

УДК 004.891.3

МОДЕЛЮВАННЯ ДВОКОНТУРНОГО УПРАВЛІННЯ ПОЛІГРАФІЧНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Левикін І.В.

д.т.н., професор, кафедра «Медіасистеми та технології»,
Харківський національний університет радіоелектроніки

***Анотація.** Відповідно до розробленої концепції організаційного двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами на основі прецедентного підходу, сформульована задача управління множиною наскрізних бізнес-процесів як завдання мінімізації сумарного часу очікування доступу до ресурсів множини бізнес процесів при обмеженнях на час виконання кожного процесу. Наведено розподіл бізнес-процесів за рівнями ієрархії, що дозволяє використовувати адаптовані елементи функціонального управління для структурних і локальних наскрізних бізнес-процесів. Представлена логічна модель наскрізних бізнес-процесів яка забезпечує можливість підвищення ефективності управління наскрізними бізнес-процесами з використанням прецедентного підходу за рахунок прогнозу використання ресурсів.*

***Ключові слова:** МОДЕЛЬ, ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ, НАСКРІЗНИЙ БІЗНЕС-ПРОЦЕС, ПРОЦЕСНЕ УПРАВЛІННЯ, РЕСУРСИ, ПРЕЦЕДЕНТ.*

Вступ

Ефективність процесного управління значною мірою залежить від адекватності визначення бізнес-процесів. Під час побудови процесної архітектури використовують різні підходи до класифікації процесів. Найбільш широко використовують такі класифікаційні ознаки:

- клієнти бізнес-процесів;
- відношення до створення вартості;
- рівень деталізації.

За першою ознакою виділяють внутрішні та зовнішні процеси. Клієнтами внутрішніх процесів є співробітники компанії, у якій цей процес виконується. Клієнтами зовнішніх процесів є інші організації. Ця класифікація дає змогу виділити процеси, виходи яких розташовані за межами організації, тобто в таких процесах не завжди враховується організаційна структура підприємства, де виконується бізнес-процес [1].

За другою ознакою виділяють основні та супутні процеси, що забезпечують створення доданої вартості; а також допоміжні, адміністративні процеси та процеси розвитку.

Основні процеси орієнтовані на виробництво і відповідають місії підприємства – тобто є головними в його діяльності. До цієї групи процесів належать процеси маркетингу, виробництва, збуту, постачання, сервісного обслуговування, виробництва товару або надання послуги. Супутні процеси забезпечують виробництво супутніх товарів або надання супутніх послуг.

Допоміжними є процеси, що підтримують виконання основних і супутніх процесів шляхом забезпечення таких їх особливостей, які недоцільно виконувати в межах основних і супутніх бізнес-процесів, наприклад, процеси транспортного та технічного обслуговування. Допоміжні процеси збільшують вартість виробів і послуг.

Адміністративними є процеси, які реалізують управлінські функції, наприклад, процеси планування, управління персоналом, управління документообігом, бюджетування тощо.

Бізнес-процеси розвитку спрямовані на реалізацію інновацій, а також вдосконалення товарів чи послуг, технологій виробництва, обладнання.

Відокремлення процесів за третьою ознакою дає змогу побудувати ієрархію бізнес-процесів, визначаючи їх на рівні підприємства, множини підрозділів, окремих підрозділів, виконавців [2].

Ця ознака задає критерії для визначення меж процесів (входів і виходів).

Процеси верхнього рівня мають входи і виходи в межах підприємства загалом, однак вони не деталізовані за операціями, які виконуються в окремих підрозділах. З іншого боку, виділені на межі підрозділів бізнес-процеси дають локальний і досить детальний опис послідовності дій. Однак у тому випадку, якщо користувачі бізнес-процесів розташовані за межами підрозділів, такий опис розриває єдину послідовність дій, не дає змоги побачити картину в цілому, і, таким чином, ускладнює управління такими процесами. Це призводить до зниження ефективності системи процесів підприємства в цілому.

Для вирішення вказаної суперечності виділяють наскрізні бізнес-процеси, які проходять через підприємство загалом. Наскрізні процеси є процесами, що виконуються в межах декількох підрозділів і забезпечують інтеграцію діяльності співробітників незалежно від їх підпорядкування на підприємстві. Такі бізнес-процеси мають входи і виходи в межах підприємства, але деталізуються на рівні окремих виконавців.

