

DOI: <https://doi.org/10.32782/ecovis/2023-2-13>
УДК 65.01:007.5

Метеленко Наталя Георгіївна

доктор економічних наук, професор, директорка,
Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6757-3124>

Глушевський В'ячеслав Валентинович

доктор економічних наук, професор,
професор кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2124-5985>

Голомб Вікторія Володимирівна

кандидат економічних наук, доцент,
доцент кафедри інформаційної економіки, підприємництва та фінансів,
Інженерний навчально-науковий інститут імені Ю.М. Потебні
Запорізького національного університету
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4053-9310>

ПРОЦЕСНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ: МОДЕЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ, АНАЛІЗ, БЕЗПЕРЕРВНЕ ПОКРАЩЕННЯ

У статті розглянуто методологічні засади моделювання функціональної структури системи управління промисловим підприємством на основі процесного підходу. Запропоновано метамодель MODEL^{БП}, побудовану у формі орієнтованого графа на базі міжнародних стандартів ISO 9001. Доведено, що ця модель слугує інструментом для якісного та кількісного аналізу, дозволяючи виявляти проблемні ділянки під час управління бізнес-процесами промислового підприємства. Застосовано підхід до формалізації міжпроцесних «стиків» за допомогою дводольних орієнтованих графів, що є підґрунтям для поглибленого аналізу взаємодії підрозділів. Обґрунтовано інтеграцію моделі в цикл PDCA для реалізації безперервного покращення через імітаційне моделювання, моніторинг та ухвалення ефективних управлінських рішень. Запропонований інструментарій сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності підприємства.

Ключові слова: методологія моделювання, бізнес-процеси, промислове підприємство, безперервне покращення, процесний підхід.

Natalya Metelenko

Doctor of Economic Sciences (D.Sc.), Professor, Director,
Y.M. Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute
of Zaporizhzhia National University

Vyacheslav Glushchevsky

Doctor of Economic Sciences (D.Sc.), Professor,
Professor of the Department of Information Economy, Entrepreneurship and Finance,
Y.M. Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute
of Zaporizhzhia National University

Viktoriia Holomb

Candidate of Economic Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department of Information Economy, Entrepreneurship and Finance,
Y.M. Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute
of Zaporizhzhia National University

PROCESS MANAGEMENT AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE: MODEL TOOLS, ANALYSIS, CONTINUOUS IMPROVEMENT

The article explores the methodological foundations for modeling the functional structure of an industrial enterprise's management system based on a process-oriented approach. Based on the analysis of business process modeling methodologies, it can be argued that modern scholars and practitioners of business engineering have a



© Метеленко Н.Г., Глушевський В.В., Голомб В.В., 2023

wide selection of tools, allowing them to choose the most suitable, effective, and rational notation to achieve their research goals. From simple flowcharts to complex standards of structural analysis, each methodology offers a unique approach to formalizing an enterprise's activities. However, despite existing achievements, a need remains for a unified methodology that effectively formalizes interconnections and flows at the "junctions" between individual business processes. To address this, a novel approach is proposed through the development of the MODEL^{БІ} metamodel. This model is presented as an oriented graph built upon ISO 9001 standards. The MODEL^{БІ} metamodel serves as an instrument for conducting a deep analysis of the industrial enterprise's functional structure. It allows for a transition from a qualitative description of processes to their quantitative analysis, which is critical for making informed management decisions. The study demonstrates that this model is a powerful tool for quantitative analysis, enabling the identification of critical paths and bottlenecks, and the calculation of key performance indicators (KPIs). A specific methodology for formalizing inter-process «junctions» using special-purpose bipartite oriented graphs is presented, providing a robust framework for analyzing the effectiveness of interactions between enterprise divisions. The research argues that the developed modeling toolkit can be integrated into the PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle, serving as a basis for planning (problem identification), execution (simulation modeling), checking (monitoring), and acting (decision-making). The proposed methodology provides industrial enterprises with a scientifically grounded instrument for analyzing and continuously improving their functional structure, thereby enhancing their overall efficiency and competitiveness.

Keywords: modeling methodology, business processes, industrial enterprise, continuous improvement, process-oriented approach.

Постановка проблеми. Промислові підприємства – це складні неоднорідні мікроекономічні системи, що відносяться до виробничо-технічних видів економічної діяльності; їх бізнес-процесам об'єктивно притаманна підвищена складність формалізованого опису. Тому, пошук нових або адаптація існуючих методик подання діяльності таких підприємств і їх систем управління мовою певних формальних теорій залишається актуальним науково-практичним завданням сучасної теорії управління. Моделювання діяльності промислових підприємств у вигляді мережі бізнес-процесів – це один з найбільш популярних і дієвих підходів до застосування формалізованого опису їх виробничої діяльності, супутніх, підтримувальних і забезпечувальних процесів, взаємодії його структурних та відокремлених підрозділів як між собою, так і із зовнішнім середовищем. Модель бізнес-процесу, зокрема математична, на думку більшості фахівців з інжинірингу бізнес-процесів є його «ідеальною» ідентифікацією, що встановлює взаємозв'язки вхідних і вихідних параметрів, а також відбиває більшість суттєвих умов його проходження крізь досліджуване підприємство.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанням моделювання бізнес-процесів присвячені праці багатьох учених, зокрема, Т. Девенпорта, К. МакГоуена, Д. Марка, М. Портера, А.-В. Шесра та ін. У розвиток теорії реінжинірингу та оптимізації бізнес-процесів значний внесок зробили В. Пономаренко, І. Козак, О. Герасименко, О. Томашевський, С. Козир, В. Слесарев, С. Ус, Т. Хом'як та ін. Крім цих напрямів наукового пошуку, існує також чимало публікацій на теми конструювання та оптимізації бізнес-процесів, вирішення проблем, пов'язаних з прийняттям ефективних (оптимальних) рішень щодо оперативного управління мережею бізнес-процесів,

