

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**БАЗИЛЕВИЧ ПЕТРО РОМАНОВИЧ**

УДК 658.5:005

**ФОРМУВАННЯ АСИНХРОННИХ ДИСКРЕТНИХ СИСТЕМ  
БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ ПІДПРИЄМСТВ**

Спеціальність 08.00.04 – економіка та управління підприємствами  
(за видами економічної діяльності)

**АВТОРЕФЕРАТ**  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата економічних наук

Львів – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі менеджменту і міжнародного підприємництва Національного університету «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор економічних наук, професор,  
заслужений працівник народної освіти України  
**КУЗЬМІН ОЛЕГ ЄВГЕНОВИЧ**,  
Національний університет «Львівська політехніка»,  
директор Навчально-наукового інституту  
економіки і менеджменту

**Офіційні опоненти:** доктор економічних наук, професор  
**ФІЛИПОВА СВІТЛАНА ВАЛЕРІЇВНА**,  
Одеський національний політехнічний університет,  
директор Інституту бізнесу, економіки та  
інформаційних технологій

кандидат економічних наук, доцент  
**КУЖДА ТЕТЯНА ІВАНІВНА**,  
Тернопільський національний технічний університет  
імені Івана Пулюя,  
доцент кафедри менеджменту у виробничій сфері

Захист відбудеться «29» березня 2018 р. о 11.30 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.052.03 у Національному університеті «Львівська політехніка» (79013, м. Львів, вул. С. Бандери, 12, головний корпус, ауд. 226)

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Професорська, 1

Автореферат розісланий «28» лютого 2018 р.

Учений секретар спеціалізованої  
вченої ради, к.е.н., доцент

Завербний А.С.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Сучасне складне ринкове середовище, що неперервно змінюється, вимагає постійного вдосконалення систем управління підприємством. Процесний підхід, який базується на концепції, що управління є безперервною серією взаємопов'язаних та взаємодіючих функцій, є найбільш ефективним на сучасному етапі. Підприємства об'єднують багато бізнес-процесів, що реалізують тисячі операцій. Актуальним є розроблення ефективних підходів, придатних для детального їх описування, аналізування особливостей функціонування, оптимізації, контролювання, діагностування проблемних ситуацій та формування заходів для їх усунення. Це вимагає створення ефективного інструментарію для вирішення таких завдань.

Вагомий внесок у розроблення теоретико-прикладних положень у сфері дослідження особливостей функціонування та аналізу бізнес-процесів підприємств зробило чимало вітчизняних та зарубіжних вчених, серед яких варто виокремити праці В.М.П. Аалста, І. Алексеева, А. Божека, О. Волкова, М. Гаммера, Д.Григор'єва, Р. Дафта, К. Дженсена, М. Доррера, Д. Зайцева, Н. Євдокімової, В. Зуберек, В.Ільїна, Г. Калянова, В. Козика, Є. Крикавського, О. Кузьміна, В.Кузьмука, Т. Кужди, О. Мельник, М.Мескона, Н. Лохмана, Й. Петровича, Ж. Полтавської, Д. Чемпі, Л. Чернобай, Н.Чухрай, Л. Файфоля, С. Філіппової, М. Хамера, Ф. Хедоурі, А-В. Шеера та інших. У своїх працях вчені зосереджуються на дослідженні сутності опису особливостей функціонування підприємств та окремих бізнес-процесів, їх структуризації та реструктуризації, аналізу, основних перевагах та недоліках існуючих підходів тощо.

Незважаючи на значні напрацювання, багато питань ще залишаються нерозв'язаними у цій сфері. Зокрема, потребують подальшого розвитку методи дослідження структури бізнес-процесів підприємств як асинхронних дискретних систем. Такі підходи створюють нові можливості для вивчення закономірностей їх функціонування та аналізу на найбільш глибокому рівні. З цієї точки зору бізнес-процеси доцільно розглядати як системи, які мають такі властивості: утворені скінченною множиною окремих операцій, що мають скінченну тривалість, є асинхронними в реалізації та не керуються єдиним сигналом (за виключенням конвеєрних систем). Ефективним математичним апаратом для деталізації опису бізнес-процесів є мережі Петрі, як прості так і вищого порядку – часові та кольорові. Мережі Петрі є інтерпретацією асинхронної дискретної моделі з вищим рівнем деталізації опису операцій. В ній крім подій та зв'язків між ними додаються умови, необхідні для виконання операцій. Можливостям їх застосування для дослідження бізнес-процесів присвячено праці таких вчених як Д. Зайцев, В. Котов, В. Кузьмук, С. Рябухін, Т. Aized, W.M.P. Aalst, K. Jensen, T. Murata, J.L. Peterson, W. Reisig J. Wang.

Методи аналізування бізнес-процесів як асинхронних дискретних систем з деталізацією їх опису за допомогою мереж Петрі обрано в дисертації як одні з найбільш ефективних, що забезпечують якісне вивчення та застосування для проектування, структуризації, реструктуризації бізнес-процесів на підприємствах. Це зумовило вибір теми дисертаційної роботи, її мети та завдань.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертація виконана в межах науково-дослідної роботи кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва Національного університету «Львівська політехніка»: «Інвестиційно-інноваційне забезпечення розвитку національного господарства та його суб'єктів в умовах дослідження моделі глобалізації» (номер державної реєстрації ДР 0115U006723), де автором розроблено моделі простих мереж Петрі для дослідження особливостей використання ресурсів на підприємствах з обсягом ресурсів меншим від потреб при одночасному завантаженні роботою всіх процесів (акт від 30.10.2017р.).

Матеріали дисертації використані також при виконанні науково-дослідної роботи кафедри менеджменту і міжнародного підприємництва Національного університету «Львівська політехніка»: «Формування системи управління діяльністю організації на засадах врахування інтересів стейкхолдерів» (номер державної реєстрації ДР 0115U006724), де автором розроблено моделі мереж Петрі вищого порядку (часові та кольорові) та розвинуто можливості їх застосування для дослідження систем масового обслуговування з однолінійними та багатолінійними чергами, з наявністю як універсальних так і різнопрофільних виконавців (акт від 30.10.2017р.).

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є розроблення теоретичних та прикладних засад побудови інструментальних засобів для впровадження процесного підходу на етапах проектування, структуризації та реструктуризації бізнес-процесів підприємств. Для досягнення зазначеної мети у роботі встановлено та розв'язано такі завдання:

- обґрунтувати застосування інструментальних засобів для забезпечення процесного підходу у дослідженні структури та закономірностей функціонування бізнес-процесів, виділити найбільш ефективні серед них для їх подальшого розвитку та вдосконалення;
- розвинути змістове наповнення методів, що застосовуються для опису структури та дослідження особливостей функціонування бізнес-процесів на підприємствах як асинхронних дискретних систем;
- удосконалити методи структуризації та реструктуризації бізнес-процесів підприємств на основі аналізування їх виробничих операцій;
- побудувати прості мережі Петрі як моделі бізнес-процесів з обмеженим обсягом ресурсів, з використання складських приміщень, з циклічними чергами;
- розробити мережі Петрі вищого порядку (часові та кольорові) як моделі систем масового обслуговування, в тому числі сервісних центрів з однолінійними та багатолінійними чергами, з одним і багатьма джерелами замовлень, з одним та багатьма одно- та різнопрофільними виконавцями; визначити показники їх ефективності.

**Об'єктом дослідження** є формування асинхронних дискретних систем бізнес-процесів підприємств.

**Предметом дослідження** є методи, моделі та інструментарій для формування асинхронних дискретних систем бізнес-процесів підприємств.

**Методи дослідження.** Для досягнення поставленої мети та розв'язання визначених завдань у дисертаційній роботі використано такі методи наукових досліджень:

- *систематизації, порівняння та узагальнення* – для уточнення сутності і значення процесного підходу до управління підприємством (п.1.1, п.1.2, п.1.3);
- *системний підхід* – методи аналізування та синтезування, економіко-математичне моделювання – для формування методичних засад побудови асинхронних дискретних систем (п.2.1) та мереж Петрі (п.2.2);
- *методи теорії множин, методи теорії графів, кластерний аналіз* - для побудови моделей бізнес-процесів як асинхронних дискретних систем (п. 3.1);
- *прості мережі Петрі* – для побудови моделей бізнес-процесів з використанням ресурсів складських приміщень; з циклічними чергами; з обмеженою кількістю виробничих ресурсів (п. 3.2);
- *мережі Петрі вищого порядку (часові та кольорові)* – для дослідження структур та закономірностей функціонування бізнес-процесів масового обслуговування різних типів (п. 3.2).