Наскрізний процес має такі властивості:

- цілі підприємства;
- процес виконують співробітники різних структурних підрозділів підприємства;
- виконання процесу розглядають як на рівні окремих співробітників, так і на рівні підрозділів; визначення процесу на рівні співробітників дає змогу формалізувати їх взаємодію без урахування організаційної структури підприємства;
- результат процесу є істотним для організації в цілому;
- результат процесу забезпечує виконання вимог зовнішніх користувачів;
- виділення наскрізних процесів забезпечує можливість підвищення ефективності процесного управління шляхом видалення «вузьких місць» у взаємодії між підрозділами підприємства;
- контроль за виконанням процесу загалом і розподілом ресурсів для нього може бути виконаний однією особою з керівного складу підприємства;

такий керівник може бачити весь процес і оптимізувати його для отримання кінцевого результату з мінімальними витратами ресурсів.

Виділення наскрізних процесів виконують згідно з системним підходом, тому менеджмент розглядає підприємство як систему взаємопов'язаних процесів без урахування його функціональної структури. Це забезпечує такі можливості:

- співробітники розглядають бізнес-процес у повному обсязі, без його обмеження своїм підрозділом, що дає їм змогу уточнити свою роль у процесі з урахуванням необхідності взаємодії з клієнтами;

- поліпшується взаємодія співробітників, що належать до різних підрозділів;

- у результаті зміни потоків інформації підвищується результативність і ефективність бізнес-процесів.

Процесний підхід до управління базується на виділенні бізнес-процесів, які регулярно повторюються. При виділенні наскрізних бізнес-процесів доцільно враховувати такі критерії:

- ціль процесу є незмінною;

- діяльність здійснюється на регулярній основі;

- технологія, відповідно до якої виконується процес, є стабільною;

- склад виконавців процесу також є стабільним.

Мета дослідження

Метою дослідження є підвищення ефективності управління системою взаємопов'язаних наскрізних бізнес-процесів підприємства на основі прецедентного підходу.

Основна частина

Проблема управління множиною нерегулярних наскрізних бізнес-процесів підприємства пов'язана з тим, що такі процеси не враховують організаційну структуру підприємства і тим самим не використовують існуючі ієрархічні підходи до розподілу ресурсів між підрозділами, що може призвести до конкуренції за ресурси між бізнес-процесами, відповідного зниження ефективності процесного управління і, як наслідок, несвоєчасного досягнення поточних цілей та отримання відповідних матеріальних збитків.

В той же час головна мета процесного підходу полягає в значному підвищенні ефективності управління підприємством за рахунок організації безпосередньої взаємодії між співробітниками підрозділів, що є виконавцями бізнес-процесів [3]. Така взаємодія між виконавцями бізнес-процесу в своїй основі визначається не лише апріорно відомою послідовністю дій бізнес-процесу, але й корпоративною культурою підприємства, правилами та обмеженням в роботі, безпосередня формалізація яких пов'язана зі значними труднощами [4]. Це визначає актуальність розробки концептуальних засад процесного управління з використання прецедентів бізнес-процесів.

Розробка концептуальних засад управління наскрізними бізнес-процесами передбачає вирішення наступних задач:

- розробка концепції двоконтурного процесного управління, у відповідності до якої у першому контурі виконується управління окремими процесами за допомогою традиційних підходів, а у другому – управління множиною наскрізних бізнес-процесів з використанням прецедентів;

- уточнення процесної архітектури підприємства з урахуванням структурних та наскрізних бізнес-процесів;

- розвиток workflow – моделей наскрізних бізнес-процесів з використанням наявних ресурсів підприємства у якості обмежень на вибір поточної траєкторії виконання таких процесів;

- розвиток моделей категорій бізнес-процесів як елементів верхнього рівня процесної архітектури підприємства.

В даний час існуюча організація виробництва не враховує протиріччя між вертикально-орієнтованою лінійною організаційною структурою підприємства та горизонтальною організацією бізнес-процесів як послідовностей дій з отримання потрібного для споживача результату.

Для подолання вказаного протиріччя при впровадженні бізнес-процесів часто враховується їх зв'язок з функціональними підрозділами підприємства. Це дозволяє визначити входи і виходи процесу по межах відповідних підрозділів, з урахуванням їх регламентованих функцій, взаємодії процесів в рамках підприємства, а також належності власників процесів до підрозділів підприємства. В рамках даного підходу обов'язки власників можуть бути поєднані з обов'язками керівників підрозділів [5].

Оскільки процеси «прив'язані» до функціональних підрозділів, в цьому випадку кожен працівник виконує дії над елементами процесу відповідно до своїх функціональних обов'язків. У той же час, зміна тих чи інших дій над процесами потребує коригування їх обов'язків, виходячи з нових цілей процесу. Такі цілі необхідно постійно коригувати для того, щоб реалізувати фази управління у вигляді планування, обліку, контролю, аналізу і регулювання.