а також їхнього інформаційного забезпечення на сайтах компаній, які спеціалізуються на розробці й впровадженні відповідних інформаційно-аналітичних та інтелектуальних систем.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значні досягнення в галузі моделювання бізнес-процесів, залишається актуальною проблема розробки уніфікованої методології, яка б враховувала специфіку складних, неоднорідних систем, таких як промислові підприємства. Зокрема, існуючі підходи недостатньо ефективно формалізують взаємозв'язки та потоки на «стиках» окремих бізнес-процесів. Це призводить до складнощів в адаптивному управлінні та оптимізації всієї мережі процесів, а також до неповного відображення їхньої функціональної структури. Таким чином, існує об'єктивна потреба у створенні нового підходу до моделювання, який би забезпечив як аналітичний, так і графічний опис міжпроцесних зв'язків з використанням математичного інструментарію та відповідав сучасним міжнародним стандартам якості.

Мета статті. Метою статті є розробка та обґрунтування методики побудови узагальненої процесної моделі управління промисловим підприємством з використанням технології та інструментарію метамоделювання, що дозволяє формалізувати взаємозв'язки між процесами для подальшого системного аналізу, оптимізації та впровадження безперервного покращення.

Виклад основного матеріалу дослідження. Подання бізнес-процесів у формі моделі можна здійснювати такими основними способами: математичним, табличним, графічним та вербальним (або текстово-описовим) [3; 4; 5; 6.]. Прикладами вдалих спроб формалізованого опису бізнес-процесів є використання категоріального апарату теорії множин (побудована теоретико-множинна семан-

тична модель мережі бізнес-процесів підприємства), матричного методу моделювання [7] (використано табличний спосіб формалізованого подання виділених бізнес-процесів підприємства), технологій динамічного програмування [8] (здійснено математичне моделювання бізнес-процесів з оптимізацією за заданим критерієм) тощо.

Конструктивним підходом до формалізованого опису бізнес-процесів вважають синтаксичні діаграми, в основу побудови яких покладено об'єднані графічний і вербальний методи. Саме графічні методи моделювання бізнес-процесів набувають останнім часом усе більшої популярності й визнання серед фахівців з бізнес-інженерії, про що свідчать актуальні публікації [9; 10; 11]. З погляду авторів цих та інших праць, методологія моделювання бізнес-процесів поєднує в собі певний набір правил і інструментів обробки первинної інформації, яка здебільшого подана в текстовій (вербальній) або слабо структурованій формі, з метою візуалізації бізнес-процесу, як правило, у вигляді множини спеціальних діаграм. Спільним для них є те, що їх інструментарій утворено певною графічною мовою, яка базується тією чи іншою мірою на трьох ключових поняттях [8; 10]:

- функціональний блок;
- інтерфейсні дуги;
- принцип декомпозиції бізнес-процесу.

Побудована в такий спосіб модель бізнес-процесу має давати чітке та однозначне уявлення про:

- внутрішню структуру бізнес-процесу, тобто набір структурних елементів, з яких утворюється досліджуваний процес;
- взаємозв'язки між окремими елементами бізнес-процесу;
- взаємозв'язки кожного бізнес-процесу з іншими тощо.

Сьогодні виділяють цілу низку методологій структурного аналізу й проєктування бізнес-процесів. В основі методології структурного аналізу або функціонально-орієнтованого проєктування лежить побудова графічних моделей функцій і процесів, а також виділення їх певних сутностей-об'єктів. Під методологією проєктування бізнес-процесів розуміють конкретні технології і стандарти, зокрема графічного моделювання, що їх підтримують, методи та інструментальні засоби, які забезпечують виконання процесів життєвого циклу бізнес-процесу [2]. Найбільш відомими та найчастіше використовуваними є такі методології.

1. Методологія структурного аналізу та проєктування SADT (Structured Analysis and Design Technique). Цей підхід інтегрує в собі інструментарій моделювання, управління конфігурацією, використання додаткових мовних засобів зі своєю графічною мовою. SADT пропонує абстрактний рівень опису системи в цілому, дає змогу будувати функціональні моделі системи у вигляді ієрархічно упорядкованих

і взаємозалежних діаграм. Він передбачає поетапну декомпозицію системи на функціональні підсистеми: функції – підфункції – задачі – процедури (роботи). SADT часто асоціюється з методологією IDEF (Integration Definition for Function Modeling), яка є її розвитком. IDEF0, зокрема, є прямим нащадком SADT і широко використовується для моделювання функціональних аспектів системи. Ключова особливість SADT – це її ієрархічність. Вона дозволяє декомпозицію (розбиття) складних процесів на дрібніші, що робить аналіз і розуміння системи більш керованим. Діаграми SADT використовують блоки (функції) та стрілки, що позначають входи, виходи, механізми (ресурси) та керування (контроль). Цей підхід часто називають ICOM-діаграмами.