Теоретичною, методологічною та інформаційною основою дисертаційної роботи є наукові праці вітчизняних та зарубіжних авторів, матеріали періодичних видань, огляди, результати експертних досліджень, виробнича документація вітчизняних підприємств, Інтернет-ресурси у сфері менеджменту та, зокрема, процесного підходу.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає у такому:

*вперше:*

- запропоновано метод структуризації та реструктуризації підприємства як асинхронної дискретної системи на основі ієрархічного кластерного аналізу бізнес-процесів, що дає змогу побудувати економічно обґрунтовану багаторівневу структуру підприємства. Розроблено моделі мереж Петрі вищого порядку (часові та кольорові) та розвинуто можливості їх застосування для дослідження систем масового обслуговування з багатолінійними чергами за наявності як однопрофільних, так і різнопрофільних виконавців;

*удосконалено:*

- модель бізнес-процесів підприємств у вигляді орієнтованого графу, що, на відміну від існуючих, дає можливість оцінювати завантаженості операцій та шляхів виготовлення продуктів, визначати шляхи перетворення вхідних продуктів, шляхи утворення кінцевих продуктів, критичні шляхи, циклічні операції; виявляти можливості розпаралелювання операцій;
- методи формування простору станів виробничої системи, що, на відміну від існуючих, дають змогу визначати всі ситуації, які утворюються, а також причини виникнення небажаних ситуацій в організації виробництва у системах збереження та використання ресурсів;
- моделі бізнес-процесів підприємств, що, на відміну від існуючих, побудовані на основі простих та вищого порядку (часових та кольорових) мереж Петрі, які дозволяють досліджувати особливості бізнес-процесів зі складськими приміщеннями, комплектування виробів, з недостатнім обсягом ресурсів для

одночасного завантаження роботою всіх процесів, обслуговування клієнтів у випадку різнотипних замовлень;

*набули подальшого розвитку:*

- методи оцінювання продуктивності систем з чергами, що, на відміну від існуючих, використовують мережі Петрі вищого порядку, які забезпечують бажаний час очікування виконання замовлення.

**Практичне значення** одержаних результатів полягає у розробленні методико-прикладного забезпечення для детального проектування, структуризації та реструктуризації бізнес-процесів на основі їх аналізу як асинхронних дискретних систем та простих і мереж Петрі вищого порядку, що дає змогу глибоко досліджувати особливості їх функціонування, будувати простори станів, вивчати причини утворення небажаних ситуацій при неякісній організації виробництва, визначати часові та інші характеристики. На основі розробленої методології проаналізовано структуру та вдосконалено виробничий процес відділу експортно-імпортних операцій департаменту логістики ТОВ «Нестле Україна» (довідка № 23/10-1 від 23.10.2017р.) та бізнес-процес виготовлення електродвигуна ДПС 80-12 на підприємстві ТзОВ «Завод Електропобутприлад» концерну «Електрон» (довідка №38/42 від 13.10.2017р.).

Основні результати дисертаційної роботи впроваджено у навчальний процес Національного університету «Львівська політехніка» і застосовуються під час викладання дисципліни «Економіка та управлінсько-правове забезпечення діяльності бізнесу» для студентів спеціальності 073 «Менеджмент» спеціалізації «Бізнес-адміністрування» (довідка № 67-01-1979 від 05.12.2017р.).

**Особистий внесок здобувача.** Дисертаційна робота є самостійною науковою працею. Усі наукові результати, викладені в дисертації, одержані автором особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в роботі використано лише ті положення та ідеї, що становлять індивідуальний внесок автора.

**Апробація результатів дисертації.** Основні положення та результати дисертації розглянуто та схвалено на таких міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях та семінарах: «Сучасні комп'ютерні технології в бізнесі та підприємстві» (м. Ірпінь, 2000 р.); «Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці» (м. Ірпінь, 2002 р.); IV міжнародна науково-практична конференція «Проблеми впровадження інформаційних систем і технологій» (м. Ірпінь, 2003 р.); II-ий науковий семінар «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті», (с. Світязь, 2003 р.); V та VI Міжнародні науково-практичні конференції «Актуальні проблеми економіки» (м. Київ, 2011 та 2012 рр.); «Економічні та управлінські аспекти розвитку підприємств харчової промисловості» (м. Одеса, 2013 р.); «Сучасні інформаційні технології в економіці та управлінні підприємствами, програмами та проектами» (м. Харків, 2014 р.); IX Міжнародна науково-практична конференція «Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях» (м. Запоріжжя, 2014 р.); IX–XIII міжнародні наукові семінари «Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подолання наслідків чорнобильської катастрофи» (с. Світязь, 2010-2017 рр.).

**Публікації.** Основні результати дисертації повністю відображено у 15-ти наукових працях, з них 1 монографія, 6 статей у наукових фахових виданнях України, з них 4 статті у виданнях, які включені до наукометричних баз даних; 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав; 6 матеріалів та тез доповідей на міжнародних наукових та науково-практичних конференціях. Загальний обсяг публікацій – 4,6 друк. арк., з них особисто автору належить 4,2 друк. арк.

**Структура та обсяг роботи.** Дисертація складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Основний зміст роботи викладено на 170 сторінках. Робота містить 11 таблиць, 86 рисунків, список використаних джерел із 251 найменувань, 6 додатків.

## **ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету та ключові завдання, об'єкт та предмет, методи дослідження, розкрито наукову новизну одержаних результатів та охарактеризовано їх практичне значення, викладено дані про апробацію результатів дослідження, публікації за тематикою дисертаційної роботи, її структуру та обсяги.

У першому розділі «**Теорія та прикладні засади формування асинхронних дискретних систем бізнес-процесів підприємств**» з'ясовано сутність та значення процесного підходу до управління підприємством, моделі асинхронної дискретної системи та мереж Петрі для дослідження бізнес-процесів.

Процесний підхід є орієнтованим не на організаційну структуру підприємства, а на бізнес-процеси, основна ціль яких є виготовлення конкретних продуктів або послуг, що відповідають конкретним потребам суспільства. Управління підприємством є серією таких взаємопов'язаних функцій: планування, організації, мотивації, координації, контролю, комунікації та прийняття рішень. При процесному підході діяльність підприємства розглядається як система взаємодіючих процесів, яка складається з множини вхідних ресурсів (сировина), які забезпечуються постачальниками; внутрішніх ресурсів, що є наявними на підприємстві, або додатково залучені для виготовлення конкретного продукту (персонал, обладнання) та вихідних продуктів. Процесний підхід передбачає перехід на «Lean production» (бережливе виробництво), яке є економним, раціоналізованим виробництвом, що поєднує кращих спеціалістів, матеріали, обладнання та системи.

В процесному підході існують певні труднощі в переході на новий рівень. Вони викликані відсутністю достатньо розвинутого інструментарію опису бізнес-процесів. Відзначено, що більшість існуючих систем, зокрема BPMS, BPEL, EPCs, YAWL, BPMN та інші мають недостатньо розвинуту семантику, не мають достатньої глибини деталізації, яка б дозволила застосувати сучасний математичний апарат оптимізаційних методів для вдосконалення існуючих та проектування нових бізнес-процесів підприємств.

Проаналізовано можливості застосування найбільш поширених програмно-інформаційних систем Protos, ARIS, FLOWer, FileNet, ARENA, CPN для проектування бізнес-процесів підприємств. Показано, що найкращі можливості для цього мають системи Protos та CPN, які базуються на мережах Петрі. Система Protos є простою для опису бізнес-процесів, зокрема відображення виробничих потоків,

опрацювання ресурсів та має глибокий рівень деталізації. Система CPN має розвинуту формальну семантику та можливості верифікації, має багаті можливості для дослідження бізнес-процесів.

Встановлено, що бізнес-процеси підприємств мають всі властивості асинхронних дискретних систем. В таких системах виділяють три множини складових елементів: ініціатори, операції та результанти. При описі бізнес-процесів ініціаторам відповідають постачальники, що забезпечують підприємство вхідною сировиною та інформацією; операціям відповідають одиничні процеси внутрішнього перетворення продукції; а результатам відповідають створені кінцеві продукти. Зроблено висновок про те, що важливою перевагою дослідження бізнес-процесів підприємств як асинхронних дискретних систем є можливість використання розвинутого апарату сучасних інформаційних систем, який створює ефективні умови для оптимізації, зокрема мінімізації виробничих затрат та часу виконання бізнес-процесів, виявленні «вузьких» місць, декомпозиції, розпаралелюванні операцій тощо.

Обґрунтовано доцільність застосування мереж Петрі як простих, так і високого порядку, для дослідження бізнес-процесів підприємств. Мережа Петрі є розширенням асинхронної дискретної моделі – її деталізацією. В ній крім подій та зв'язків між ними додаються умови, необхідні для виконання операцій. Показано, що мережі Петрі вищого порядку містять інформацію про бізнес-операції, яка описує складний набір даних, а саме: параметри вхідних ресурсів довільного типу, проміжних перетворень та вихідної продукції, а також час всіх перетворень. Кольорові мережі Петрі мають розширений синтаксис та семантику, що робить їх зручними та гнучкими для дослідження складних бізнес-процесів.

