запропоновано рівень узагальнення за межами традиційних методологій розміщення аналогових ІС і найновіші підходи, засновані на машинному навчанні, які конкурують або перевершують високооптимізовані аналогові схеми та конструкції, створені людиною.

Публікація [8] містить дослідження щодо продуктивності механізмів стійкості для систем, які використовують підходи багаторівневого моделювання, особливо, коли фокус зосереджений на запитах на основі сукупності. На прикладі іншої предметної області, але з великим об'ємом записів, що зберігаються в реляційній базі даних (MySQL), було проаналізовано час відповіді.

У публікації [9] запропоновано підхід до інтелектуального аналізу даних, включаючи аналіз кластеризації та правила асоціації, на основі реляційної бази даних, який може привести до підвищення швидкості отримання проєктних рішень для електронних пристроїв.

Зокрема, в роботі [10] систематизовані ризики щодо неправомірного використання даних через вплив на політику конфіденційності та безпеки у базах даних, що слід враховувати при організації взаємодії підсистем виробництва.

Найбільшу цікавість у роботі [11] являє собою структура системи аналізу великих даних бази даних для реалізації аналізу якісних і кількісних даних відповідних об'єктів на місці зі збереженням даних у хмарній реляційній базі даних, що, по суті, являє собою засіб тестування прийнятих проєктних, технологічних і виробничих рішень для дослідного об'єкта, але реалізовано для іншої категорії об'єктів.

У роботі [12] обґрунтовано потребу ефективного управління даними та їх використання. Запропоновано такі властивості для їх оцінки: обсяг, різноманітність, швидкість, достовірність, цінність і мінливість, що будуть слугувати підґрунтям для оцінки ефективності запропонованих проєктних рішень.

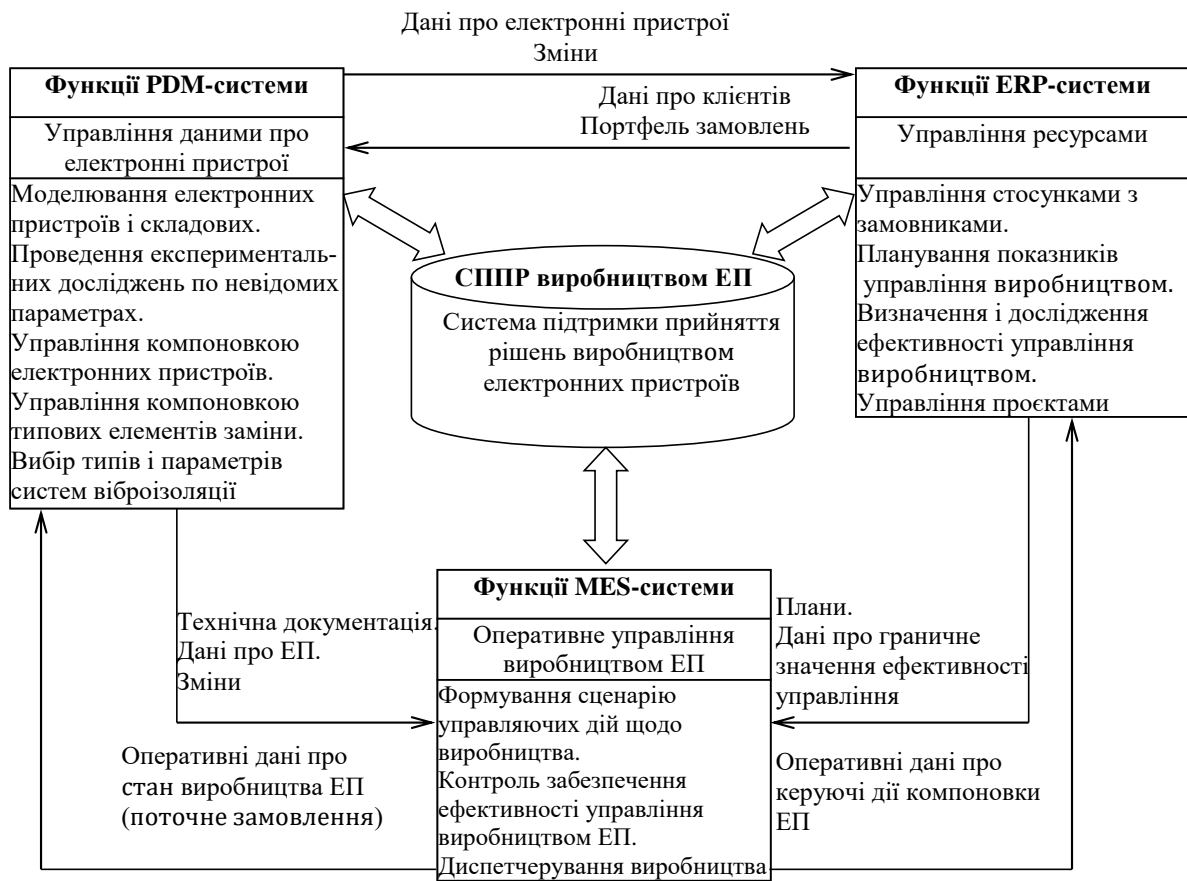


Рисунок 1 — Взаємодія складових підсистем виготовлення електронних пристроїв

Недорогий і малоінформативний технологічний пороговий метод для заповнення результатів інспекції певних технічних об'єктів та інших результатів в електронних формах і зберігання їх у хмарі «база даних» для забезпечення практичного електронного аналізу великих даних запропоновано в [13]. Найбільшу цікавість у зазначеній роботі викликає методологія аналізу якісних і кількісних даних визначених об'єктів.

