

УДК 004.451.83

**Демідов Павло Георгійович**

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри програмної інженерії та інформаційних систем  
Київський національний торговельно-економічний університет, Київ

**Цюцюра Микола Ігорович**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, [orcid.org/0000-0003-4713-7568](https://orcid.org/0000-0003-4713-7568)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ БАЗИ ДАНИХ ERP-СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ПРОМИСЛОВИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

***Анотація.** Розглянуто проблему створення бази даних ERP-системи управління промисловим підприємством. Виокремлено основні компоненти проектування бази даних та їх взаємодію; розроблено модель опису процесу розробки бази даних з використанням прямого та зворотного її проектування; визначено схему взаємодії інваріантної бази даних ERP-системи з функціональними компонентами інформаційних систем (ІС) декількох підприємств. Побудовано ієрархічну функціональну модель проектування та розробки БД управління підприємством. Запропоновані моделі дозволяють значно прискорити та зменшити витрати на розробку БД. Формування на основі фізичної моделі SQL-опису дозволяє створити в автоматичному режимі інформаційні об'єкти в БД вибраної СУБД. Побудова моделей опису створення баз даних управління промисловим підприємством засобами CASE-систем ARIS Express та BPWin дозволить значно прискорити та зменшити витрати на розробку баз даних.*

***Ключові слова:** ERP-система; база даних; CASE-технології: BPWin, ARIS Express та ERWin, СУБД MySQL; пряме та зворотне проектування*

### Вступ

Функціонування в сучасних умовах автоматизованої інформаційної системи управління підприємством (АІСУП) потребує використання у своєму складі потужної реляційної серверної бази даних (БД), оскільки процеси виготовлення та збуту готової продукції належить до класу найбільш складних, де розв'язуються задачі від забезпечення виробництва всіма видами ресурсів, його організації до маркетингу та збуту готової продукції. І, як наслідок, вони потребують складної форми організації і розв'язання великої кількості інформаційних задач.

Архітектура бази даних, склад інформаційних об'єктів, зв'язків між ними, необхідність її розширення та розвитку, її зміст та багато інших факторів впливають як на роботу її самої, так і всієї АІСУП в цілому. Процес розробки БД є ітераційним, розгалуженим та зворотним. При цьому неможливо в повному обсязі визначити всі вимоги до БД на початкових етапах її розробки. Вони можуть виявлятися, корегуватися та доповнюватися на всьому проміжку від проектування до реалізації, а в деяких випадках і під час впровадження. Рефакторинг, оптимізація та реінжиніринг коду програмного забезпечення, а також пряме та зворотне проектування БД є необхідними

процедурами, які доводиться виконувати розробнику для підвищення ефективності роботи БД та полегшення розуміння роботи програм.

Етапи проектування моделей даних потребують визначення сутностей, ключів, атрибутів, проведення нормалізації відношень, визначення зв'язків між сутностями. Важливим етапом є також вибір CASE-систем розробки моделей, СУБД для розробки та ведення БД, їх налаштування та поєднання в єдину функціонуючу систему. Формування на основі фізичної моделі SQL-опису дозволяє створити в автоматичному режимі інформаційні об'єкти в БД вибраної СУБД. Таким чином, проектування та розробка реальної БД для виробничого підприємства потребує виконання величезної кількості операцій різноманітного типу.

### Аналіз основних досліджень і публікацій

Проектуванню та розробці реляційних БД присвячена величезна кількість досліджень, які викладені у вигляді наукових статей, монографій, навчальних посібників та інших матеріалів. В класичних працях [1] здебільшого розглядаються такі питання: основні поняття, архітектура БД, моделі даних, реляційна алгебра, мова SQL, проектування БД (функціональні залежності,

нормалізація відношень), захист даних, розподілені бази даних, об'єктно-реляційні та дедуктивні СУБД. В працях за останні 5-7 років зросла кількість публікацій, які пов'язані з роботою баз даних в мережі Інтернет, з розробкою Веб-додатків доступу до баз даних з використанням об'єктно-орієнтованих мов програмування: PHP, Java тощо.