Наведено приклади застосування простих та мереж Петрі вищого порядку для бізнес-процесів з послідовною та довільною черговістю виконання операцій, з необхідністю синхронізації та організації черг, для роботи з декількома верстатами, для систем масового обслуговування. Відзначено переваги та необхідність подальшого розвитку методів, що базуються на мережах Петрі, для дослідження та проектування бізнес-процесів підприємств.

У другому розділі **«Аналізування бізнес-процесів підприємств як асинхронних дискретних систем»** описано методичні положення для аналізування та побудови економічно ефективних бізнес-процесів підприємств як асинхронних дискретних систем. Проаналізовано можливості простих та мереж Петрі вищого порядку та дано оцінку ефективності існуючих програмно-інформаційних систем для дослідження та проектування бізнес-процесів. Запропоновано модель оптимізації бізнес-процесів на підприємствах та вивчено потреби в оптимізації бізнес-процесів на семи підприємствах.

Деталізовано властивості дискретності, асинхронності, погодженості та паралельності, які є характерними для виробничих процесів підприємств. Кожне підприємство має скінченне число операцій, елементів обладнання та обмежену кількість виконавців. Процес має скінченну кількість станів. Протягом однієї фази процесу відбувається перехід з одного стану в інший. Кожна фаза – це нероздільна одиниця, яка має набір атрибутів, що визначають властивості її вихідного продукту. Асинхронність обумовлена різною тривалістю окремих фаз через різну складність,



тривалість тощо. Деякі операції є незалежними та можуть виконуватися паралельно. Проте жодна операція не може розпочатися до завершення інших, продукцію яких вона використовує для виконання. Попередні операції повинні створити всі необхідні і достатні умови для реалізації наступної операції.

Подано визначення та класифікацію мереж Петрі. В класифікації всі мережі Петрі розділені на дві групи: базові та прикладні. До прикладних відносяться часові та кольорові, які утворюють мережі Петрі вищого порядку.

Описано базові та складні логічні операції, необхідні для реалізації довільного бізнес-процесу. Мережа Петрі дає можливість виявити такі властивості та елементи бізнес-процесів, як безпечність, обмеженість, збереження, активність, тупики, пастки, досяжність, покриття.

У мережах Петрі вищого порядку – кольорових та часових – додають параметри, що характеризують типи умов і подій, а також часові залежності. Надання в кольорових мережах Петрі певних атрибутів – «забарвлення» умовам, дугам та подіям – розширює можливості дослідження бізнес-процесів, створює умови для багатofакторного аналізування виробничих процесів підприємства за вибраними критеріями. Кожен з елементів системи можна розрізнити за різними типами умов та подій, надаючи їм певні значення. Надаючи умові та події певні атрибути («кольори»), можна побудувати мережу Петрі, де події «реагують» тільки на «свої» умови, а інших «не бачать». Надаючи мітці конкретні значення, створюємо умови для врахування обсягів та якості продукції, яка зазнає різних перетворень в бізнес-процесах, оцінюємо кошторисні та інші характеристики виробництва. Така мережа забезпечує можливість розгалужувати бізнес-процес за бажаними критеріями. Часові мережі Петрі відображають реальний час виконання операцій в бізнес-процесі, включно з моментом початку виконання, часом виконання кожної окремої операції та моментом його завершення. Мережі Петрі знаходять широке застосування при створенні програмно-інформаційного забезпечення для дослідження поведінки бізнес-процесів різноманітного призначення.

Проаналізовано особливості застосування мов BPMN, BPEL, EPC для опису бізнес-процесів та відзначено, що вони мають недостатньо розвинуту формальну семантику, що залишає багато неоднозначностей в описі процесів. Система YAWL має більше практичне застосування і підтримує найбільш поширені моделі управління. Вона базується на формальній семантиці розширеної мови розмітки і підтримує 19 з 20-ти найбільш часто використовуваних в існуючих мовах шаблонів потоків операцій. Частина шаблонів цієї мови може бути трансформована на мову мереж Петрі, в якій є більші можливості для опису бізнес-процесів.

Розглянуто описи окремих бізнес-процесів на мовах BPMN, BPEL, EPC та YAWL та трансформації цих описів на мову мереж Петрі. На прикладі опису бізнес-процесу функціонування центру обслуговування клієнтів показано переваги мови мереж Петрі. Формальні методи аналізу за допомогою мереж Петрі вищого порядку допомагають отримати важливу інформацію про структуру та динамічну поведінку бізнес-процесу, виявити скриті недоліки, що є важливим при проектуванні нових підприємств та оптимізації бізнес-процесів в існуючих.

Запропоновано порядок оптимізації бізнес-процесів на підприємствах, який подано на рис.1.



Рис.1. Етапи проведення оптимізації бізнес-процесів на підприємстві з використанням мереж Петрі

*Примітка: розроблено автором*

Проведене анкетування семи підприємств дало змогу вивчити існуючий стан опису бізнес-процесів на таких підприємствах: 1) ТОВ «Нестле Україна», 2) ТОВ «Завод ЕЛЕКТРОПОБУТПРИЛАД» концерну «ЕЛЕКТРОН», 3) Завод «ПОЛІМЕР-ЕЛЕКТРОН», 4) ВАТ «Іскра», 5) ЗАТ НВО «Термоприлад», 6) ТзОВ «Леоні Веарінг систем УА ГМБХ», 7) ПрАТ «Львівський локомотиворемонтний завод».

Результати проведеного дослідження відображено в табл.1. Отримана інформація дає можливість проаналізувати наявний стан формального опису існуючих бізнес-процесів на підприємствах і надати рекомендації щодо кроків для їх покращення в напрямку бажаних змін, які визначили на підприємстві. Отриманий результат опитування про наявність черг очікування на здійснення операції в існуючих бізнес-процесах вказує на неефективну організацію наявних бізнес-процесів на підприємствах.

## Інформація про бізнес-процеси на підприємствах

Показники	Підприємства						
	1	2	3	4	5	6	7
Середня кількість бізнес-процесів	15	26	38	19	47	29	21
Кількість формально описаних	14	21	27	9	15	27	7
Спосіб формального описування бізнес-процесів	Стандарт	Маршрут на карті	Маршрут на карті	Блок-схема	Правила	Стандарт	Блок-схема
Середня кількість етапів в бізнес-процесах	11	59	43	4	19	23	9
Наявність черг очікування на здійснення операції в існуючих бізнес-процесах	Так	Так	Так	Так	Так	Так	Так
Необхідні зміни в бізнес-процесах	Скорочення часу виконання	Зменшення к-сті етапів	Зменшення черги	Скорочення часу виконання	Скорочення часу виконання	Зменшення к-сті етапів	Скорочення часу виконання

*Примітка: сформовано автором на основі анкетування*

Аналізування за допомогою часових мереж Петрі дозволяє визначити витрати часу на кожну операцію та сумарно для всього бізнес-процесу. Кольорові мережі Петрі дадуть можливість врахувати властивості окремих бізнес-операцій процесу та ефективно організувати черги очікування на виконання, а також визначити показники ефективності: продуктивність, довжини черг, час очікування, умови відсутності черг, найгірші ситуації, кількість необхідних елементів в черзі для уникнення накопичення замовлень в їх джерелах. Це допоможе оптимізувати бізнес-процеси відповідно до поставлених завдань.

У третьому розділі «Застосування асинхронних дискретних систем та мереж Петрі для удосконалення бізнес-процесів підприємств» здійснено моделювання бізнес-процесів підприємств як асинхронних дискретних систем, запропоновано метод побудови економічно обґрунтованої багаторівневої структури підприємства та досліджено структуру і закономірності функціонування конкретних бізнес-процесів за допомогою апарату простих та вищого порядку мереж Петрі.

Вивчення літературних джерел та власні дослідження дають можливість встановити, що для структурного аналізування бізнес-системи  $S$  слід описати її у вигляді орієнтованого графу  $G(X, V)$ , де  $X$  – множина вершин, що відображає операції бізнес-процесу, а  $V$  – множина дуг (орієнтовані ребра), що відображає безпосередній спрямований зв'язок між операціями, тобто передачу певного продукту, матеріального чи інформаційного, від однієї операції до іншої. Множина вершин  $X$  графу  $G$  утворена чотирма підмножинами:

$$X = \{O, I, R, D\}, \quad (1)$$

де  $O = \{o_1, \dots, o_k\}$  – множина операцій бізнес-процесу, в яких відбувається певне перетворення продукції чи інформації;  $I = \{i_1, \dots, i_j\}$  – множина ініціаторів, що відповідають вхідним продуктам, необхідним для реалізації бізнес-процесу і виготовлення продукції (джерела постачання);  $R = \{r_1, \dots, r_m\}$  – множина результатів, що відповідають кінцевим продуктам, утвореним бізнес-процесом (готова продукція);  $D = \{d_1, \dots, d_n\}$  – множина інформаційних джерел, необхідних для керування ходом виконання операцій.