Значна увага в роботі [14] приділяється прогресу в базах даних та інформаційних системах. Розглянуто семантично різноманітні обмежені запити; змістовність дескрипторів ознак зі зменшеною розмірністю; гібридну модель даних і гнучке індексування.

Огляд [15] містить аналіз і порівняння документних баз даних із реляційними базами даних.

Базове літературне джерело [16] містить моделювання даних як важливий процес у розробці схеми бази даних, що включає ідентифікацію та організацію об'єктів даних, атрибутів і зв'язків. Обговорено принципи проєктування ефективної та масштабованої схеми реляційної бази даних, зосереджуючись на методах моделювання даних. Досліджено критичні аспекти нормалізації, типів даних, зв'язків, індексів і денормалізації, а також методи оптимізації запитів до бази даних і управління проблемами масштабованості.

У роботі [17] представлено реляційні дані про сутності як графік і адаптовано методи вбудовування графів для створення векторів ознак для кожної сутності. Показано, що дві технічні складові є вирішальними: якісне моделювання різних зв'язків між сутностями та фіксація числових атрибутів.

Застосування протоколу узгодження ключів на основі атрибутів (AB-КА) у практичному сценарії досягнення ключа сеансу шляхом взаємної автентифікації атрибутів розглянуто у [18].

Робота [19] містить практичне та комплексне вирішення проблем розробки ефективної архітектури програмного забезпечення для моделювання даних.

У роботі [20] розглянуто процес зв'язування записів, які стосуються однієї сутності, коли порівнюються значення атрибутів записів, щоб обчислити подібності, а потім класифікуються пари записів як такі, що відносяться до однієї сутності, чи на основі цих подібностей.

Технічні питання організації роботи з базами даних висвітлені у роботах [21–23].

Таким чином, аналіз публікацій показав, що процес проєктування та виробництва електронних пристроїв повинен спиратися на ієрархічне моделювання як структурних компонентів, так і самих процесів виробництва з урахуванням взаємодії ERP-, MES- та PDM-підсистем. В основу побудови інформаційної моделі підтримки процесу виробництва електронних пристроїв покладено реляційний підхід.

Розробка реляційної моделі здійснюється з дотриманням двох основних принципів проєктування:

1. Запобігання дублювання інформації (надлишковості даних) для зменшення розміру та ймовірність виникнення помилок і невідповідностей.

2. Забезпечення коректності і повноти інформації, оскільки за наявності некоректної інформації будь-які звіти, які отримують цю інформацію, також міститимуть некоректну інформацію, що може призвести до прийняття неадекватних рішень на основі цих звітів.

Отже, проєкт бази даних:

- розділяє дані на тематичні таблиці для уникнення надлишковості;
- забезпечує доступ до даних, необхідних для об'єднання інформації з таблиць за відповідними запитом;
- допомагає підтримувати та гарантувати точність і цілісність даних;
- задовольняє визначені потреби в обробці даних і звітності.

4. Початкові умови

Для побудови інформаційної моделі обрано складальний цех електронних приладів. Під час роботи автоматизованого цеху відбуваються монтаж друкованих плат, зборка електронних пристроїв, на деяких ділянках можливо виконання масового 3d-друку, трасування, топологічне проєктування друкованих плат тощо для створення пристроїв.

Вхідними даними є інформація щодо закупок та замовлень, персональні дані працівників, дані щодо складу, а також технічного обладнання конвеєра, список виготовленої продукції та обслуговування замовлень. Вихідними даними є інформація щодо замовників і постачальників, технічного устаткування конвеєра, обсягів необхідних матеріалів для виконання замовлень.

При проєктуванні БД головне джерело інформації про сутності — це бесіда з замовником із метою з'ясування його бізнес-процесів. Крім того, аналізуються стандартні документи, які використовуються в бізнес-процесах: бланки, звіти, інструкції тощо. Після отримання такого списку необхідно перевірити його на повноту і зв'язність, а також виявити дублі — однакові сутності, які називаються різними словами, і сутності, які насправді відрізняються, але описуються одним і тим же терміном.

Сутності моделюють конкретні або абстрактні поняття. Зокрема, пропонуються такі типи сутностей: Працівник із ID, Працівник із паспортом, Замовлення (замовник), Замовлення (цех), Замовники, Постачальник, Виготовлена продукція, Необхідна продукція (інформація про деталі, необхідні для виготовлення продукції), Склад первинних продуктів, Склад вторинних продуктів, Обладнання (опис технічного (технологічного) обладнання цеху).

До кожної сутності визначені відповідні атрибути, зокрема, у табл. 1 наведено атрибути для сутності «Замовлення (цех)».

Таблиця 1 — Атрибути для сутності «Замовлення (цех)»

Назва стовпця	Тип даних	Зауваження
ID	Int	Not null, PK
ID деталей, що замовляються	Int	Foreign key references, Not NULL
Кількість	Int	Not null
Загальна вартість	Decimal	Not null
Поставник	Int	Foreign key references, Not NULL
Дата подання	Date	Not NULL
Очікувана дата прибуття	Date	Later then begin date

Зв'язки між таблицями — це основа для забезпечення цілісності даних, що дає змогу запобігти виникненню в базі даних відірваних записів. Відірваний запис — це запис із посиланням на інший запис, якого не існує. Наприклад, запис про замовлення, який посилася на відсутній запис про клієнта. Визначені зв'язки наведено у табл. 2.