Викладки всього цього матеріалу проводяться на прикладах невеличких баз даних, які обмежуються двома або трьома таблицями та зв'язками між ними. Це є правильно, для того щоб розібратися в наведеному матеріалі [1; 2]. Але, в цьому випадку «за бортом корабля» залишаються проблеми розробки промислової бази даних, структура і зміст якої враховує досвід впровадження ERP-системи на десятках об'єктів різного типу та масштабу. Функціональна декомпозиція ІС промислового підприємства, залежно від складності конкретного підприємства, коливається в межах від 10 до 50 найменувань функціональних підсистем. Діюча ERP-система підприємства повинна мати таку потужну базу даних і кількість функціональних підсистем, щоб вона була в змозі адаптуватися до роботи підприємства різного типу та масштабу.

Цього вимагають і витрати на розробку середніх та великих ERP- систем, які відповідно знаходяться в межах 200-500 тисяч та 500 тисяч -більше 1 мільйона USD.

Сучасні комп'ютерні технології дозволяють використовувати додаткові засоби під час розробки бази даних: CASE-системи (ERWin, MySQL Workbench тощо), що можуть бути з'єднані з базою даних відповідної СУБД. Процес налаштування та з'єднання цих систем, а також розроблення БД засобами відповідного класу є нетривіальним і бажано представити його у формалізованому вигляді – ієрархічної функціональної моделі (IDEF0), використання якої може значно прискорити та зменшити витрати на розробку відповідної бази даних.

### Мета статті

Мета статті – виокремлення основних компонентів прямого та зворотного проектування бази даних ERP-системи управління підприємством та визначення зв'язків між ними. Побудова моделей опису створення баз даних управління промисловим підприємством засобами CASE-систем ARIS Express та BPWin, які дозволять значно прискорити та зменшити витрати на розробку баз даних.

### Виклад основного матеріалу

Проблема проектування та розробки баз даних потребує розв'язання двох важливих задач: документування та масштабування.

Задача документування пов'язана з вирішенням питань спрощеного опису моделі даних (бази даних) та використання під час її побудови природної мови, оскільки процес її розробки потребує залучення не тільки фахівців з інформаційних систем, але і з предметної галузі, в якій розробляють БД. Це привело до необхідності побудови двох моделей даних: логічної (розробляється в термінах природної мови) та фізичної (розробляється в обмеженнях СУБД).

Задача масштабування пов'язана з необхідністю швидкої та з мінімальними витратами реалізації однієї бази даних на різних серверах баз даних. Це, в свою чергу, привело до створення CASE-систем, які цю задачу вирішують за рахунок здійснення процесів прямого та зворотного проектування БД.

Все це характеризує процес розробки БД як складний, багатоітераційний, зворотний та не завжди наявний. В цій ситуації актуальною стає проблема розробки моделей опису процесу створення баз даних, оскільки їх наявність під «рукою розробника» може підвищити ефективність розробки з одного боку, а з іншого – може спростити прийняття рішень, які приймаються спільно замовником та розробником. Такі моделі можуть бути також доречні під час вивчення та оволодіння технологіями розробки БД.

Важливою проблемою є вибір засобів побудови таких моделей. Традиційно для цього використовують графічні моделі у формі схем алгоритмів: укрупнену та деталізовану. Але на наш погляд більш потужними є моделі формалізації бізнес-процесів (моделі: «Business process», «General diagram», «Data model», «BPMN diagram» та інші системи ARIS Express та IDEF0 системи BPWin), які в повній мірі відповідають поставленій задачі. На рис. 1 показана модель опису процесу розробки БД ERP-системи управління промисловим підприємством у формі моделі «Business process» системи ARIS Express.

Відмітимо переваги моделі «Business process» по відношенню до схем алгоритмів:

1) блок «Умовний перехід» схем алгоритмів одночасно визначає розгалуження обчислювального процесу і умову переходу до будь-якого його варіанта. В моделі «Business process» розгалуження процесів це один тип блоків (символів), а подія це інший блок – визначає гілку, яка буде виконуватися при настанні цієї події. Це значно полегшує побудову такої моделі та її читання;

2) для виконання дій в схемах алгоритмів використовують блок «Обчислення» або його ще називають «Присвоєння». В моделі «Business process» для цього можна використати символ «Activity» («Дія»);