Перевагою такого підходу є те, що він дозволяє сформулювати вимоги до процесів збору, передачі, обробки та видачі даних користувачам на їх запит, а також до інформаційного, програмного, математичного, технічного забезпечуючого комплексу інформаційної системи управління підприємством, з урахуванням задокументованих функціональних обов'язків виконавців. Це забезпечує підтримку процесів виконання і безперервного поліпшення бізнес-процесів в рамках процесного управління.

Однак при реалізації такого обмеженого підходу до процесного управління менеджмент підприємства враховує традиційну структуру зв'язків між підрозділами, і тому підприємство не розглядається як система процесів, що взаємодіють. Вказаний недолік не дозволяє радикально підвищити ефективність управління внаслідок виникнення матричного управління.

В той же час головною метою впровадження процесного підходу є досягнення значного підвищення ефективності за рахунок організації ефективної взаємодії між співробітниками підрозділів, що є виконавцями бізнес-процесів.

Для реалізації ключових переваг процесного управління використовуються, як зазначалось раніше, наскрізні бізнес-процеси. При проектуванні наскрізних бізнес-процесів організаційна структура підприємства не враховується, вони «пронизують» підрозділи, інтегруючи їх діяльність. Відповідальність за процес несе власник, який використовує інформацію про процеси, персонал, інфраструктурі, обладнанні, технології і т.п. Тому зв'язок між підрозділами при побудові таких процесів трансформується в зв'язок між наскрізними бізнес-процесами.

Таким чином, при управлінні наскрізними бізнес-процесами потрібно враховувати як особливості управління окремими процесами, так і особливості взаємодії між ними, що і вказує на необхідність реалізації двоконтурного процесного управління.

Запропонована концепція процесного управління базується на наступних принципах:

- підтримка управління наскрізними виробничими процесами за рахунок безпосередньої взаємодії виконавців із різних структурних підрозділів.

- відповідності до даного принципу, функціональна структура підприємства, що базується на організаційній структурі, повинна бути спрямована на управління наскрізними процесами за допомогою встановлення відповідних горизонтальних і вертикальних зв'язків між підрозділами.

- розробка математичної моделі для кожного наскрізного процесу у вигляді послідовності процедур і дій, які виконуються конкретними підрозділами і виконавцями. Створення такої процесної моделі у вигляді сукупності пов'язаних у часі дій або послідовностей дій дає можливість власнику процесу коригувати дії з урахуванням одержуваних вхідних і вихідних параметрів для отримання продукту, що задовольняє встановленим вимогам.

- організація динамічних виробничих процесів, що передбачає можливість їх тимчасового припинення та відновлення за результатами моніторингу ходу виконання процесу, а також реагування на внутрішні і зовнішні зміни за допомогою реалізації функцій планування, обліку, контролю і регулювання.

- залучення власників процесу, персоналу в процес постійного підвищення якості продукту, відповідальності за його виконання, що вимагає реалізації от власників процесу задоволення внутрішніх потреб (умови праці, технології, обладнання, логічне забезпечення виробництва і т. п.).

Задачі двоконтурного управління множиною наскрізних бізнес-процесів

Загальну схему, що відображує особливості двоконтурного управління множиною наскрізних бізнес-процесів, представлено на рис. 1.

У відповідності до запропонованої концепції, внутрішній контур призначений для управління окремими наскрізними бізнес-процесами.

Управління виконується традиційно для процесного підходу, за відхиленням показників бізнес-процесу. В залежності від величини відхилень показників процесу виконуються управляючі дії, що забезпечують коригування або попередження відхилень.