Таблиця 2 — Опис зв'язків

№ зв'язку	Головна таблиця	Дочірня таблиця	Тип зв'язку
1	Посади	Працівники	1:Б
2	Працівники	Обладнання	1:Б
3	Первинні деталі	Обладнання	1:Б
4	Вторинні деталі	Обладнання	1:Б
5	Вхідні замовлення	Первинні деталі	Б:Б
6	Вихідні замовлення	Вторинні деталі	Б:Б
7	Первинні деталі	Склад	1:Б
8	Вторинні деталі	Склад	1:Б
9	Вторинні деталі	Первинні деталі	Б:Б
10	Стани роботів	Обладнання	1:Б
11	Стани замовлень	Вхідні замовлення	1:Б
12	Стани замовлень	Вихідні замовлення	1:Б

«Посади-працівники» — одну посаду можуть обіймати декілька працівників; «Працівники-обладнання» — один працівник може бути відповідальним за одного робота або окрему систему складного робота, але не навпаки; «Первинні деталі — обладнання» — один робот може потребувати будь-яку первинну деталь для монтажу; «Вторинні деталі — обладнання» — один робот може виробляти будь-яку вторинну деталь; «Вхідні замовлення — первинні деталі» — в одному замовленні можуть бути замовлені декілька первинних деталей і одна деталь може бути замовлена в декількох замовленнях; «Вихідні замовлення — вторинні деталі» — в одному замовленні можуть бути замовлені декілька вторинних деталей і одна деталь може бути замовлена в декількох замовленнях; «Первинні деталі — склад» — в одній комірці складу може зберігатися будь-яка первинна або вторинна деталь, але тільки одного типу; «Вторинні деталі — склад» — в одній комірці складу може зберігатися будь-яка первинна або вторинна деталь, але тільки одного типу; «Вторинні деталі — первинні деталі» — одна вторинна деталь може складатися з декількох первинних деталей; «Стани роботів — обладнання» — один стан може належати декільком роботам; «Стани замовлень — вхідні замовлення» — декілька замовлень можуть знаходитись в одному і тому самому стані; «Стани замовлень — вихідні замовлення» — декілька замовлень можуть знаходитись в одному і тому самому стані.

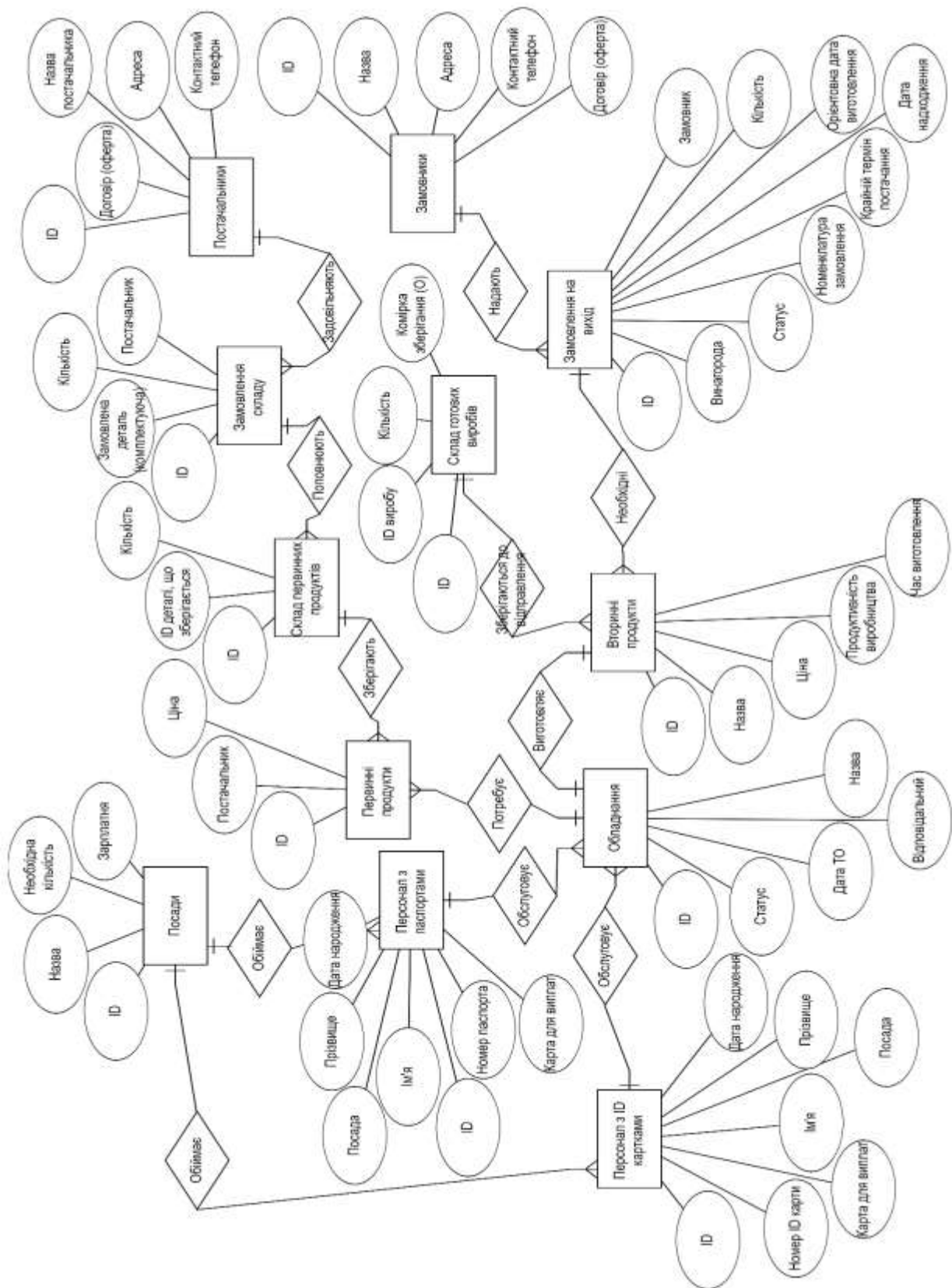


Рисунок 2 — ER-модель інформаційної системи

ER-модель інформаційної системи наведено на рис. 2. Розроблена модель дозволяє уникнути помилок при проєктуванні, виготовленні та впровадженні, які надзвичайно важко виправляти, особливо, якщо база даних вже експлуатується чи на стадії тестування. Помилки в розробці структури бази даних можуть призвести до перебудови коду програмного забезпечення, що керує цією базою даних. У результаті час, кошти та людські ресурси будуть використані неефективно.