2. Об'єктний підхід до моделювання UML (Unified Modeling Language). Це відкритий стандарт, що використовує уніфіковані графічні позначення для конструювання абстрактної моделі системи, яку називають UML-моделлю. Використовується для визначення, візуалізації, проєктування та документування систем, зокрема й бізнес-процесів (БП).

3. Компонентний підхід до проєктування CBD (Component Based Development). Цей підхід є одним із базових методів інтелектуального моделювання та використовується для ідентифікації, діагностування, прогнозування та настроювання на предметну область. Відповідно до цього підходу досліджуваний БП із заданим набором функцій синтезується з окремих проблемно-орієнтованих компонентів (функціональних блоків). Різновидом цього підходу є метод онтолого-орієнтованого програмування.

4. Методологія моделювання бізнес-процесів BPM (Business Process Modeling). Це формалізований і стандартизований опис бізнес-процесу у вигляді логічних блок-схем, що визначають послідовність дій і вибір подальших кроків залежно від ситуативних умов. BPM є графічним відображенням діяльності підприємства, що дозволяє використовувати побудовану модель для її аналізу та подальшого вдосконалення.

5. Методологія графічного моделювання бізнес-процесів BPMN (Business Process Model and Notation). BPMN є сучасною модифікацією та розвитком BPM. Вона реалізує розширені можливості графічного подання структурних елементів і зв'язків, включаючи складні розгалуження (паралельні потоки з точками синхронізації та/або розгалуження за подіями), а також різні типи підпроцесів (повторювані, з невизначеними правилами виконання тощо).

BPMN став міжнародним стандартом для моделювання бізнес-процесів, який постійно розвивається та вдосконалюється. Остання версія, BPMN 2.0, значно розширила можливості моделювання, включивши деталізацію для трьох основних типів моделей:

- приватні (внутрішні) бізнес-процеси: процеси, що виконуються всередині однієї організації;

- абстрактні (публічні) процеси: взаємодія між учасниками без деталізації внутрішніх дій;
- хореографія: опис взаємодії (послідовності обміну повідомленнями) між двома або більше учасниками.

BPMN 2.0 також надає специфікацію для XML-формату (BPMN DI), що дозволяє обмінюватися моделями між різними інструментами моделювання без втрати інформації. Це робить BPMN універсальною мовою моделювання.

6. Методологія опису потоків робіт WFM (Work Flow Modeling). В її основі лежить процедура побудови моделей процесів за принципом послідовно виконуваних у часі робіт (функцій, операцій). WFM близька до алгоритмічних методів побудови схем процесів і стандартних засобів створення блок-схем.

7. Методології опису потоків даних DFM (Data Flow Modeling) або DFD (Data Flow Diagramming). Ці підходи дозволяють відображувати послідовності робіт, що виконуються по ходу процесу, і потоки інформації, які циркулюють між цими роботами. Крім цього, DFD надає можливість описувати потоки документів (документообіг) і матеріальних ресурсів. Модель БП, побудована з використанням DFM (DFD), найчастіше виступає основою щодо розробки моделі структури даних для інформаційних моделей і систем підприємства.

8. Методологія моделювання бізнес-процесів EPC (Event-driven Process Chain). Ця методологія, розроблена в рамках архітектури ARIS (Architecture of Integrated Information Systems). Моделі EPC відображають послідовність подій і функцій. Ключовим принципом є чергування подій і функцій: подія запускає функцію, а функція завершується подією. Це робить EPC-діаграми логічними та легкими для читання. EPC дозволяє моделювати різні аспекти бізнес-процесів, включаючи організаційну структуру, дані, вхідні та вихідні документи.

9. Методологія CMMI (Capability Maturity Model Integration). Це не методологія моделювання в традиційному розумінні, а комплексна модель зрілості та вдосконалення процесів в організації. Її основне призначення - надати структурований підхід для оцінки поточної зрілості процесів, виявлення слабких місць і розробки стратегії для їхнього планомірного покращення. CMMI допомагає організаціям стати більш ефективними, передбачуваними та контрольованими, що особливо важливо для розробки програмного забезпечення та управління проектами.

В основі методологій опису бізнес-процесів лежать всесвітньо визнані стандарти, спеціально розроблені як інструментальні засоби розв'язання задач моделювання складних систем, загальна методологія IDEF0 (ICAM DEFinition, де ICAM – це Integrated Computer-Aided Manufacturing) та її модифікації (IDEF1 – IDEF14), методологія ARIS (Architecture of Integrated Information Systems) та сімейство її при-

кладних нотацій (ARIS Toolset – базове інструментальне середовище, ARIS Easy Design – спрощене середовище моделювання, ARIS Simulation – модуль динамічного імітаційного моделювання тощо; сюди входять також додаткові модулі-інтерфейси), а також деякі інші, так звані CASE-технології (Computer Aided Software Engineering – комп'ютерна підтримка розробки програмного забезпечення).

Сімейство IDEF базується на методології SADT і фактично є наступним етапом у її розвитку. До нього входять нотації графічного моделювання, які використовують для конструювання (створення) моделей систем (бізнес-процесів), що відбивають структуру, функції модельованої системи, потоки інформації й матеріальних об'єктів, описують, що відбувається в системі, як нею керують, що саме вона перетворює, які засоби використовують для виконання цих функцій і що вона виробляє.