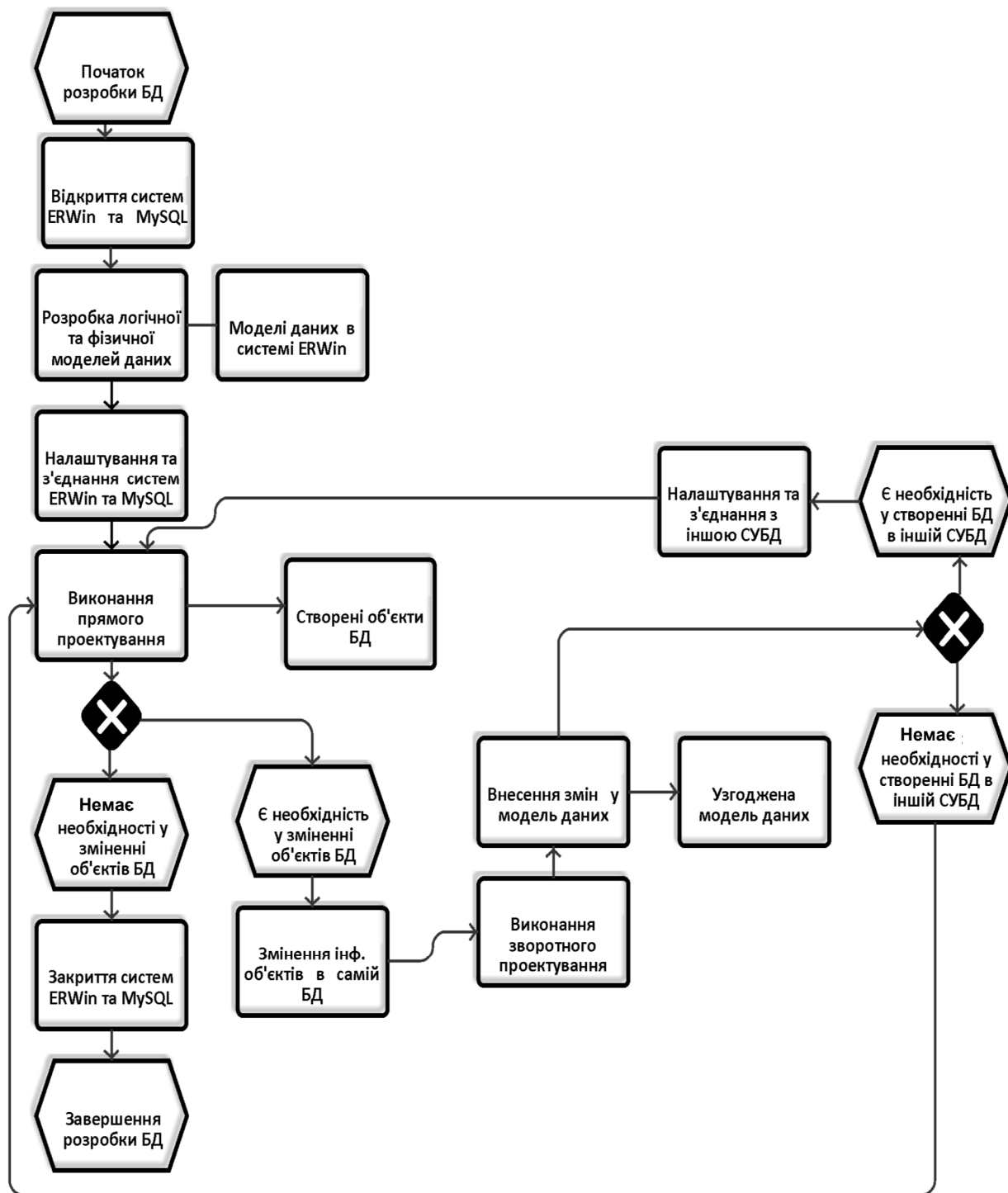


Рисунок 1 – Модель типу «Бізнес-процес» розробки бази даних з використанням прямого та зворотного її проектування


3) зв'язки між символами моделі «Business process» не потребують надписів, що необхідно робити на вихідних зв'язках блоку «Умовний перехід»;

4) наявність символів «Document», «Database», «Entity», «IT system» та інших в моделі «Business


process», які не всі є в схемах алгоритмів, дає можливість визначити в моделі різні об'єкти, що значно підвищує її інформативність;


5) використання кольорів для символів моделі «Business process» дозволяє акцентувати увагу розробника на важливих компонентах.


Опишемо призначення символів моделі:




– *Event* (Подія) – . Символ визначає деяку подію: початку, кінця або іншу подію деякого процесу.

– *Activity* (Дія) – . Символ визначає деяку дію: розробка моделі, налаштування системи тощо.