Схема бази даних повинна відповідати всім вимогам відповідних нормальних форм. Дані, що повторно з'являються в декількох рядках, виносяться в окремі таблиці. Будь-яке поле, що залежить від основного ключа та від будь-якого іншого поля, має виноситись в окрему таблицю.

Для рис. 2 з таблиць замовлень були видалені стовпці з винагородою та ціною, бо вони є стовпцями з обчислюваними значеннями, існування яких неможливе в БД із першою нормальною формою. Таким чином було досягнуто одну нормальну форму. Усі стовпці пов'язані з первинним ключем (ID), що забезпечує виконання другої нормальної форми. У стовпцях таблиць відсутні транзитивні залежності між стовпцями, що свідчить про досягнення третьої нормальної форми.

Для роботи обладнання і перевірки на правильність роботи необхідна таблиця, що реалізує зв'язок M:N між таблицями первинної продукції і вторинної:

```
create table s_p_connect (  
ID int primary key identity(1,1),  
s_det int foreign key references s_details(ID) on delete cascade,  
p_det int foreign key references p_details(ID) on delete set null  
)
```

Заповнення таблиці значеннями відбувається таким чином:

```
declare @d int  
set @d=1  
  
while @d<=10  
begin  
    declare @i int  
    set @i=rand()*7+2;  
    while @i>=1  
    begin  
        insert into s_p_connect values (@d,rand()*14-1)  
        set @i-=1  
    end;  
    set @d+=1  
end;
```

Для продуктивної роботи БД необхідно розробити відповідні зв'язки. У таблиці обладнання при зміні даних у стовпці req_det і prod_det слід оновляти помітку часу в стовпці req_up і prod_up відповідно; для моніторингу нормальної роботи обладнання необхідно створити таблицю, в якій буде відображатися обладнання, відповідальний статус обладнання, час очікування на первинну деталь, час вироблення вторинного виробу. Для роботи з замовленнями необхідно створити представлення, в якому будуть відображатися замовлення, дедлайн яких наближається, також слід передбачити процедуру, що буде аналізувати необхідні для виконання замовлення деталі та виводити необхідний залишок для відпрацювання замовлення з урахуванням того, що є на складі. Для роботи з клієнтами потрібно передбачити представлення, що буде виводити статистику про за-

мовлення: кількість вхідних і вихідних замовлень, пов'язаних із кожним клієнтом, відсоток виконання тих або інших завдань.

Створення БД відбувається у середовищі Microsoft SQL Server, використаного для забезпечення можливості надійної роботи, масштабованості, можливості функціональної інтеграції з іншими продуктами Microsoft.

5. Датологічна модель бази даних

У результаті аналізу предметної області були отримані таблиці сутностей для створення реляційної БД. У табл. 3 наведено параметри сутності Обладнання (equipment).

Таблиця 3 — Параметри сутності Обладнання (equipment)

Призначення стовпця	Назва стовпця в БД	Тип поля	Розмір поля	Обмеження
Унікальний ID робота	ID	Int	4	Not null, identity(1,1)
Відповідальний працівник	protector	Int	4	Not null
Дата технічного огляду	_To	date	3	Not NULL
Статус обладнання	_status	Int, foreign key	4	—
Деталь, що очікується	req_det	Int, foreign key	4	—
Час початку очікування	req_up	datetime	8	—
Деталь, що виробляється	prod_det	Int, foreign key	4	—
Час початку вироблення	prod_up	datetime	8	—

Таблицю сутності Склад створеної реляційної БД наведено в табл. 4.

Таблиця 4 — Параметри сутності Склад первинних і вторинних деталей

Призначення стовпця	Назва стовпця в БД	Тип поля	Розмір поля	Обмеження стовпця
ID будинку складу	storage_index	Int,PK	4	Not null
ID комірки на складі	ID	Int,PK	4	Not null
ID первинної деталі, що зберігається	stored_p	Int,FK	4	Null if stored_s!=null
Кількість первинних деталей, що зберігаються	p_num	Int	4	Null if stored_s!=null
ID вторинної деталі, що зберігається	stored_s	Int,FK	4	Null if stored_p!=null
Кількість вторинних деталей, що зберігаються	s_num	Int	4	Null if stored_p!=null

Із урахуванням наведеного і після нормалізації ER діаграма набула вигляду, представленого на рис. 3.