Це можуть бути бази даних, Інтернет або довільні інші ресурси для внесення даних в автоматичному режимі, або менеджери, що забезпечують надання інформації вручну. Кожна вершина множини  $X$  описується певною множиною параметрів. Наприклад, для ініціаторів – це тип вхідної продукції, її обсяги, вартість, показники якості, постачальник; для результатів – це кінцева продукція, що має теж подібні параметри; для операцій – їх тип, продуктивність, час виконання, вартість; для інформаційних джерел – тип інформації, обсяги та інше. Множину  $D$  можна розбити на дві окремі підмножини: інформаційну та керування. Множину дуг  $V$  графу утворюють чотири підмножини:

$$V = \{V^O, V^I, V^R, V^D\}, \quad (2)$$

де  $V^O$  – множина операційних дуг, що зв'язують операції множини  $O$  між собою, тобто відповідають передаванню напівфабрикатів;  $V^I$  – множина дуг постачання, що зв'язують ініціатори з операціями, тобто шляхи постачання вхідних продуктів;  $V^R$  – множина дуг збуту, що зв'язують операції з результатами, тобто шляхи постачання виготовлених продуктів;  $V^D$  – множина інформаційних дуг, що зв'язують інформаційні джерела з операціями для вводу даних, необхідних для їх виконання. Кожна дуга множини  $V$  описується певною множиною параметрів. Наприклад, це може бути тип перенесення (ручне, конвеєрне, каналом передавання інформації тощо), обсяги, вартість, затрати часу та інше.

Бізнес-система  $S$  утворена, в загальному випадку, множиною незалежних бізнес-процесів  $P_i$ , кожний з яких має чітко визначені функції виготовлення певного типу продукції:

$$S = \{P_1, \dots, P_s\}; \quad P_i \in S, \quad i = 1, \dots, s. \quad (3)$$

Кожний окремий бізнес-процес  $P_i$  описується графом (орграфом)  $G_i(X_i, V_i)$ , де  $X_i$  – множина вершин, яку утворюють чотири підмножини:

$$X_i = \{O_i, I_i, R_i, D_i\}, \quad (4)$$

де  $O_i$  – множина операцій бізнес-процесу;  $I_i$  – множина його ініціаторів,  $R_i$  – множина результатів,  $D_i$  – множина інформаційних джерел.

Граф бізнес-системи формується об'єднанням графів окремих її бізнес-процесів:

$$G(X, V) = \bigcup_i^s (X_i, V_i). \quad (5)$$

Значення параметрів вершин і дуг графу визначаються об'єднанням відповідних параметрів окремих бізнес-процесів:

$$\Psi(X) = \oplus \Psi(X_i), \quad \Psi(V) = \oplus \Psi(V_i), \quad i = 1, \dots, s. \quad (6)$$

Властивості операції об'єднання  $\oplus$  визначаються типом її параметрів. Якщо це обсяг продукції чи час виконання – то має місце просте сумування. Тип операцій є однаковим для всіх відповідних вершин окремих процесів і системи в цілому.

Узагальнення результатів досліджень дало можливість побудувати асинхронну дискретну систему – узагальнену модель бізнес-процесів підприємства. На рис. 2 зображено модель умовної бізнес-системи  $S = \{P_1, P_2, P_3\}$ , утвореної трьома бізнес-процесами, які використовують 7 вхідних продуктів та отримують 8 кінцевих виробів. Побудована нами система зображена у вигляді орієнтованих графів. Виділено цикли, протоколи та репозиції кожного з бізнес-процесів та об'єднаної системи  $S$ . Графи бізнес-процесів визначають та описують такі особливості: шляхи перетворення кожного вхідного продукту у кожний кінцевий; критичні шляхи, що вимагають найбільшого часу для виконання; сумарні значення параметрів для кожної операції з врахуванням значень параметрів для окремих процесів, тобто їх завантаженість; сумарні значення показників споживання кожного вхідного продукту; значення показників кожного кінцевого продукту; операції та шляхи, що мають перевантаженість або недовантаженість; ланцюжки операцій, які можуть бути розпаралелені. Протоколи вказують, які вихідні продукти створюються з кожного вхідного продукту (перетворення: ініціатори (вхід) – результанти (вихід):  $I \rightarrow R$ ). Репозиції вказують, з яких вхідних продуктів створений кожний кінцевий продукт (перетворення вихід-вхід:  $R \rightarrow I$ ). Опис такого механізму необхідний для повторних активацій асинхронного процесу. Цикли виділені окремо (повторне виконання певних операцій) для відображення їх ієрархічної вкладеності та завантаженості.

В дисертаційній роботі запропоновано метод побудови багаторівневої структури підприємства, який використовує ієрархічну кластеризацію (групування) бізнес-операцій. Утворений граф ієрархічно вкладених кластерів, які відповідають групам зв'язаних на виробництві операцій, виділяє операції, котрі доцільно об'єднувати в макрооперації. Такий підхід використано для декомпонування підприємства на підрозділи з мінімізацією числа зв'язків між ними. Запропоновану методику потрібно застосовувати для раціонального розміщення філіалів підприємств, сервісних офісів з урахуванням розташування та чисельності споживачів, виділення груп виконавчих елементів (персоналу чи верстатів), які доцільно розміщувати поруч.

Для групування бізнес-елементів застосовуємо кластерний аналіз. Проведені дослідження показали, що при структуризації слід розв'язати такі завдання:

1. Декомпонувати підприємство на визначену кількість  $k$  підрозділів таким чином, щоб мінімізувати їх кількість ( $k \rightarrow \min$ ) з урахуванням обмежень, кожне з яких не може перевищувати чи бути меншим від заданого значення  $\theta_{i \min} \leq \theta_i \leq \theta_{i \max}$ ,  $i = 1, \dots, t$ . Обмежень може бути декілька: кількість працівників в підрозділі, набір технічних засобів, площа приміщення тощо.

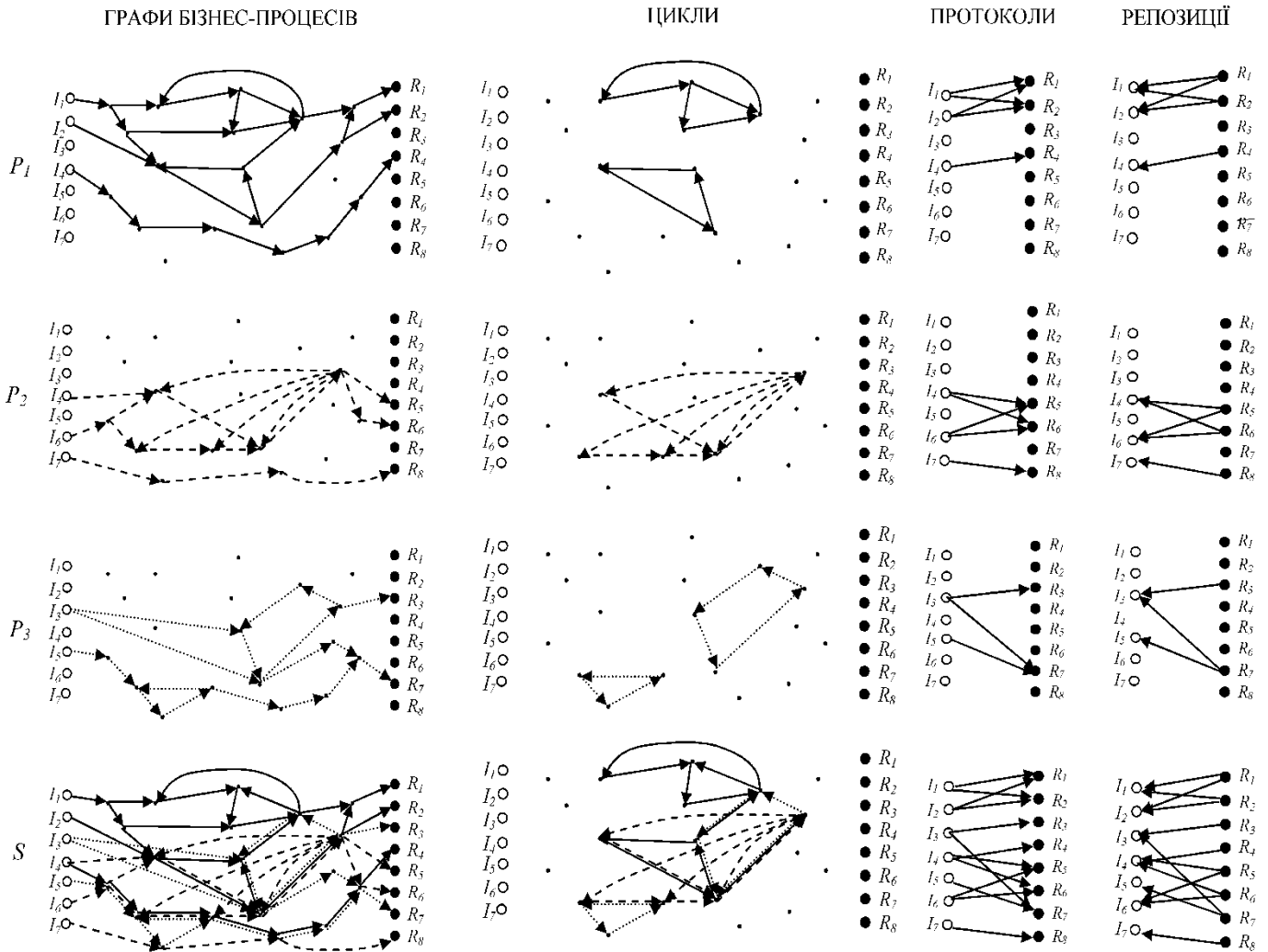


Рис. 2. Асинхронна дискретна система, утворена трьома умовними бізнес-процесами

Примітка: розроблено автором

2. Декомпонувати множину процесів  $P$  таким чином, щоб розмістити їх в заданій кількості  $k$  підрозділів, мінімізуючи кількість  $|P_{\text{нз}}|$  процесів, що виконуються в різних підрозділах.