– *IT system* – . Символ визначає використання деякої ІТ системи для виконання деякої дії або збереження результату його виконання.

– *Database* – . Символ визначає використання деякої БД або збереження результатів деякої дії в БД.

– *Entity* – . Символ визначає використання деякої сутності або збереження отриманих результатів у вигляді сутності (наприклад, моделі даних).

– Логічні операції: «виключне або» (XOR) – , «або» (OR) – , «І» (AND) – 

Виходячи з призначення основних символів моделі «Business process» та розробленої у її формі моделі створення БД (рис. 1), наведемо її короткий опис.

Модель на рис. 1 описує всі дії, які треба виконати для розв'язання задач документування та масштабування бази даних. На початковому етапі створюються в системі ERWin логічна та фізична моделі даних, генеруються в автоматичному режимі на їх основі SQL-скрипт та об'єкти (таблиці, тригери, представлення та інші) БД СУБД MySQL, що є суттю прямого проектування. Далі у разі внесення змін в БД (додавання та видалення об'єктів, змінення їх структур) виконується зворотне проектування – формується фізична модель на основі останнього варіанта БД. На заключному етапі виконується повторне проведення процедур прямого проектування для старої або за необхідності нової СУБД. Ці етапи можуть виконуватися багато разів для масштабування БД на необхідну кількість серверів баз даних або для повного узгодження моделей даних та бази даних для одної СУБД.

На рис. 2 наведена схема взаємодії інваріантної бази даних ERP-системи з визначеними функціональними компонентами інформаційних систем (ІС), кожна з яких відповідає одному підприємству з множини тих, на яких буде запроваджена ERP-система.