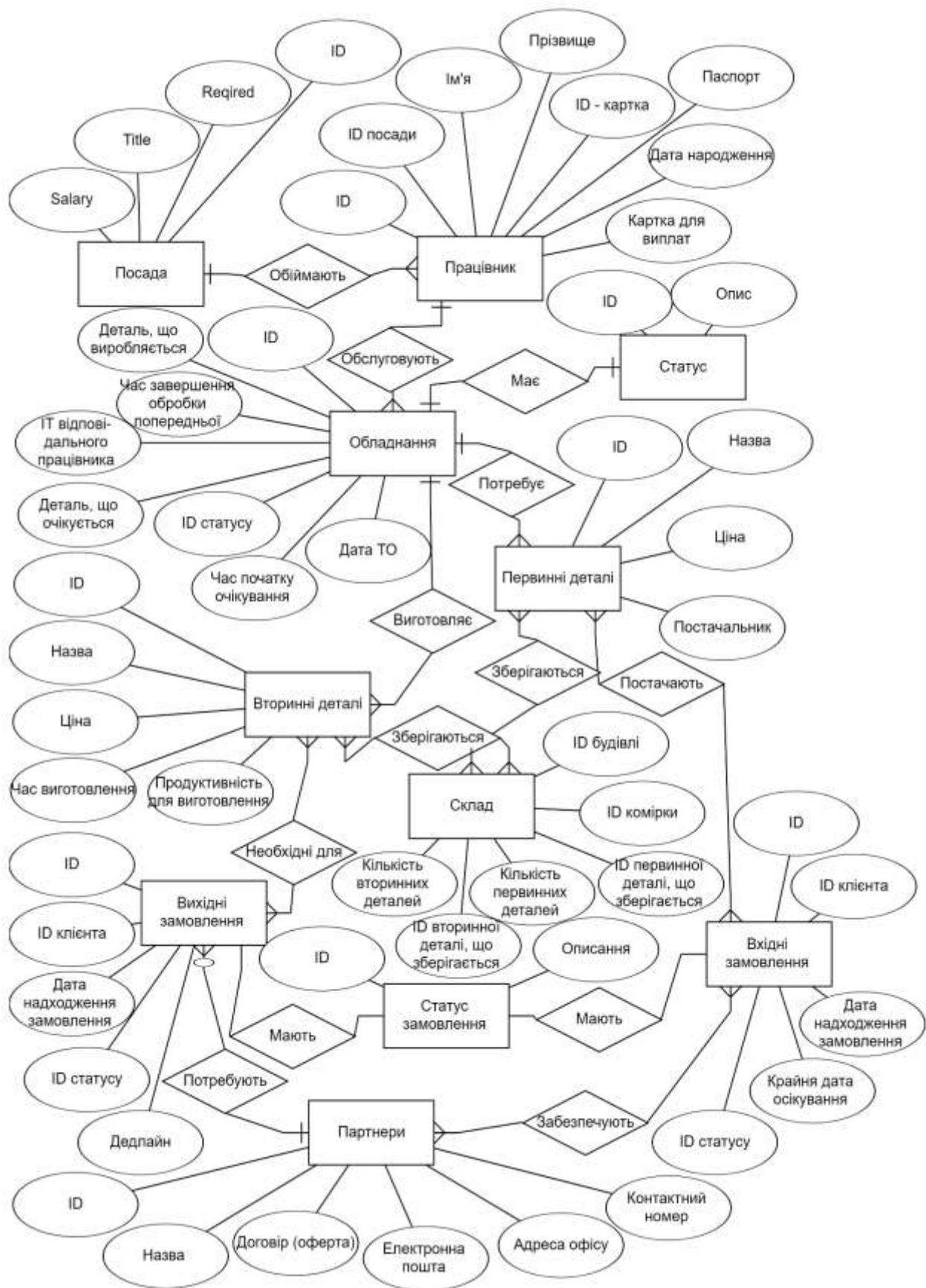


Рисунок 3 — ER діаграма після нормалізації

Фрагмент ілюстрації процесу створення бази даних має такий вигляд:

```
--create database electronics
use electronics
create table jobs(
    ID int primary key identity(1,1),
    required int check(required>0),
    title varchar(50) not null,
    salary money not null
);
create table workers(
    ID int primary key identity(1,1),
    _name varchar(50) not null,
    _surname varchar(50) not null,
    birth_date date,
    salary_card decimal(12),
    job int foreign key references jobs(ID) on delete set null,
    ID_card decimal(16),
    passport varchar(20)
);
create table robot_status(
    ID int primary key identity(1,1),
    _description varchar(40)
)
```

Заповнення БД значеннями здійснюється за такими шаблонами:

```
insert into jobs                insert into robot_status
values                          values
(15, 'Security', 25000),        ('OK'),
(4, 'Line assistant', 20000),  ('Broken'),
(10, 'Tech assistant', 30000), ('Locked'),
(6, 'Remonter', 10000),       ('Waiting'),
(2, 'DB admin', 30000),       ('Detail required'),
(5, 'IT specialists', 30000), ('Unexpected error')
(2, 'Manager', 30000),
(10, 'Call                    center
assistant', 15000),
(1, 'Headmaster', 35000)

set dateformat dmy
```

6. Створення бази даних

Додавання таблиці, яка буде пов'язувати вторинні вироби з первинними (список деталей, необхідних для виготовлення іншої деталі), наведено на рис. 4.