ARIS – це методологія й розроблене на її базі компанією Software AG (Німеччина) сімейство програмних продуктів для структурованого опису, аналізу, контролінгу та вдосконалення бізнес-процесів підприємств, а також для підготовки до впровадження й підтримки складних інформаційних систем класу ERP, CRM, Workflow Management. Підприємство в ARIS розглядається з чотирьох позицій: його організаційної структури, функціональної структури, структури даних і структури його бізнес-процесів. ARIS найчастіше використовують як інтегрований інструментальний засіб на будь-якому етапі всього циклу управління бізнес-процесами підприємства, розв'язуючи при цьому задачі процесного управління.

Існує цілий набір різноманітних CASE – засобів проєктування інформаційних систем, що реалізують методологію інформаційного моделювання, яка ґрунтується на парадигмі «методологія – метод – нотація – засіб». Однією з найбільш відомих лінійок CASE-засобів є Bpwin (або AllFusion Process Modeler), який використовують для моделювання бізнес-процесів та побудови функціональних моделей підприємств. Інструментарій нотації Bpwin включає в себе графі, діаграми, блок-схеми, формальні та природні мови.

Розроблені інструментальні засоби аналізу й візуалізації бізнес-процесів, такі як ARIS, IDEF, Bpwin, MS Visio та інші, уже довели свою ефективність у практичній діяльності підприємств. Проте, враховуючи високу інтелектуалізацію самих процедур моделювання бізнес-процесів, які настільки складні в застосуванні, що потребують розробки спеціальних методик їх використання на практиці, достатньо велика частка науковців і практиків вважають більш раціональним використовувати стандартну мову креслення блок-схем, яка містить деякі додаткові, вбудовані спеціальні графічні об'єкти й прості інструменти їх створення, зокрема, редактори MS Word, MS Visio тощо. Використання цих об'єктів дає

змогу зробити блок-схеми процесів наочнішими й зрозумілішими для виконавців [12].

На підставі викладеного аналізу методологій моделювання бізнес-процесів, можна стверджувати, що сучасні науковці та практики бізнес-інжинірингу мають широкий вибір інструментів, що дозволяє їм обрати найбільш прийнятну, ефективну та раціональну нотацію для досягнення цілей дослідження. Від простих блок-схем до складних стандартів структурного аналізу – кожна методологія пропонує унікальний підхід до формалізації діяльності підприємства.

З огляду на актуальність проблеми та існуючі підходи, вирішенням є створення універсальної моделі, що поєднує різні рівні управління. Згідно з концепцією метамодельювання [3], моделюванню мережі бізнес-процесів промислового підприємства

відводиться ключова роль, оскільки це забезпечує формалізований опис «мовою» процесного управління. Процесний підхід забезпечує безперервність управління на стиках процесів, що формують єдину мережу. Рисунок 1 демонструє узагальнену процесну модель управління промисловим підприємством, що ілюструє взаємозв'язок основних бізнес-процесів та їхню інтеграцію в єдину систему управління.

Застосування процесного підходу передбачає виділення двох рівнів управління:

Рівень 1: Управління в межах окремого бізнес-процесу, яке представлено моделлю у вигляді кортежу, що включає функціональні блоки, інтерфейсні дуги, ресурси та продукти.

Рівень 2: Управління мережею бізнес-процесів на рівні підприємства, що представлено моделлю у вигляді кортежу, який об'єднує моделі окремих