3. Побудувати багаторівневу структуру підприємства. Критеріями оптимізації виступають: мінімізація кількості рівнів, кількості зв'язків між підрозділами на кожному рівні та інші.

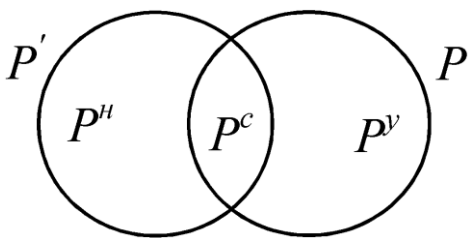


Рис. 3. Множини процесів при реструктуризації

Примітка: розроблено автором

4. Розподілити процеси та окремі операції за підрозділами відомої структури з заданими значеннями кількості рівнів та підрозділів на кожному рівні, вагою кожного підрозділу, наприклад, кількістю працівників, площею, технічним забезпеченням тощо.

Встановлено, що при реструктуризації виникає нова множина процесів  $P'$  (рис. 3), яка разом з початковою множиною  $P$  має певну множину спільних процесів  $P^c = P' \cap P$ . Виникає

також множина нових процесів:  $P^h = P \setminus P^c$  та частина процесів, що вже не будуть виконуватися:  $P^v = P \setminus P^c$ . Ці усі множини представлено на рис. 3.

При реструктуризації формуємо такі завдання: додаємо тільки нові процеси  $P^h$  без усунення попередніх; усуваємо частину попередніх процесів  $P^v$  без додавання нових; структуру підрозділів залишаємо без змін, наповнюючи підрозділи новим змістом; створюємо нові та усуваємо окремі існуючі підрозділи. В результаті виконання таких завдань, може виникнути потреба зміни кількості рівнів структури підприємства.

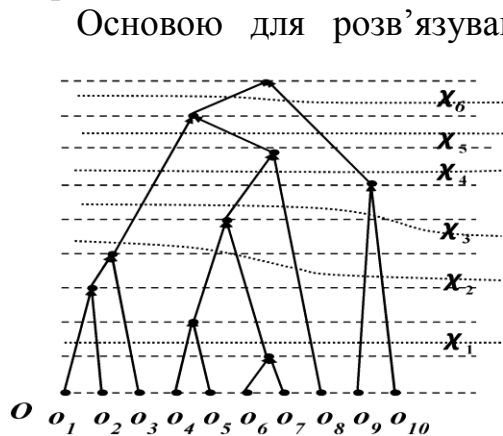


Рис. 4. Дерево згортання  
Примітка: розроблено автором

Основою для розв'язування перелічених завдань на першому етапі є аналізування множини процесів  $P$  на основі ієрархічної кластеризації базових операцій множини  $O$ . При кластеризації формується дерево згортання (ДЗ) операцій (рис. 4). Вершини найнижчого рівня ДЗ відповідають базовим операціям, тобто елементам множини  $O$ . Вершини інших рівнів – це кластери, що відповідають групам базових операцій, спільних для багатьох процесів. Це макрооперації, що включають більше ніж одну базову операцію. Кластер є кращим (щільнішим), чим більша кількість внутрішніх процесів, тобто таких, що

розпочинаються та завершуються в ньому, є більшою ніж кількість зовнішніх, тобто незавершених процесів, які тільки частково виконуються в ньому.

В залежності від вимог до структуризації чи реструктуризації використовуються різні критерії виділення кластерів. На кожному кроці об'єднуються кластери (на першому кроці – це базові операції множини  $O$ ), що мають найкраще значення критерію згортання.

Критеріями згортання (об'єднання обох кластерів нижнього рівня в один кластер верхнього рівня) можуть бути: сумарна кількість всіх (завершених та незавершених) в об'єднаному кластері процесів; кількість завершених в об'єднаному кластері процесів (максимізуються); кількість незавершених в об'єднаному кластері процесів (мінімізується); різниця завершених та незавершених в об'єднаному кластері процесів (максимізується) та інші. В результаті отримуємо дерево згортання (ДЗ), яке відображає формальну ієрархічну кластерну структуру базових операцій та процесів підприємства. На другому етапі аналізується дерево згортання. Для цього використовуються процедури виділення на ДЗ перетинів та кластерів з бажаними параметрами. На третьому етапі для забезпечення бажаних вимог до структури підприємства використовуємо такі базові операції: усунення елементів (операцій) з виділеного на ДЗ кластера та додавання елементів (операцій) до виділеного кластера бажаної кількості базових операцій з мінімізацією кількості незавершених операцій (зовнішніх зв'язків). В результаті виконання цих процедур отримуємо модифіковане дерево згортання за вибраними критеріями та заданими обмеженнями. Таким чином, отримуємо оптимальну багаторівневу структуру підприємства.

Досліджено структуру та закономірності функціонування бізнес-процесів підприємств із застосуванням мереж Петрі. Побудовано прості мережі Петрі для таких бізнес-процесів: з послідовним та паралельним використанням ресурсів; декількох виробників з декількома споживачами та спільним складом постачання; складських приміщень; з циклічними та пріоритетними чергами; комплектування виробів; з обмеженою кількістю ресурсів. Досліджено умови появи “активних” ситуацій. Показано, що мережі Петрі забезпечують можливість досліджувати паралельні процеси. На рис. 5 (кроки 1–3) побудовано мережу Петрі, яка описує функціонування декількох процесів на декількох верстатах, кількість яких є меншою від кількості перших, тобто кількість ресурсів є недостатньою для одночасної реалізації всіх процесів.