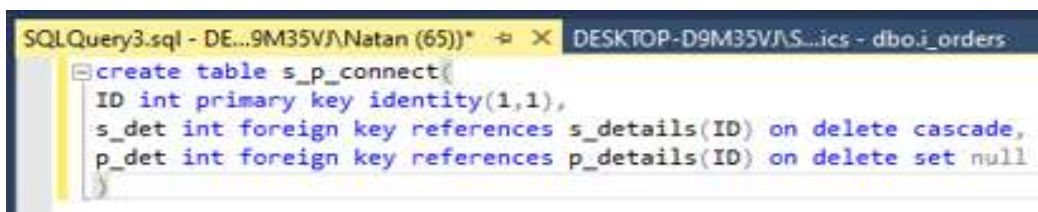


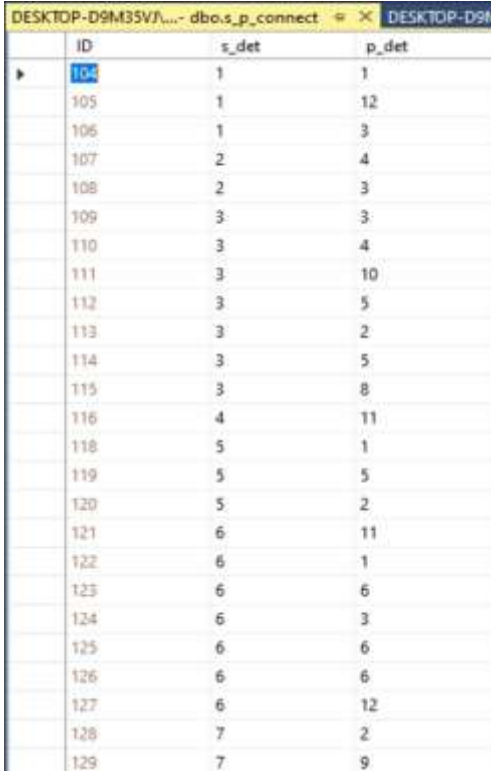
Рисунок 4 — Додавання таблиці, яка буде пов'язувати вторинні вироби з первинними

Заповнення таблиці значеннями здійснюється за допомогою запиту такого вигляду:

```
declare @d int
set @d=1

while @d<=10
begin
    declare @i int
    set @i=rand()*7+2;
    while @i>=1
    begin
        insert into s_p_connect values (@d,rand()*14-1)
        set @i-=1
    end;
    set @d+=1
end;
```

Приклад заповненої таблиці, яка пов'язує вторинні вироби з первинними, наведено на рис. 5.



ID	s_det	p_det
104	1	1
105	1	12
106	1	3
107	2	4
108	2	3
109	3	3
110	3	4
111	3	10
112	3	5
113	3	2
114	3	5
115	3	8
116	4	11
118	5	1
119	5	5
120	5	2
121	6	11
122	6	1
123	6	6
124	6	3
125	6	6
126	6	6
127	6	12
128	7	2
129	7	9

Рисунок 5 — Заповнення таблиці, яка буде пов'язувати вторинні вироби з первинними

Створення представлення, яке здійснює моніторинг роботи обладнання, представлено на рис. 6. Безпосередньо скрипт має вигляд:

```
create view work as
select equipment.ID as 'Robot', workers._name as
'Responsible',workers._surname as ' ',robot_status._description as
'Status',p_details._name as 'Awaiting
for',datediff(second,equipment.req_up,getdate()) as 'Time'
,s_details._name as
```

```
'Producing... ',datediff(minute,equipment.prod_up,getdate()) as 'Creation
time',equipment.prod_up as 'last change'
from equipment
join workers on workers.ID = equipment.protector
join robot_status on robot_status.ID=equipment._status
join p_details on p_details.ID = equipment.req_det
join s_details on s_details.ID = equipment.prod_det
```

Robot	Responsible	Status	Awaiting for	Time	Producing...	Creation time	
7	Danyl	Fraud	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
8	Danyl	Fraud	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
9	Danyl	Fraud	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
10	Olha	Vragya	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
11	Olha	Vragya	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
12	Olha	Vragya	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
13	Van	Zelman	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
14	Van	Zelman	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
15	Olha	Vragya	OK	CSD21	82294	DTF 5	1371
16	Olha	Vragya	Unexpected error	CSD21	82294	DTF 5	1371
17	Olha	Vragya	Unexpected error	CSD21	82294	DTF 5	1371
18	Van	Zelman	Broken	CSD21	82294	DTF 5	1371
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

Рисунок 6 — Створення представлення, яке буде моніторити роботу обладнання

Зазначене представлення дозволяє, не створюючи запит, зберегти підзапит у пам'яті і звертатися до нього в певний момент у належному вигляді за необхідністю.

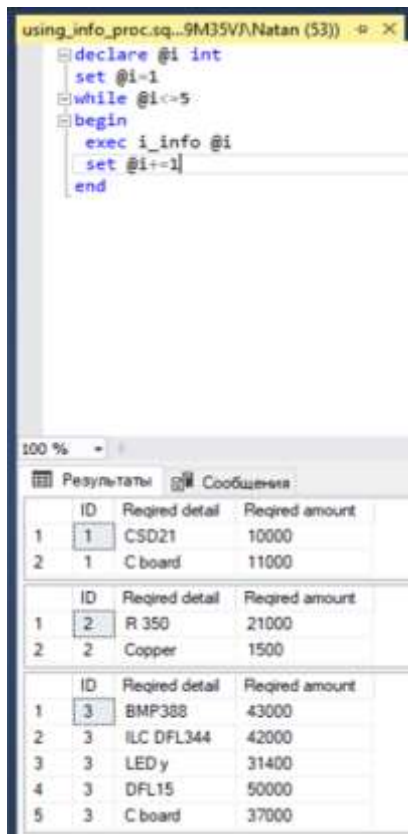
7. Удосконалення роботи з замовленнями та клієнтами

Процедури, що знаходять інформацію про замовлення заданого клієнта в таблицях для вхідного і вихідного замовлень наведені у табл. 5.