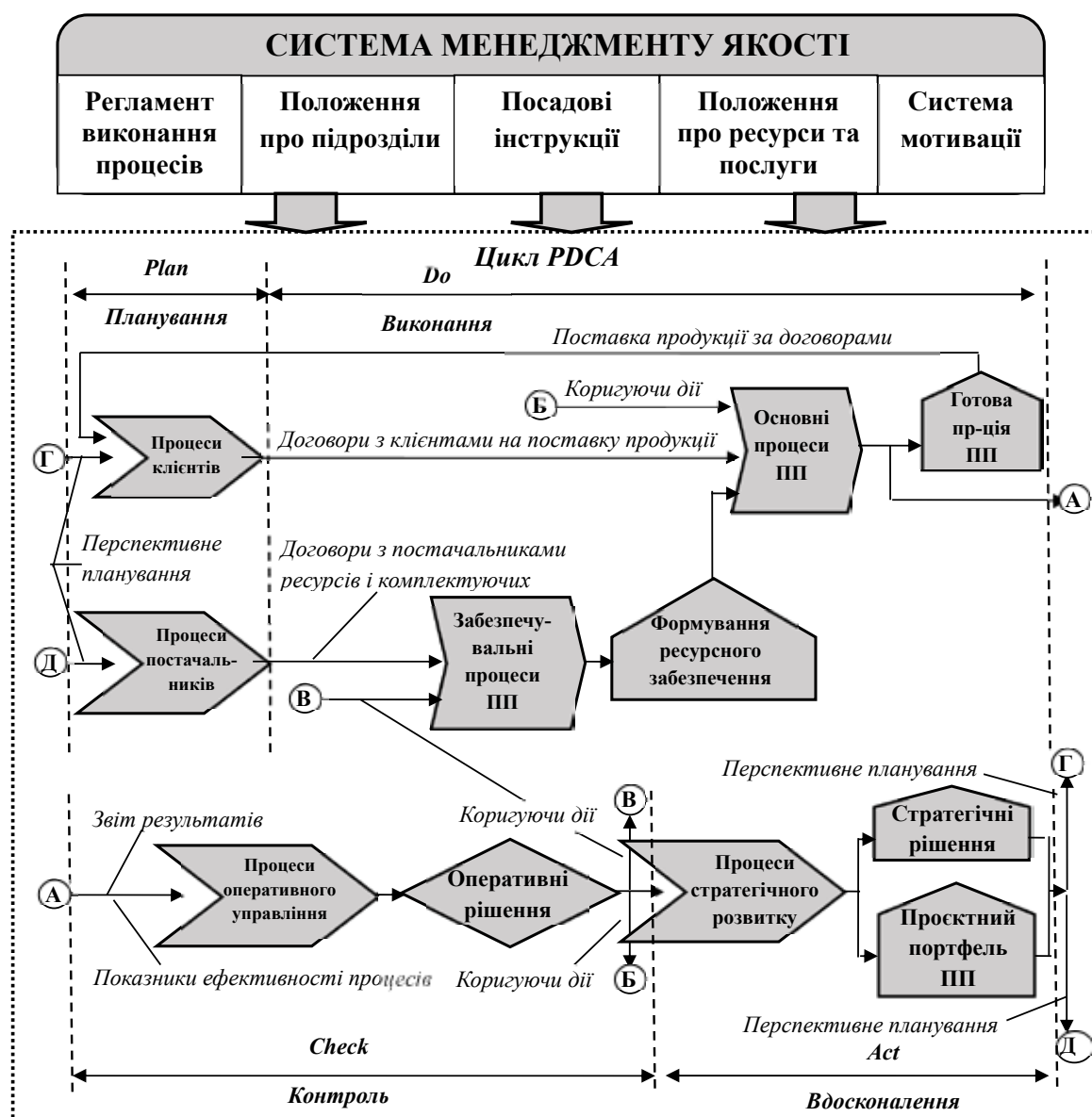


Рис. 1. Узагальнена процесна модель управління промисловим підприємством

Джерело: складено авторами

бізнес-процесів, міжпроцесні зв'язки та зовнішні потоки ресурсів і продуктів.

Далі стисло опишемо методику побудови метамоделі $MODEL^{BP}$ для типового промислового підприємства.

Метамодель відображає функціональну структуру промислового підприємства, побудовану із застосуванням технології метамодельювання у формі об'єктної моделі $MODEL^{BP}$ мережі бізнес-процесів $\{BP_n\}_{n \in N}$.

Метамоделлю мережі БП підприємства є орієнтований граф:

$$MODEL^{BP} = V^{BP}; E^{BP}$$

де V^{BP}, E^{BP} – множини відповідно вершин і дуг графа $MODEL^{BP}$: вершини (об'єкти) – моделі окремих бізнес-процесів $\{ML_n\}$; дуги – зв'язки між парами BP_{n_1} та BP_{n_2} , представлені відображенням:

$$LIM: BP_n \times BP_n \rightarrow \{0;1\},$$

$$\text{де } LIM = \{lim_{n_1 n_2}\}:$$

$$\forall n_1, n_2 \in N, n_1 \neq n_2: (\exists lim_{n_1 n_2} = 1) \Rightarrow (\exists G_{n_1 n_2} \neq \emptyset).$$

Множина гетерогенних об'єктів метамоделі $MODEL^{BP}$ утворена моделями ML_n окремих бізнес-процесів промислового підприємства, побудованих на базі міжнародних стандартів якості серії ISO 9001, кожна з яких:

- задає набір функціональних блоків;
- конкретизує зв'язки між ними;
- зіставляє функціональним блокам та зв'язкам між ними певні системні характеристики (ваги, функції, об'єкти спеціальної структури або функціоналу тощо).

Моделлю бізнес-процесу є орієнтований зважений граф:

$$ML_n = V_n^{BP}; E_n^{BP}; \tilde{W}_n^{BP}, n \in N,$$

$$\text{де } V_n^{BP} = \{FS_j^n\}_{j \in J_n},$$

$$E_n^{BP} = \{FSJ_n\}_{n \in N} = \left\{ (FS_{j_1}^n; FS_{j_2}^n) \right\}_{n \in N, j_1 \neq j_2, j_1, j_2 \in J_n} -$$

множини відповідно вершин і дуг графа ML_n ;

$FS_j^n, FS_{j_1}^n, FS_{j_2}^n$ – функціональні блоки моделі n -го бізнес-процесу (j, j_1, j_2 – їх ідентифікатори в межах бізнес-процесу « n »); $FSJ_n: V_n^{BP} \times V_n^{BP} \rightarrow \{0;1\}$;

$\tilde{W}_n^{BP}$ – система вагових функцій (об'єктів), які задані на множинах V_n^{BP} і E_n^{BP} графа $ML_n, n \in N$.

Систему вагових функцій можна представити, зокрема, таким коротцем:

$$\tilde{W}_n^{BP} = DEM^2; DEM^4; BRES; W_{n \in N}^{\square}$$

$$\left[\begin{array}{l} DEM^2: BP_n \times RS_r \rightarrow \{0;1\} \\ DEM^4: BP_n \times PR_p \rightarrow \{0;1\} \\ BRES_n: BP_n \times RS_r \rightarrow \mathbb{Z}^+ \end{array} \right.$$

де $DEM^2 = \{d_{nr}^2\}$ – функція споживання ресурсів з множини $RS_r, r \in R$, на елементах n -го бізнес-процесу BP_n ;

$DEM^4 = \{d_{nr}^4\}$ – функція випуску кінцевого продукту з множини $PR_p, p \in P$, для n -го бізнес-процесу BP_n ;

$BRES_n = \{b_{nr}\}$ – функція забезпечення n -го бізнес-процесу BP_n обсягами ресурсів r -го виду з множини $RS_r, r \in R$;

W_n – множина задач об'єкта, які виконуються на функціональних елементах n -го бізнес-процесу BP_n .