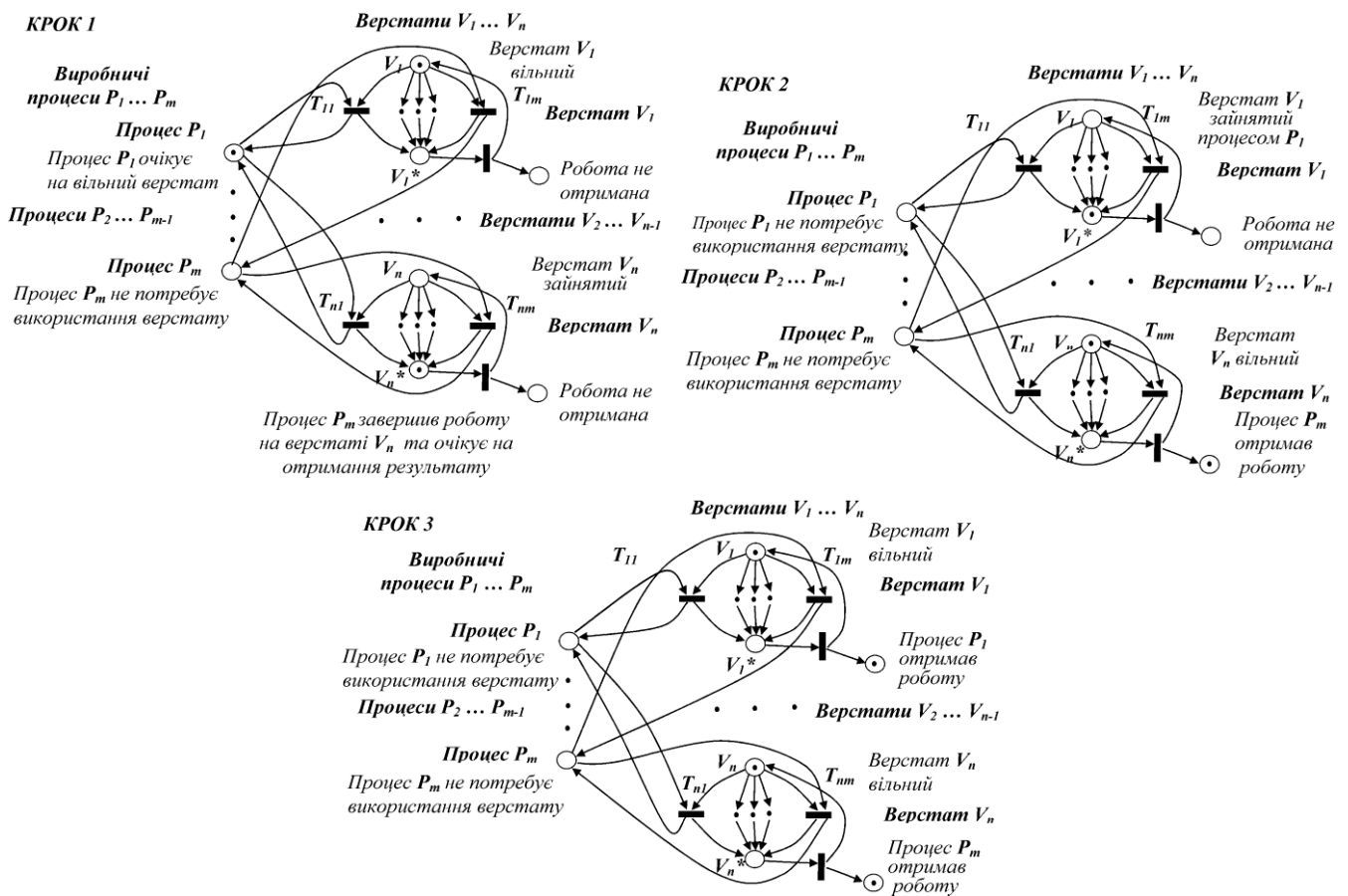


Рис. 5. Функціонування мережі Петрі  
 «Декілька бізнес процесів  $P_1, \dots, P_m$  – декілька верстатів  $V_1, \dots, V_n$ »  
 Примітка: розроблено автором

Вивчення діяльності підприємств показало, що у бізнес-процесах часто виникають потреби організації черг для забезпечення виконання замовлень. Черги можуть бути різних типів: прості, в яких послідовність виконання замовлень здійснюється в порядку їх надходження; циклічні, де є декілька джерел замовлень, які опитуються та виконуються в певному циклі; пріоритетні, в яких виконання замовлень здійснюється за певною перевагою; складні, утворені різними типами. Багато підприємств масового обслуговування, в тому числі банки, каси, бібліотеки, комп'ютерні центри, Інтернет та інші різноманітні сервіси, мають подібну



структуру. Така структура може бути узагальнена як система, що включає джерела замовлень, черги та виконавців. Джерел замовлень в системі може бути багато. Замовлення можуть бути як одно- так і різнотипні.

Виконавці спеціалізуються за певними групами профілів. Вони можуть бути універсальними, що виконують всі типи замовлень, або різнопрофільними, які виконують тільки певні типи замовлень. Відповідно для ефективного функціонування системи необхідно створити певні типи черг, в залежності від їх властивостей. Для якісного проектування таких систем необхідно мати засоби, які визначають їх характеристики, зокрема час обслуговування, кількість виконавців (верстатів, комп'ютерів, персоналу тощо) та їх спеціалізацію. Такі умови створюють мережі Петрі вищого порядку – часові та кольорові. Замовлення можуть бути від одного або декількох джерел (замовників), однотипні або різнотипні, надходити регулярно з визначеними інтервалами часу або випадково; без певної або з визначеною закономірністю. Реалізація замовлень також може мати різні особливості. Може бути один виконавець (людина, верстат, машина, комп'ютер, система), що виконує замовлення тільки одного або кількох різних типів чи група виконавців як універсальних, так і різнопрофільних. Замовлення описуються типом,

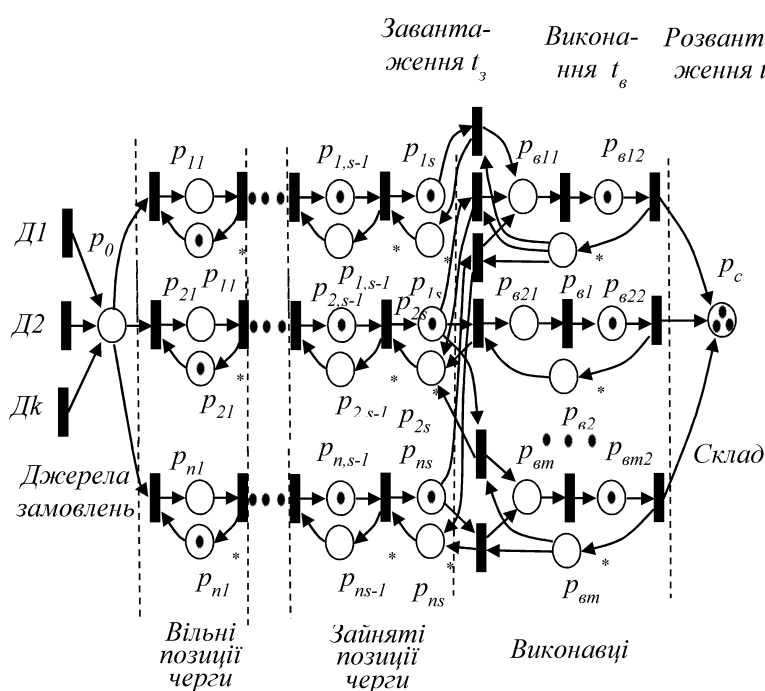


Рис. 6. Мережа Петрі бізнес-процесу «Декілька джерел різнотипних замовлень – багатолінійна черга – група різнопрофільних виконавців»

Примітка: розроблено автором

обсягом та іншими параметрами, в тому числі часовими. Виконавці також описуються параметрами, які визначають профіль, час та якість реалізації замовлення. В дисертації розроблено і побудовано мережі Петрі вищого порядку для дослідження структур та закономірностей функціонування систем масового обслуговування таких типів: «Замовлення – черги – виконавці» з одним та багатьма джерелами замовлень, з однією та кількома чергами (одно- та багатолінійні), з одним та багатьма виконавцями як одно-, так і різнопрофільними. На рис. 6 подано розроблену часову кольорову мережу Петрі бізнес-процесу, в якому є декілька джерел різнотипних замовлень  $D_1, D_2, \dots, D_k$ , формуються  $n$  черг за типами замовлень. Кожна черга має  $s$  місць, кожне з яких має дві умови  $p_{i1}$  та  $p_{i1}^*$  ( $i = 1, \dots, s$ ), що відповідають його зайнятості та звільненню. Для їх виконання створена група з  $m$  виконавців, кожний з яких має властивий йому профіль роботи та описується трійкою умов  $p_{vi1}, p_{vi2}$  та  $p_{vi}^*$  ( $i = 1, \dots, m$ ). Ці умови відповідають його завантаженості роботою, її виконанню та звільненню для прийняття наступної роботи на виконання.

До виконання приймається замовлення, яке має менше значення параметру часу надходження в чергу. Замовлення з кожного джерела поступають в умову  $p_0$  (пункт реєстрації надходження замовлень). Оскільки мережа є кольоровою, то кожне замовлення має своє «забарвлення», тобто ідентифікатор, що забезпечує вставлення його в чергу, яка сприймає тільки замовлення відповідного йому типу. Відбір здійснюється першим у черзі переходом, який має такий самий тип. Завантаження з черги здійснюється виконавцем, який може виконати роботу належного йому профілю та є вільним у момент надходження замовлення з черги. Після завершення виконання роботи виготовлений продукт поступає на склад з умовою  $p_c$  та кількість міток в ній зростає на 1, а виконавець є готовим до наступного властивого йому замовлення, що описується появою мітки в умові  $p_{vi}^*$  ( $i = 1, \dots, m$ ).

В дисертації визначено основні показники ефективності черг: продуктивність, довжини черг, час очікування, умови відсутності черг, найгірші ситуації, кількість необхідних елементів у черзі для уникнення накопичення замовлень в їх джерелах та умови відмови прийняття замовлення на виконання.

За допомогою розробленої методології вивчено структуру та вдосконалено виробничий процес відділу експортно-імпортних операцій департаменту логістики ТОВ «Нестле Україна». Структуровано основні бізнеси-процеси відділу: організація і здійснення імпортних операцій; організація і здійснення експортних операцій; сертифікація продукції згідно з чинним законодавством. В кожному бізнес-процесі виділено окремі операції, встановлено їх послідовність та побудовано відповідні таблиці. Побудовано модель асинхронної дискретної системи, яка дала можливість виділити вхідні вимоги до документів, послідовності їх виготовлення, шляхи проходження, кінцеві документи бізнес-процесів. Дану модель розвинуто на мову мереж Петрі вищого порядку, в якій враховано тривалість виконання кожної операції та характеристики (властивості) операцій, які необхідно враховувати.