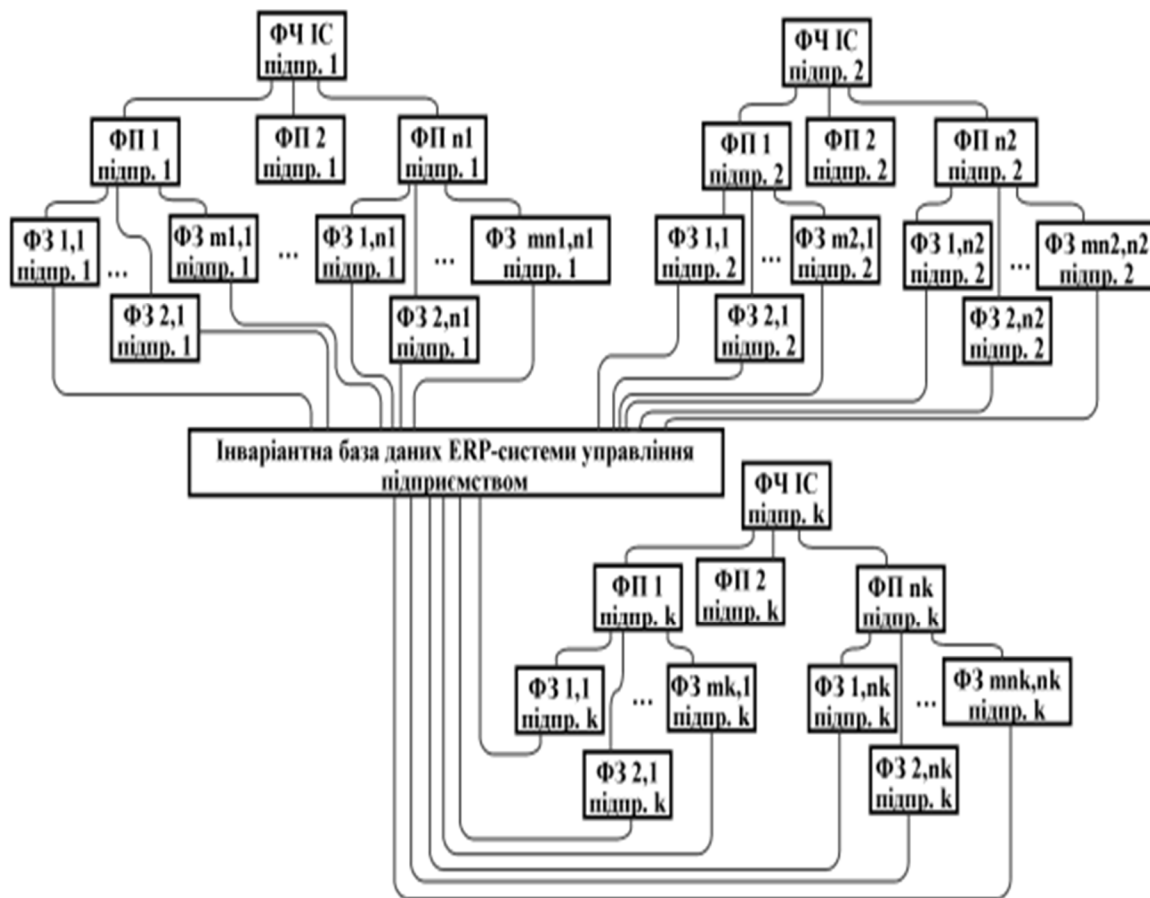


Рисунок 2 – Схема взаємодії інваріантної бази даних ERP-системи з функціональними компонентами інформаційних систем декількох підприємств різного типу та масштабу

База даних та функціональні компоненти ERP-системи повинні бути спроектовані та розроблені таким чином, щоб їх склад та структура повною мірою задовольняли необхідній для конкретного підприємства ефективній ІС управління його діяльністю, тобто БД повинна бути інваріантна по відношенню до потрібних функціональних компонентів ІС різних підприємств (рис. 2).

Слід зазначити, що на рис. 2 показані ні всі зв'язки, які визначають склад і зміст інваріантної БД (ІнБД) ERP-системи (це зроблено, щоб не перевантажувати схему додатковою інформацією і спростити її сприйняття). Є ще зв'язки, які йдуть до БД від функціональних частин та підсистем.

Мають значення також наявні горизонтальні зв'язки між функціональними задачами. Так, наприклад, горизонтальні зв'язки між функціональними задачами, приводять того, що результатна інформація одних є вхідною для інших, що потребує її зберігання в БД для використання в наступних задачах.

Таким чином, побудова ІнБД вимагає визначати бізнес-процеси та функціональні компоненти майбутніх ІС багатьох підприємств різного типу та масштабу.

В цьому випадку для формалізації процесу створення ІнБД недостатньо ітераційних зворотних моделей одного рівня. Необхідно залучати ієрархічні

функціональні моделі IDEF0 для вирішення відповідної проблеми [4].

На рис. 3 та 4 наведені окремі частини розробленої ієрархічної функціональної моделі (ІФМ) процесу створення ІнБД управління підприємством засобами CASE-системи BProWin: контекстна діаграма та діаграми декомпозиції першого рівня.

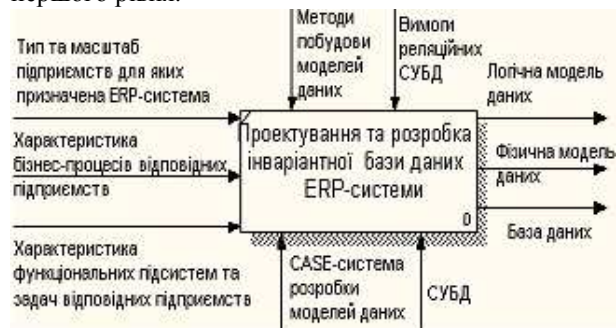


Рисунок 3 – Контекстна діаграма ІФМ процесу розробки ІнБД ERP-системи

Загалом ІФМ процесу створення ІнБД може мати від двох до п'яти діаграм декомпозиції. Кількість їх залежить від ступеня деталізації процесу розробки ІнБД та для яких цілей вона в подальшому буде використовуватися.