Зв'язки між гетерогенними об'єктами метамоделі $MODEL^{BP}$, тобто «стики» між парами бізнес-процесів типового промислового підприємства, формалізовані з використанням моделей у формі дводольних орієнтованих графів спеціальної структури $G_{n_1 n_2}, n_1, n_2 \in N, n_1 \uparrow n_2$, які разом утворюють множину $G = \{G_{n_1 n_2}\}$.

Орієнтований зважений дводольний граф:

$$G_{n_1 n_2} = V_{n_1 n_2}; E_{n_1 n_2}; W_{n_1 n_2},$$

де $V_{n_1 n_2} = V_{n_1} \cup V_{n_2}, E_{n_1 n_2} = \left\{ (FS_{j_1}^{n_1}; FS_{j_2}^{n_2}) \right\}, j_1 \in J_{n_1}, j_2 \in J_{n_2}$, – множини графа $G_{n_1 n_2}$ – відповідно вершин (функціональні елементи $FS_{j_1}^{n_1}, V_{n_1} = \{FS_{j_1}^{n_1}\}$, та $FS_{j_2}^{n_2}, V_{n_2} = \{FS_{j_2}^{n_2}\}$, які є «стиками» бізнес-процесів BP_{n_1} та BP_{n_2} відповідно) і дуг ($E_{n_1 n_2}: V_{n_1} \times V_{n_2} \rightarrow \{0;1\}$), які їх з'єднують;

$W_{n_1 n_2}$ – система вагових функцій (об'єктів), які задані на множинах $V_{n_1 n_2}$ і $E_{n_1 n_2}$ графа $G_{n_1 n_2}$.

Конкретизація всіх перелічених вище елементів моделі мережі бізнес-процесів для типового промислового підприємства фактично задає в аналітичному вигляді найбільш узагальнену модель його функціональної структури. Її альтернативним представлення є структурно-функціональна модель мережі його бізнес-процесів у графічній формі, яку схематично наведено на рисунку 2.

Сформована структурно-функціональна модель реалізується як об'єктна метамодель мережі бізнес-процесів, що має назву $MODEL^{BP}$. Вона побудована у формі орієнтованого графа за допомогою технології метамодельювання. Множина об'єктів метамоделі $MODEL^{BP}$ складається з моделей окремих бізнес-процесів підприємства (допускає застосування будь-якої з нотацій структурного моделювання, які описано вище), розроблених на основі міжнародних стандартів якості ISO 9001. Кожна така модель включає: набір функціональних блоків, коректні зв'язки між ними, відповідні системні характеристики (наприклад, ваги, функції, об'єкти спеціальної структури).

Метамодель $MODEL^{BP}$ є інструментом для проведення поглибленого аналізу функціональної структури промислового підприємства. Вона дозволяє перейти від якісного опису процесів до їхнього кількісного аналізу, що є критично важливим для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Аналіз дуг графа, які позначають тривалість виконання функціональних блоків, дає змогу розра-