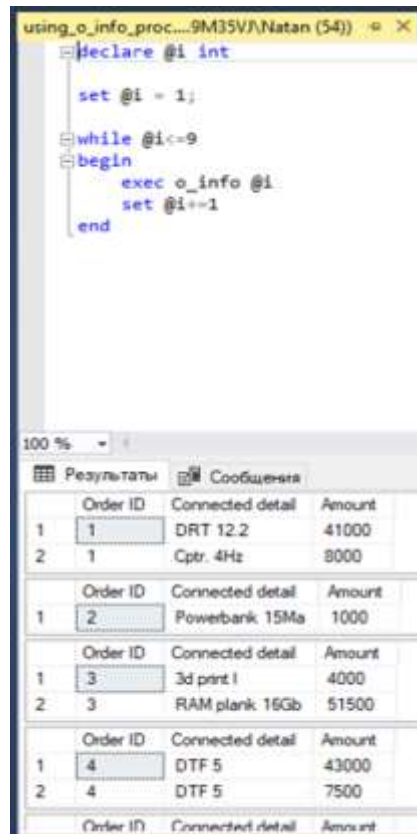
Таблиця 5 — Процедури, що знаходять інформацію про замовлення заданого клієнта

Вихідні замовлення	Вхідні замовлення
<pre>use electronics go create procedure o_info @o_id int as select o_connect.s_order as 'Order ID', s_details._name as 'Connected detail', o_connect._number as 'Amount' from o_connect join s_details on det_id = s_details.ID where s_order = @o_id</pre>	<pre>create procedure i_info @ord_id int as select i_order as 'ID', p_details._name as 'Required detail', _number as 'Required amount' from i_connect join p_details on det_id = p_details.ID where i_order = @ord_id</pre>

Створення представлення, яке буде моніторити роботу обладнання, наведено на рис. 7.



а) перевірка роботи з таблицями для вихідних замовлень



б) перевірка роботи з таблицями для вхідних замовлень

Рисунок 7 — Створення представлення, яке буде моніторити роботу обладнання

Також було розроблено та досліджено роботу тригерів, які оновлюють статус замовлення відповідно до змін у даті для вхідних та вихідних замовлень.

Для удосконалення роботи із клієнтами було запропоновано та реалізовано процедури підрахунку прибутків від виконання усіх замовлень та витрат на усі замовлення, в яких дата надходження ще не прийшла. Запропоновано підрахунок матеріалів, необхідних для виконання замовлення у вигляді процедури. В індикативному стовпці differ виводиться значення >0 у разі, якщо на складі залишаться подібні деталі, дорівнює 0, якщо були використані усі деталі зі складу та <0 , якщо потрібно додатково замовити деталі на складі (для кожного замовлення окремо).

Також створені процедури визначення кількості деталей по окремому замовленню для виготовлення з урахуванням того, що залишилось на складі, та безпосередньо обрахунку кількості деталей для виготовлення усіх активних замовлень з урахуванням того, що залишилось на складі.

8. Висновки

У роботі запропоновано інформаційну модель підтримки процесу виробництва електронних пристроїв на основі конвергенції ERP-, MES- та PDM-підсистем, що дозволило визначити напрями та механізми впливу на прискорення процесу виробництва, додаткового налаштування під конкретні технологічні рішення та наявну номенклатуру складських запасів комплектуючих компонентів. Було показано, що процес виробництва електронних пристроїв повинен спиратися на ієрархічне моделювання як структурних компонентів, так і безпосе-

редньо процесів виробництва з урахуванням взаємодії ERP-, MES- та PDM-підсистем шляхом побудови інформаційної моделі підтримки процесу виробництва електронних пристроїв на базі реляційної бази даних і організації відповідних запитів до неї. У результаті розробки визначено структуру зв'язків між зазначеними підсистемами шляхом дослідження взаємодії і моделювання процесу управління на прикладі використання реляційних запитів до бази даних.

Розроблено схему формування замовлень на виробництво шляхом відстеження потреб в електронних пристроях певної конфігурації і параметрів та її задоволення на основі відповідної організації виробництва; придбання (переоснащення, доопрацювання) комплектуючих, створення моделі та безпосередньо виготовлення; перевірка і приймально-здавальні випробовування з наданням відповідних документів і постачання для виконання безпосереднього призначення електронним пристроєм.

Особливу увагу при організації виробництва електронних приладів в умовах обмежених ресурсів часу приділено прискоренню процесу виробництва з забезпеченням додаткового налаштування під конкретні технічні вимоги окремого замовника та одночасне врахування наявних запасів комплектуючих на складі та таких, що задовольняють відповідні технічні характеристики готового пристрою.

На основі аналізу обраної предметної області розроблено концептуальний опис предметної області з описом вхідних та вихідних даних. Здійснено проектування бази даних шляхом побудови інфологічної моделі бази даних, нормалізації таблиць при проектуванні БД та розробки датологічної моделі БД. Інфологічна модель БД містить опис сутностей, атрибутів, зв'язків та діаграму «сутність-зв'язок». Створено бази даних шляхом заповнення БД значеннями, удосконалення роботи з обладнанням, замовленнями, удосконалення роботи із клієнтами.