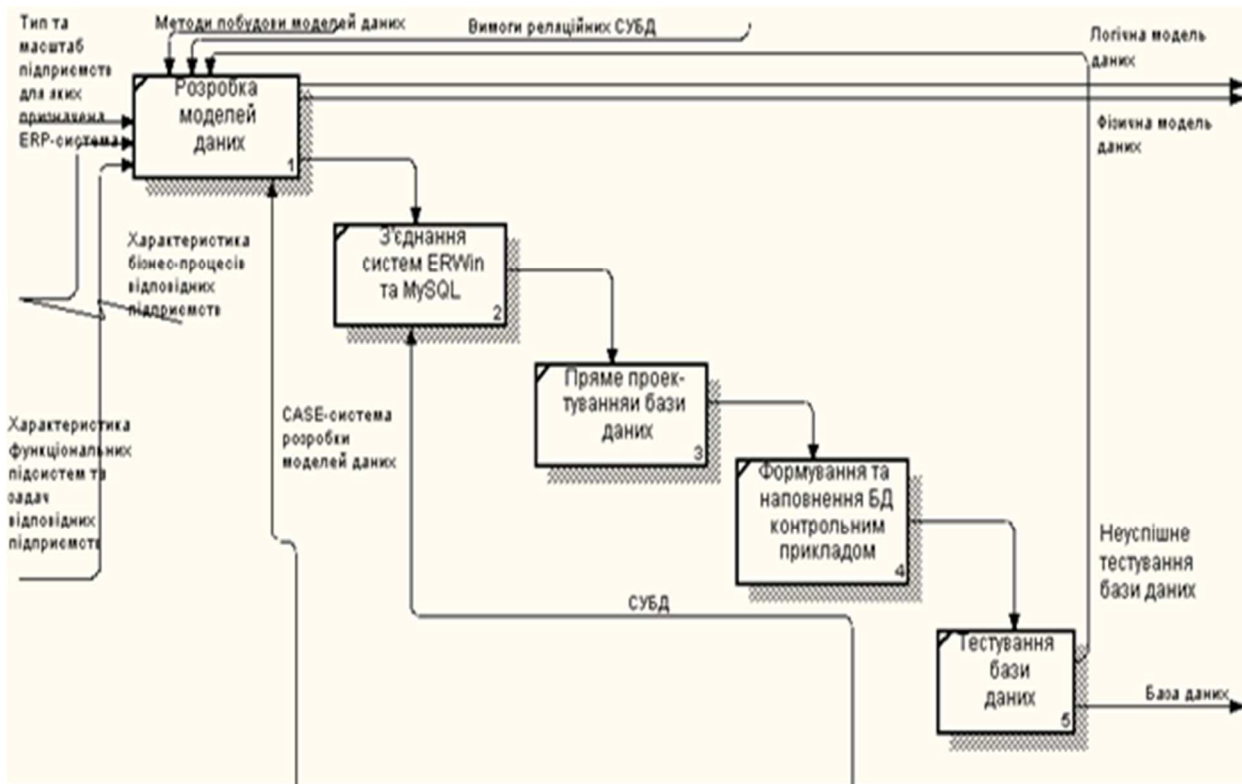


Рисунок 4 – Діаграма декомпозиції першого рівня ІФМ процесу створення ІнБД управління підприємством

## Висновки

У роботі визначено проблеми, які пов'язані з проектуванням та розробкою бази даних ERP-системи управління промисловим підприємством.

Виокремлено основні компоненти проектування бази даних та їх взаємодію; розроблено модель опису процесу розробки бази даних з використанням прямого та зворотного її проектування. Інформаційна система (класу ERP) управління промисловим підприємством повинна мати у своєму складі інваріантну базу даних.

Визначено схему взаємодії інваріантної бази даних ERP-системи з функціональними компонентами інформаційних систем (ИС) декількох підприємств. Побудовано ієрархічну функціональну модель проектування та розробки БД управління підприємством.

Моделі формалізації процесів розробки БД ERP-системи запропоновано формувати засобами CASE-систем BPWin та ARIS Express з використанням відповідних технологій IDEF0 та «Business process». Запропоновані моделі дозволяють значно прискорити та зменшити витрати на розробку БД.

## Список літератури

1. Берко А.Ю. Системи баз даних та знань. Книга 1. Організація баз даних та знань: Навчальний посібник / А.Ю. Берко, О.М. Верес, В.В. Пасічник – Львів: «Магнолія 2006», 2008. – 456 с.
2. Берко А.Ю. Системи баз даних та знань. Книга 2. Системи управління базами даних та знань: Навчальний посібник / А.Ю. Берко, О.М. Верес, В.В. Пасічник – Львів: «Магнолія-2006», 2015. – 470с.
3. Дейт К. Дж., Введение в системы баз данных, 8-е издание: Пер. с англ. / К. Дж. Дейт – К.; М.: СПб. :Издательский дом «Вильямс», 2005.–1328 с.
4. Маклаков С.В. Моделирование бизнес-процессов с BPWin / С.В. Маклаков – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 224с.