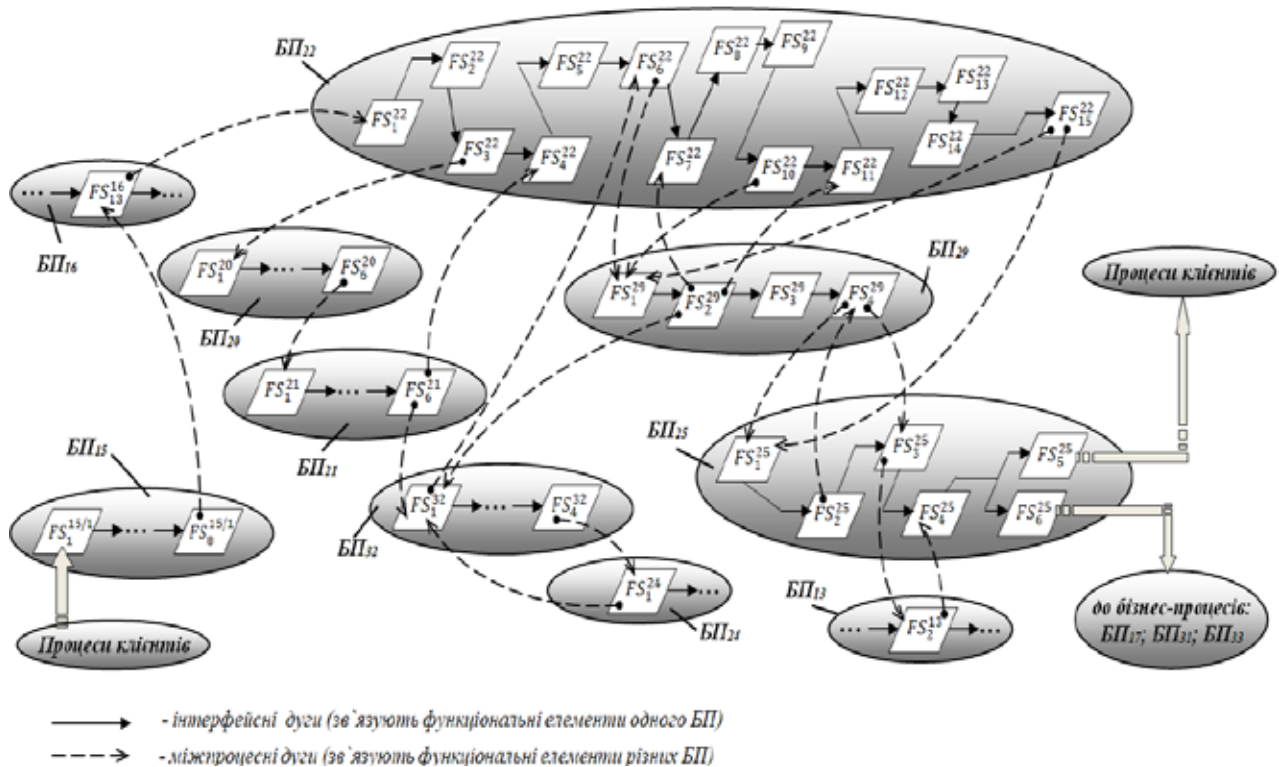


Рис. 2. Фрагмент моделі мережі бізнес-процесів промислового підприємства побудованої з використанням інструментарію метамодельовання

Джерело: складено авторами

хувати сумарний час для кожного шляху в процесі. Критичний шлях – це найдовша послідовність операцій, що визначає мінімальний час, необхідний для виконання всього бізнес-процесу. Виявлення цього шляху дозволяє зосередити зусилля на оптимізації саме тих операцій, які найбільше впливають на загальну тривалість. Ідентифікація «вузьких місць» (bottlenecks) здійснюється шляхом аналізу елементів моделі – функціональних блоків або міжпроцесних зв'язків, які мають найбільшу вагу (час, вартість, обсяг ресурсів) і значно уповільнюють загальний потік. Аналіз цих елементів графа дає можливість точно визначити, де саме виникають затримки та неефективність.

Розроблений модельний інструментарій та результати проведеного аналізу закладають міцну основу для реалізації ключового принципу сучасного менеджменту – безперервного покращення. Цей підхід є циклічним і динамічним процесом, який не має кінцевої точки, а спрямований на постійну оптимізацію діяльності підприємства. Ми пропонуємо інтегрувати нашу метамодель $MODEL^{БП}$ в класичний цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act), адаптувавши його до специфіки управління мережею бізнес-процесів.

Plan (Планування). На цьому етапі метамодель $MODEL^{БП}$ слугує основним інструментом для ідентифікації проблемних зон. Завдяки аналізу критичного шляху, «вузьких місць» та «стиків» чітко визна-

чається, які процеси потребують вдосконалення. На основі цих даних формуються гіпотези щодо можливих змін, як-от перерозподіл ресурсів, зміна послідовності операцій або автоматизація.

Do (Виконання). Перед безпосереднім впровадженням змін на підприємстві, модель дозволяє провести їхню імітаційну оцінку (симуляцію). Застосовуючи математичний апарат, моделюються різні сценарії, змінюючи параметри функціональних блоків та міжпроцесних зв'язків. Це дає змогу прогнозувати вплив запропонованих змін на ключові показники ефективності (KPI) – час, вартість, продуктивність – без ризику для реального виробничого процесу. Таким чином, обирається найефективніший варіант оптимізації.

Check (Перевірка). Після впровадження змін на практиці, модель $MODEL^{БП}$ стає інструментом для моніторингу та контролю. Вона використовується для збору й аналізу даних у реальному часі, що дозволяє порівнювати фактичні результати з прогнозними. Це дає можливість оперативно виявляти відхилення, оцінювати ефективність проведених заходів та переконуватися, що покращення є стабільним і позитивним.

Act (Дія). На основі отриманих результатів і виявлених відхилень приймаються подальші управлінські рішення. Якщо зміни виявились успішними, вони стандартизуються і стають частиною постійної

практики. Якщо ні – цикл починається знову з етапу «Планування», де модель використовується для аналізу причин невдачі та розробки нових рішень.

Висновки. Проведене дослідження дозволило розробити та обґрунтувати методологічний підхід до моделювання функціональної структури промислового підприємства.

Розроблено об'єктну метамодель. Запропонована метамодель *MODEL^{BP}* являє собою орієнтований граф, що складається з моделей окремих бізнес-процесів, побудованих на основі стандартів ISO 9001. Ця модель є інструментом для проведення кількісного аналізу, дозволяючи виявляти «вузькі місця», розраховувати критичні шляхи та обчислювати ключові показники ефективності.

Запропоновано підхід до формалізації «стиків». Використання дводольних орієнтованих графів для моделювання міжпроцесних зв'язків забезпечило

аналітичну та графічну формалізацію взаємодії між підрозділами. Це дозволяє симулювати зміни в організаційній структурі та інформаційних потоках, прогнозуючи їхній вплив на загальну ефективність.

Доведено, що розроблений інструментарій може бути інтегрований у цикл PDCA (Plan-Do-Check-Act). Модель *MODEL^{BP}* виступає як основа для планування (ідентифікація проблем), виконання (імітаційне моделювання), перевірки (моніторинг) та дії (ухвалення рішень). Це перетворює управління на системний і циклічний процес, що забезпечує постійну оптимізацію діяльності.