Подальші дослідження будуть спрямовані у напрямі створення дорадницької системи, орієнтованої на формалізацію прийняття рішень щодо забезпечення ефективності процесу виробництва та досягнення скорочення часу на випуск нових серій електронних пристроїв із певними технічними характеристиками, які залежать від вимог замовника і наявної номенклатури комплектуючих.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Breque M., L. De Nul, Petridis A. European Commission, Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry, Publications Office: Directorate-General for Research and Innovation, 2021. P. 25–48. URL: <https://data.europa.eu/doi/10.2777/308407> (accessed: 08.06.2024).
2. Kovalenko O. Systems Convergence for Situational Control and Decision Making in Distributed Environments. *IEEE 16th International Conf. on Advanced Trends in Radioelectronics, Telecommunications and Computer Engineering (TCSET)*. Lviv-Slavske, 2022. P. 344–347. DOI: <https://doi.org/10.1109/TCSET55632.2022.9767006>.
3. Kovalenko O. Knowledge Driven Cyber-Convergent Systems Based on Situational Agents. *IEEE 17th International Conf. on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*. Lviv, 2022. P. 243–246. DOI: <https://doi.org/10.1109/CSIT56902.2022.10000762>.
4. Smolij V. About features of management preproduction of electronic vehicles. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Проблеми моделювання та автоматизації проектування*. 2019. № 1 (14). С. 26–34. DOI: <https://doi.org/10.31474/2074-7888-2019-1-33-42>.
5. Smolij V. Management conception designer preproduction of electronic vehicles. *Адаптивні системи автоматичного управління: міжвідомчий наук.-техн. зб.* 2019. № 1 (34). С. 113–124.
6. Смолий В., Смолий Н. Концептуальна модель автоматизованого управління конструкторською підготовкою виробництва електронних апаратів. *Адаптивні системи автоматичного управління: міжвідомчий наук.-техн. зб.* 2022. № 1 (40). С. 129–133. DOI: <https://doi.org/10.20535/1560-8956.40.2022.261667>.
7. de Gusmão, Lapas A.P., Horta G., Cavaco N., Martins F., Miguel R. Scalable and order invariant analog

- integrated circuit placement with Attention-based Graph-to-Sequence deep models. *Expert Systems with Applications*. 2022. N 117954. P. 207. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.117954>.
8. Decker Michael Mandatory and location-aware access control for relational databases. *Lecture Notes of the Institute for Computer Sciences, Social-Informatics and Telecommunications Engineering*. 2019. N 16. P. 217–228. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-642-11284-3_23.
9. Liao S.-H., Ho C.-H. Mobile Payment and Mobile Application (App) Behavior for Online Recommendations/ *Journal of Organizational and End User Computing*, 2021. N 33 (6). P.121–142. <https://doi.org/10.4018/JOEUC.20211101.0a2>.
10. Chopade R., Pachghare V. Evaluation of Digital Forensic Tools in MongoDB Database Forensics. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2021. Vol. 1198. P. 427–439. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-6584-7_40.
11. Wan Y.W., Chen W.-C., Tserng H.P. Determining Optimal Durations and Costs of Prefabricated Construction for Island-Buildings Using Modular Design Mode of Buildings. *Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering*. 2022. N 34 (6). P. 489–500. DOI: [https://doi.org/10.6652/JoCICHE.202210_34\(6\).0004](https://doi.org/10.6652/JoCICHE.202210_34(6).0004).
12. Dhanda N. Big data storage and analysis. *Advances in Data Science and Analytics: Concepts and Paradigms*. Capstone:Wiley, 2022. P. 293–312. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781119792826.ch13>.
13. Chen Y.-T., Chung T.-H. Using Cloud Technology for Construction Mobile Device Inspection and Big Data Statistics. *Journal of the Chinese Institute of Civil and Hydraulic Engineering*. 2022. Vol. 34 (6). P. 479–488. DOI: [https://doi.org/10.6652/JoCICHE.202210_34\(6\).0003](https://doi.org/10.6652/JoCICHE.202210_34(6).0003).
14. 25th European Conference on Advances in Databases and Information Systems, ADBIS 2021 co-allocated with Workshops on DOING, SIMPDA, MADEISD, MegaData, CAoNS. *Communications in Computer and Information Science*. 2021. 1450 CCIS. URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85115187550&partnerID=40&md5=082c3258d3e16291f73b0f7d9f03e5a8>.
15. International Conference on Information Technologies, *InfoTech 2018 — Proc.* URL: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85057092047&partnerID=40&md5=148b4ca7a115d83641082c0f55fec9c8>.
16. Rajendran R.K., Priya T.M. Designing an efficient and scalable relational database schema: Principles of design for data modeling. *The Software Principles of Design for Data Modeling*. 2023. P. 168–176. DOI: <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-9809-5.ch013>.
17. Cvetkov-Iliev A., Allauzen A., Varoquaux G. Relational data embeddings for feature enrichment with background information. *Machine Learning*. 2023. Vol. 112 (2). P. 687–720. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10994-022-06277-7>.
18. Hu S., Li W., Zhong T., He H. An innovative key agreement protocol with complex attribute authentication based on blockchain. *Peer-to-Peer Networking and Applications*. 2023. Vol. 16 (3). P. 1551–1569. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12083-023-01450-8>.
- 19 Samanta D. The software principles of design for data modeling. Kosovo: IGI Global, 2023. P. 318. DOI: <https://doi.org/10.4018/9781668498095>.
20. Kirielle N., Christen P., Ranbaduge T. Unsupervised Graph-Based Entity Resolution for Complex Entities. *ACM Transactions on Knowledge Discovery from Data*, 2023. Vol. 17 (1), N 12. DOI: <https://doi.org/10.1145/3533016>.
21. Доценко С.І. Організація та системи керування базами даних: навч. посібн. Харків: УкрДУЗТ, 2023. 117 с.
22. Погромська Г.С., Махровська Н.А. Бази даних: проектування та реалізація. К.: Видавництво «Місто», 2019. 183 с.
23. Жученко А.І., Ярощук Л.Д. Основи проектування баз даних: навч. посібн. для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / НТУУ «КПІ». Київ: НТУУ «КПІ», 2015. 158 с.

Стаття надійшла до редакції 11.04.2024