Глибока деталізація бізнес-процесів підготовки документів за допомогою мережі Петрі вищого порядку надала можливість керівнику підрозділу зрозуміти особливості затраченого часу на кожний окремий крок процесу і на загальний процес в цілому. Побачити детально, які кроки застосовуються для виконання кінцевого завдання. Аналізуючи ці кроки, затрачений на них час, залучення працівників та здібності кожного окремого виконавця, було виявлено недоліки в організуванні процесу. Серед яких – зайві операції, дублюючі операції, операції, на які витрачається більше часу ніж потрібно для їх виконання. Виявлено виконавців, в яких недостатньо досвіду для швидкого виконання певного кроку. Відповідно для більш ефективного виконання загального процесу було здійснено додаткове навчання працівників, які його потребують, перерозподіл кроків між працівниками для ефективного використання трудових ресурсів. Зміна виконавців того чи іншого кроку надала можливість скоротити час на виконання цього кроку та його якість. Застосування усіх вищевказаних заходів щодо вдосконалення процесу, який був деталізований і описаний за допомогою мережі Петрі вищого порядку, дозволило покращити час виконання операцій на 23%. Такий перерозподіл не призвів до збільшення витрат, а навпаки – створює можливості до скорочення витрат в майбутньому.

Досліджено бізнес-процес виготовлення електродвигуна ДПС 80–12 на підприємстві ТзОВ «Завод Електропобутприлад» концерну «Електрон». Проаналізовано маршрутну та операційні карти технологічного процесу, який складається з 6-ти процедур. Складено таблиці операцій кожної процедури, виділено їх зміст, результати та тривалості виконання. Сумарна кількість операцій – 69. Побудовано мережі Петрі вищого порядку для кожної процедури, де враховано тривалість кожної операції та її властивості. Така деталізація за допомогою мережі Петрі вищого порядку показала окремі недоліки в поточних операціях. Серед яких – завищений час на виконання окремих операцій та час простою в очікуванні завершення попередньої операції, час простою при очікуванні необхідної початкової умови, тобто конкретної деталі, яка ще не поставлена на початковий етап. Формалізація даного виробничого процесу на мові мереж Петрі вищого порядку з таким рівнем деталізації може скласти основу для побудови робототехнічної системи виробничого процесу виготовлення двигуна.

## ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукового завдання щодо розроблення теоретичного та методичного забезпечення для побудови детальних структур бізнес-процесів, аналізування та вивчення особливостей їх функціонування на основі процесного підходу з застосуванням апарату асинхронних дискретних систем, а також простих і вищого порядку мереж Петрі. За результатами дисертаційної роботи зроблено такі висновки теоретико-методичного змісту та прикладного спрямування:

1. Застосовано процесний підхід для дослідження структури та закономірностей функціонування бізнес-процесів підприємств. Виділено асинхронні дискретні системи та мережі Петрі, як найбільш доцільні для розв'язування таких завдань.

2. Розвинуто змістове наповнення методів, що застосовуються для опису структури та дослідження особливостей функціонування бізнес-процесів на підприємствах як асинхронних дискретних систем. Опис бізнес-процесів у вигляді орієнтованого графу дає можливість керівникам, технологам, економістам оцінювати завантаженості операцій та шляхів, визначати шляхи перетворення вхідних продуктів, шляхи утворення кінцевих продуктів, критичні шляхи, циклічні операції та ряд інших характеристик, виявляти можливості розпаралелювання окремих операцій та їх груп.

3. Запропоновано метод структуризації та реструктуризації бізнес-процесів підприємств на основі ієрархічного кластерного аналізу виробничих операцій. Запропонована методологія дає рекомендації для структуризації підприємства з врахуванням характеристик зв'язності між виробничими операціями, мінімізуючи кількість зв'язків між підрозділами та максимізуючи їх кількість в межах одного підрозділу з забезпечення необхідних вимог до формування різних за обсягами робіт підрозділів, для включення чи виключення визначених операцій в конкретний підрозділ. Запропонований підхід може бути використано для побудови оптимальної багаторівневої структури підприємства.

4. Розроблено етапи оптимізації бізнес-процесів на підприємствах з використанням мереж Петрі. Узагальнена отримана інформація про бізнес-процеси

на семи підприємствах для аналізування та надання рекомендацій щодо кроків для їх оптимізації.

5. Розроблено прості мережі Петрі як моделі бізнес-процесів для систем збереження та використання ресурсів з обмеженим обсягом, з використанням складських приміщень, з циклічними чергами та комплектування виробів. Вони дозволяють формувати простори станів (всі можливі виробничі ситуації) та якісно проектувати перечислені бізнес-процеси з врахуванням заданих вимог.

6. Розроблено мережі Петрі вищого порядку (часові та кольорові) як моделі систем масового обслуговування, в тому числі сервісних центрів з однолінійними та багатолінійними чергами, з одним і багатьма джерелами замовлень, з одним та багатьма одно- та різнопрофільними виконавцями, для центру обслуговування клієнтів у випадку багатотипних замовлень. Визначено показники ефективності: продуктивність, довжини черг, час очікування, умови відсутності черг, найгірші ситуації, кількість необхідних елементів в черзі для уникнення накопичення замовлень в їх джерелах, що забезпечують можливість їх якісного проектування.

7. Розроблені моделі для дослідження бізнес-процесів на підприємствах застосовано для структуризації та вдосконалення діяльності відділу експортно-імпорتنних операцій департаменту логістики ТОВ «Нестле Україна» та бізнес-процесу виготовлення електродвигуна ДПС 80–12 на підприємстві ТзОВ «Завод Електропобутприлад» концерну «Електрон», що дало можливість виявити їх недоліки, зокрема оптимізувати часові характеристики та вдосконалити структуру.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

### **1. Наукові публікації, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації**

#### **1.1. Монографія**

1. Bazylevych, P. and Kuzmin, O., 2017. *Queueing systems modeling by Petri nets*. Monograph. Lambert. Academic Publishing, Saarbrücken.

#### **1.2. Публікації у наукових фахових виданнях України та у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз даних**

2. Базилевич, П.Р., 2003. Декомпозиція в економічних задачах на основі ієрархічної кластеризації. *Актуальні проблеми економіки*, 9 (27), с. 11-18.

3. \*Базилевич П.Р., 2011. Структуризація і реструктуризація організацій на основі ієрархічного кластерного аналізу виробничих процесів. *Актуальні проблеми економіки*, 6, С. 248-257. (Міжнародні наукометричні бази даних: *SciVerse Scopus, Index Copernicus, EBSCOhost, Ulrich`s Periodicals Directory*)

4. \*Базилевич, П. Р. та Кузьмін, О. Є., 2012. Асинхронна дискретна модель бізнес-систем. *Актуальні проблеми економіки*, 6, с. 304-310. (Міжнародні наукометричні бази даних: *SciVerse Scopus, Index Copernicus, EBSCOhost, Ulrich`s Periodicals Directory*)

5. Базилевич, П.Р. та Кузьмін, О.Є., 2012. Графовий аналіз виробничих систем. *Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку*, 748, с. 115-119.

---

\* Публікації одночасно належать до видань, що входять до наукометричних баз даних

6. \*Базилевич, П. Р. та Кузьмін, О. Є., 2012. Деякі задачі моделювання ресурсів виробничих систем мережами Петрі. *Актуальні проблеми економіки*, 12, с. 207-216. (Міжнародні наукометричні бази даних: *SciVerse Scopus, Index Copernicus, EBSCOhost, Ulrich`s Periodicals Directory*)
7. \*Базилевич, П. Р. та Кузьмін, О. Є., 2014. Опис виробничих систем типу «Запити – черга – виконавці» мережами Петрі вищого порядку. *Актуальні проблеми економіки*, 2, с. 501-507. (Міжнародні наукометричні бази даних: *SciVerse Scopus, Index Copernicus, EBSCOhost, Ulrich`s Periodicals Directory, EconLit, Cabell`s Directories*)

### 1.3. Публікації у наукових періодичних виданнях іноземних держав

8. Bazylevych, P.R. and Kuzmin, O.Y., 2013. Modeling of Business Processes Queues by Petri Nets. *Actual Problems of Computer Science*, 1 (3), pp. 44-50.
9. Bazylevych, P.R. and Kuzmin, O.Y., 2014. A high-level petri net model of queueing production system. *Applied Computer Science*, 10 (3), pp. 78 – 85.