Таким чином, запропонована методологія надає промисловим підприємствам науково обґрунтований інструментарій для аналізу та безперервного вдосконалення їхньої функціональної структури, що сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Davenport T. H. Process innovation: reengineering work through information technology. Boston, Mass. : Harvard Business School Press, 1993. 377 p.
2. Глушчевський В. В. Адаптивні механізми в системах управління підприємствами: методологія і моделі : монографія. Запоріжжя : КПУ, 2016. 352 с.
3. Glushchevsky V., Vitlinskyi V. Consideration of Risk and Safety in Metamodeling System of Stratification. *CEUR Workshop Proceedings*. 2019. № 2422. С. 405-419.
4. Пономаренко В. С. Бізнес-моделювання і управління потоками робіт та документообігом в економічних системах : монографія / [під заг. ред. В. С. Пономаренка]. Харків : Вид-во ХНЕУ, 2008. 320 с.
5. Козак І. А. Онтологічне моделювання інформаційних систем віртуальних організацій : монографія. Київ : КНЕУ, 2010. 237 с.
6. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York : Harper Collins, 1993. 330 p.
7. Герасименко О. В., Корольов О.А., Рябчук В.Л. Проблеми структурно-функціональної організації та управління національним ринком товарів і послуг. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002. 271 с.
8. Томашевський О. М., Цегелик Г.Г., Вітер М.Б., Дубук В.І. Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів : навч. посіб. Київ : ЦУЛ, 2012. 296 с.
9. Шматковська Т., Дзямулич М., Сташук О. Особливості моделювання бізнес-процесів в умовах формування цифрової економіки. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. С. 66-68.
10. Чорна Л., Гончар О. Моделювання бізнес-процесів для удосконалення системи управління підприємством. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Економічні науки*. 2022. № 2(1). Том 304. С. 14-18.
11. Рожко В. І., Хлестун А. А. Моделювання бізнес-процесів у сучасному бізнес-середовищі. *Проблеми економіки*. 2023. № 4 (58). С. 159-164.
12. Козир С. В., Слесарев В. В., Ус С. А., Хом'як Т. В. Моделювання та реінжиніринг бізнес-процесів: підручн. ; М-во освіти і науки України; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро: НТУ «ДП». 2022. 163 с.

REFERENCES

1. Davenport T. N. (1993) Process innovation: reengineering work through information technology. Boston, Mass.: Harvard Business School Press, 377 p.
2. Glushchevsky V. V. (2016) Adaptivni mekhanizmy v systemakh upravlinnia pidpriemstvamy: metodolohiia i modeli: monohrafiia [Adaptive mechanisms in enterprise management systems: methodology and models: monograph]. Zaporizhzhya: CPU, 352 p. (in Ukrainian)
3. Glushchevsky V., Vitlinskyi V. (2019) Consideration of Risk and Safety in Metamodeling System of Stratification. *CEUR Workshop Proceedings*, no. 2422, pp. 405-419.
4. Ponomarenko V. S. (2008) Biznes-modeliuvannia i upravlinnia potokamy robit ta dokumentoobihom v ekonomichnykh systemakh: monohrafiia [Business modeling and management of workflows and document flow in economic systems: monograph]. Kharkiv: Vydavnytstvo KhNEU, 320 p. (in Ukrainian)
5. Kozak I. A. (2010) Ontologichne modeliuvannia informatsiinykh system virtualnykh orhanizatsii: monohrafiia [Ontological modeling of information systems of virtual organizations: monograph]. Kyiv: KNEU, 237 p. (in Ukrainian)
6. Hammer M., Champy J. (1993) Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. New York: Harper Collins, 330 p.
7. Herasymenko O. V., Korol'ov O. A., Ryabchuk V. L. (2002) Problemy strukturno-funktsionalnoi orhanizatsii ta upravlinnia natsionalnym rynkom tovariv i posluh [Problems of structural and functional organization and management of the national market of goods and services]. Kyiv: Kyiv. nats. torh.-ekon. un-t, 271 p. (in Ukrainian)

8. Tomashevs'kyi O. M., Tsehelyk H. H., Viter M. B., Dubuk V. I. (2012) Informatsiini tekhnolohii ta modeliuvannia biznes-protseviv: navch. posib. [Information technologies and business process modeling: study guide]. Kyiv: TsUL, 296 p. (in Ukrainian)
9. Shmatkovs'ka T., Dzyamulych M., Stashchuk O. (2021) Osoblyvosti modeliuvannia biznes-protseviv v umovakh formuvannia tsyfrovoi ekonomiky [Features of business process modeling in the context of the formation of the digital economy]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*, vol. 26, pp. 66-68.
10. Chorna L., Honchar O. (2022) Modeliuvannia biznes-protseviv dlia udoskonalennia systemy upravlinnia pidpriemstvom [Modeling business processes to improve the enterprise management system]. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: Ekonomichni nauky – Bulletin of Khmelnytskyi National University. Series: Economic Sciences*, vol. 2(1), no. 304, pp. 14-18.
11. Rozhko V. I., Khlystun A. A. (2023) Modeliuvannia biznes-protseviv u suchasnomu biznes-seredovyshchi [Modeling business processes in a modern business environment]. *Problemy ekonomiky – Problems of Economy*, vol. 4(58), pp. 159-164.
12. Kozyr S. V., Slyesaryev V. V., Us S. A., Khom"yak T. V. (2022) Modeliuvannia ta reinzhynirynh biznes-protseviv: pidruchn. [Modeling and reengineering of business processes: textbook]. Dnipro: NTU «DP», 163 p. (in Ukrainian)

Стаття надійшла: 16.11.2023

Стаття прийнята: 09.12.2023

Стаття опублікована: 28.12.2023