Стаття надійшла до редколегії 14.04.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. С.Д. Бушуєв, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

### Демидов Павел Георгиевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры программной инженерии и информационных систем  
Киевский национальный торгово-экономический университет, Киев

### Цюцюра Николай Игоревич

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0003-4713-7568](https://orcid.org/0000-0003-4713-7568)  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

## ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ БАЗЫ ДАННЫХ ERP-СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ПРЕДПРИЯТИЯМИ

**Аннотация.** Рассмотрена проблема создания базы данных ERP-системы управления промышленным предприятием. Выделены основные компоненты проектирования базы данных и их взаимодействие; разработана модель описания процесса разработки базы данных с использованием прямого и обратного ее проектирования; определена схема взаимодействия инвариантной базы данных ERP-системы с функциональными компонентами информационных систем (ИС) нескольких предприятий. Построена иерархическая функциональная модель проектирования и разработки БД управления предприятием. Предложенные модели позволяют значительно ускорить и уменьшить затраты на разработку БД. Формирование на основе физической модели SQL-описания позволяет создать в автоматическом режиме информационные объекты в БД выбранной СУБД. Построение моделей описания создания баз данных управления промышленным предприятием средствами CASE-систем ARIS Express и BPWin, позволит значительно ускорить и уменьшить затраты на разработку баз данных.

**Ключевые слова:** ERP-система; база данных; CASE-технологии: BPWin, ARIS Express и ERWin, СУБД MySQL; прямое и обратное проектирование

**Demidov Pavlo**

Candidate of Technical Sciences, Docent, Docent of Department of Software Engineering and Information Systems  
Kyiv National University of Trade and Economics, Kiev

**Tsiutsiura Mikola**

Ph.D., Associate Professor, Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0003-4713-7568](https://orcid.org/0000-0003-4713-7568),  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kiev

**TECHNOLOGIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE DATABASE ERP-SYSTEM  
OF INDUSTRIAL ENTERPRISE MANAGEMENT**

**Abstract.** *The problem of creating a database ERP-system of industrial enterprise. Isolate the main components of database design and their interactions; developed a model describing the process of developing a database using direct and reverse its design; Set invariant interaction scheme database ERP-system functional components of information systems (IS) several enterprises. The hierarchical functional model design and development of database management. The models can significantly speed up and reduce the cost of developing the database. Formation based on a physical model of SQL-description to create automatically informational database objects in the selected database. Construction of models describing the creation of databases for managing industrial enterprises Means CASE-of ARIS Express and BPWin, which will significantly speed up and reduce the cost of database development. Isolate the main components of database design and their interactions; developed a model describing the process of developing a database using direct and reverse its design. Information System (class ERP) management of industrial enterprises should be composed of invariant database.*

*Determined scheme invariant interaction database ERP-system functional components of information systems (IS) several enterprises. The hierarchical functional model design and development of database management.*

*Models formalization of database development ERP-system the form of CASE-means BPWin ARIS Express and using appropriate technology and IDEF0 «Business process».*

*The models can significantly speed up and reduce the cost of developing the database.*

**Keywords:** *ERP-system; database; CASE-technology: BPWin, ARIS Express and ERWin, database MySQL; direct and reverse engineering*

**References**

1. Berko, A.Y., Veres, O.M., & Passichnik, V.V., (2008). *Systems, databases and knowledge. Book 1. Organization of data and knowledge. Tutorial. Lviv, Ukraine : «Magnolia 2006»,456.*
2. Berko, A.Y., Veres, O.M., & Passichnik, V.V.,(2015). *Systems, databases and knowledge. Book 2. Database Management Systems and Knowledge. Tutorial. Lviv, Ukraine : «Magnolia 2006»,470.*
3. Date, C.J. (2005). *Introduction to Database Systems. Kiev, Ukraine: Publishing Home "Williams", 1328.*
4. Maklakov S.V. (2002). *Modeling business processes with BPWin. Moscow, Russia: DIALOGUE – MIFI, 224.*

---

**Посилання на публікацію**

- APA Demidov Pavlo & Tsiutsiura Mikola (2017). *Technologies for the development of the database ERP-system of industrial enterprise management. Management of Development of Complex Systems, 30, 101-107. [in Ukrainian]*
- ГОСТ Демідов П.Г. Технології розробки бази даних ERP-системи управління промисловим підприємством / П.Г. Демідов, М.І. Цюцюра // *Управління розвитком складних систем.* – 2017. – № 30. – С. 101 – 107.