### 1.4. Опубліковані праці апробаційного характеру

10. Базилевич, П.Р., 2016. Застосування мереж Петрі для дослідження систем масового обслуговування в машинобудуванні. В: *Сучасні проблеми інформатики в управлінні, економіці, освіті та подолання наслідків Чорнобильської катастрофи (матеріали XV Міжнародного наукового семінару)*. Київ – оз. Світязь, Україна, 4-8 Липень 2016. Київ: Національна академія управління.
11. Базилевич, П.Р., Кузьмін, О.Є., 2014. Процесний підхід для дослідження циклічних черг на підприємствах з використанням мереж Петрі. В: *Сучасні інформаційні технології в економіці та управлінні підприємствами, програмами та проектами: XII Міжнародна науково-практична конференція*, Харків, Україна, 8-12 Вересень 2014. Харків: Харківський авіаційний інститут.
12. Базилевич, П.Р., Кузьмін, О.Є., 2014. Застосування мереж Петрі вищого порядку для дослідження особливостей функціонування підприємств з різними типами черг. В: *Виклики та перспективи розвитку нової економіки на світовому, державному та регіональному рівнях: IX Міжнародна науково-практична конференція*. Запоріжжя, Україна, 23–24 Жовтень 2014. Запоріжжя: Запорізький національний університет.
13. Базилевич, П.Р., 2013. Процесний підхід для опису підприємств з чергами. В: *Економічні та управлінські аспекти розвитку підприємств харчової промисловості: Міжнародна науково-практична конференція*. Одеса, Україна, 2–4 Жовтень 2013. Одеса: Одеська національна академія харчових технологій.
14. Базилевич, П.Р., 2013. Моделювання підприємств типу «запити-черги-виконавці» мережами Петрі вищого порядку. В: *Економіка і управління в умовах глобалізації: II міжнародна науково-практична конференція*. Донецьк, Україна, 30 Січень 2013. Донецьк: Вид. «Ноулідж».
15. Базилевич, П.Р., 2003. Оптимізація в задачах розбиття складних економічних систем. В: *Проблеми впровадження інформаційних технологій в економіці: IV Міжнародна науково-практична конференція*. Ірпінь, Україна, 15–17 Травень 2003. Ірпінь: Академія ДПС України.

\* Публікації одночасно належать до видань, що входять до наукометричних баз даних

## АНОТАЦІЯ

**Базилевич П.Р. Формування асинхронних дискретних систем бізнес-процесів підприємств.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата економічних наук за спеціальністю 08.00.04 – економіка та управління підприємствами (за видами економічної діяльності). – Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2018.

У дисертаційній роботі наведено теоретичне узагальнення та запропоновано нове вирішення наукового завдання щодо розроблення теоретичного та методичного забезпечення для опису, аналізу, проектування, структуризації та реструктуризації бізнес-процесів підприємств з застосуванням апарату асинхронних дискретних систем та простих і вищого порядку мереж Петрі. Піддаються оцінюванню основні характеристики бізнес-процесів: завантаженості операцій; шляхи перетворення вхідних продуктів, шляхи утворення кінцевих продуктів, критичні шляхи, циклічні операції, можливості розпаралелювання операцій тощо. Розроблено моделі простих мереж Петрі для дослідження: особливостей використання ресурсів та систем з обмеженим обсягом; особливостей використання складських приміщень; для бізнес-процесів комплектування виробів та структур з циклічними чергами різноманітних типів, в тому числі пріоритетних. Розроблено моделі мереж Петрі вищого порядку (часові та кольорові) для дослідження систем масового обслуговування з однолінійними та багатолінійними чергами. Визначено показники їх ефективності: продуктивність, довжини черг, час очікування, вимоги до структури.

**Ключові слова:** процесний підхід, бізнес-процес, асинхронна дискретна система, прості мережі Петрі, мережі Петрі вищого порядку, структуризація та реструктуризація підприємства.

## АННОТАЦИЯ

**Базилевич Р.П. Формирование асинхронных дискретных систем бизнес-процессов предприятий** – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук по специальности 08.00.04 – экономика и управление предприятиями (за видами экономической деятельности). – Национальный университет «Львовська політехніка» Министерства образования и науки Украины, Львов, 2018.

В диссертационной работе приведено теоретическое обобщение и предложено новое решение научной задачи по разработке теоретического и методического обеспечения для описания, анализа, проектирования, структуризации и реструктуризации бизнес-процессов предприятий с применением аппарата асинхронных дискретных систем и простых и высокого порядка сетей Петри. Поддаются оцениванию основные характеристики бизнес-процессов: загруженности операций, путей преобразования входных продуктов, путей образования конечных продуктов, критических путей, циклических операций, возможности распараллеливания операций и другие. Разработаны модели простых сетей Петри для исследования особенностей использования ресурсов и систем с ограниченным объемом; особенностей использования складских помещений; для бизнес-процессов

комплектования изделий и структур с циклическими очередями различных типов. Разработаны модели сетей Петри высшего порядка (временные и цветные) для исследования систем массового обслуживания с однолинейными и многолинейными очередями. Определены показатели их эффективности: производительность, длины очередей, время ожидания, требования к структуре.

**Ключевые слова:** процессный подход, бизнес-процесс, асинхронная дискретная система, простые сети Петри, сети Петри высокого порядка, структуризация и реструктуризация предприятия.

## ANNOTATION

**Bazylevych P.R. Formation of asynchronous discrete systems of enterprises' business-processes.** – On the rights of manuscript.

Thesis for the degree of candidate of economic sciences (Ph.d.), specialty 08.00.04 – Economy and management of enterprises (by the types of economic activity). – Lviv Polytechnic National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2018.

The thesis is dedicated to the solution of scientific and applied problem of enterprises' asynchronous discrete systems of the formation of business-processes. The relevance of scientific research is confirmed by the fact that the optimization of production processes in competitive environment and globalization are particularly important in the current conditions of the market economy. The enterprises' business-processes formalization by using a process approach and building the instruments for their analysis in order to enable further implementation in the robotic systems is one of the urgent tasks of modern economic science. The theoretical generalization and new solutions for analysis, design, structuring and restructuring of enterprises with using the asynchronous discrete systems approach and simple and higher-level Petri are developed in the dissertation.

The essence and significance of the process approach to the enterprise management and production processes found in the first chapter «Theory and applied tools for forming asynchronous discrete business-process systems of enterprise». The review of the Protos, ARIS, FLOWer, FileNet, ARENA, CPN and other software systems is provided. It is shown that the systems Protos and CPN which are based on the Petri nets have good possibilities for describing business-processes.

The second chapter «The analysis of enterprises' business-processes as the asynchronous discrete systems» describes the properties of the business-processes as such systems. The properties of discreteness, asynchrony, coherence and parallelism that are characteristic of the manufacturing processes of enterprises are detailed. The classification of Petri nets and basic logical operations which are required for the implementation in any business-process are described. The Petri nets create the opportunity to reveal such properties of business-processes: security, limitation, conservation, activity, dead-ends, traps, connectivity, covering up and others. It is shown that Petri nets have a well-developed semantics that allows to describe the business-processes clearly and in detail, to explore their properties accurately, to study patterns of operations. The timed and colored high-level Petri nets are one of the most efficient tools for the enterprises' business-

processes modeling at the most detailed level and for studying of their functioning. They allow to describe all the logical functions that are present in the business-processes.

Petri nets are efficient tools for creating software and information systems of the computer automated design of business-processes and robotic systems, specifically for their optimization. They allow to use the powerful aid of the modern mathematics methods. Such features are present only partially in the other modeling systems that are used to the business-processes' design.

Analysis of business-process as asynchronous discrete system allows us to define and to describe many of its features, including: the ways of the products passing from each input of to each output; the critical pathways that require the greatest time for implementation; the total value for each operation taking into account the values of individual processes; the total value of consumption of each input product; the value of each finished product; the operations and the routes that have an overload or an underload; the chains that can be parallelized; the operations, which are responsible for the creation of every product; the operations, where conversion of each input product takes place; the system's protocols that directly indicate which output products are created from given source product, and system's repositions which indicate which sources products are used for creating the given output product; the loops in separate processes, where performance of certain operations including hierarchically nesting cycles is a repeated; the workload of each cycle, taking into account the values of the parameters of each operation and requirements for its periodicity.

The method of structuring and restructuring of enterprises that is based on hierarchical cluster analysis of business-processes is developed. This enables estimation of the multilevel structure of the enterprise, the entry of some business operations into other, the entry of some divisions into other of higher levels; receipt of recommendations for structuring the enterprise taking into account the characteristics of the connections between business operations, minimization of the number of connections between the divisions and maximization of their number within a single division. Developed detailed algorithms make it possible to ensure the desired requirements for the structure of the enterprise, to optimize the solutions taking into account the additional constraints, to create the units of different volumes of work, to include or exclude certain operations in a specific unit etc. Description of the business-process as asynchronous discrete system creates conditions for its structural analysis that can be used for designing new and reengineering existing systems to enhance their effectiveness.

The models of business-processes as a high-level Petri are developed for: one-linear and many-linear queueing systems such as «Customer – Queue – Performer»; for varying number of customers; for single and many-profile performers. The assessment of their efficiency, the waiting time in the queue and the necessary requirements to ensure the given waiting time in the line which does not exceed the specified value are given.

The thesis is performed within the research of the Department of management and international business of National University «Lvivska politehnika». The research materials are used in the enterprises LLC «Elektropobutprylad» and LLC «Nestle Ukraine» as well as for the discipline «Economics and management – legal support of business activity» for students of the specialty 073 «Management» specialization «Business administration».



**Keywords:** process approach, business-process, asynchronous discrete system, simple Petri nets, high-level Petri nets, structuring and restructuring.