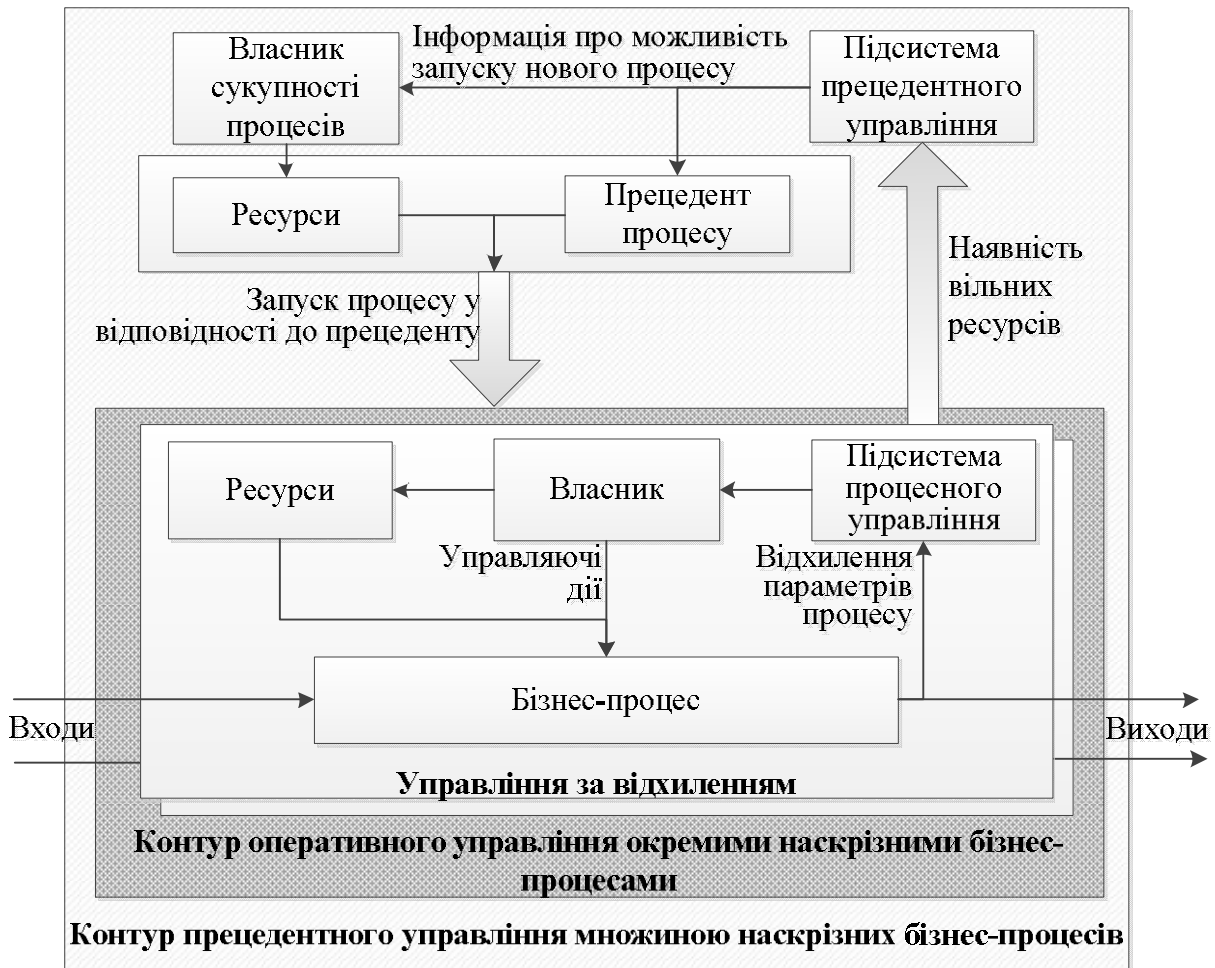


Рисунок 1 – Схема двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами

Контур прецедентного управління множиною бізнес-процесів реалізує управління множиною взаємодіючих бізнес-процесів, що передбачає вибір та запуск на виконання кожного бізнес-процесу з урахуванням обмежень по наявних ресурсах. Такі обмеження визначаються як наявними ресурсами підприємства, так і множиною ресурсів, що в поточний час використовуються бізнес-процесами. Особливість даного контуру пов'язана з використанням прецедентів у якості цільової моделі для запущених бізнес-процесів.

Побудова адекватної моделі бізнес-процесу «з чистого аркуша» потребує реалізації декількох циклів «пере/проекткування» – «впровадження» – «виконання» – «оцінка». За результатами кожного циклу початкова модель процесу уточнюється або перепроєктується. Необхідність застосування прецедентів при управлінні бізнес-процесами пояснюється складністю отримання їх адекватних математичних моделей класичними методами через особливості предметної області.

В той же час використання прецедентів-аналогів бізнес-процесів дає можливість тиражувати практично перевірений досвід процесного управління, скоротивши тим самим кількість циклів перепроєктування бізнес-процесів. Особливо актуальним такий підхід є при впровадженні нових наскрізних бізнес-процесів, оскільки вони не враховують організаційну структуру і, відповідно, досвід функціонального управління співробітників.

Реалізація двоконтурного прецедентного управління у відповідності до запропонованої концепції передбачає вирішення наступних задач (рис. 2):

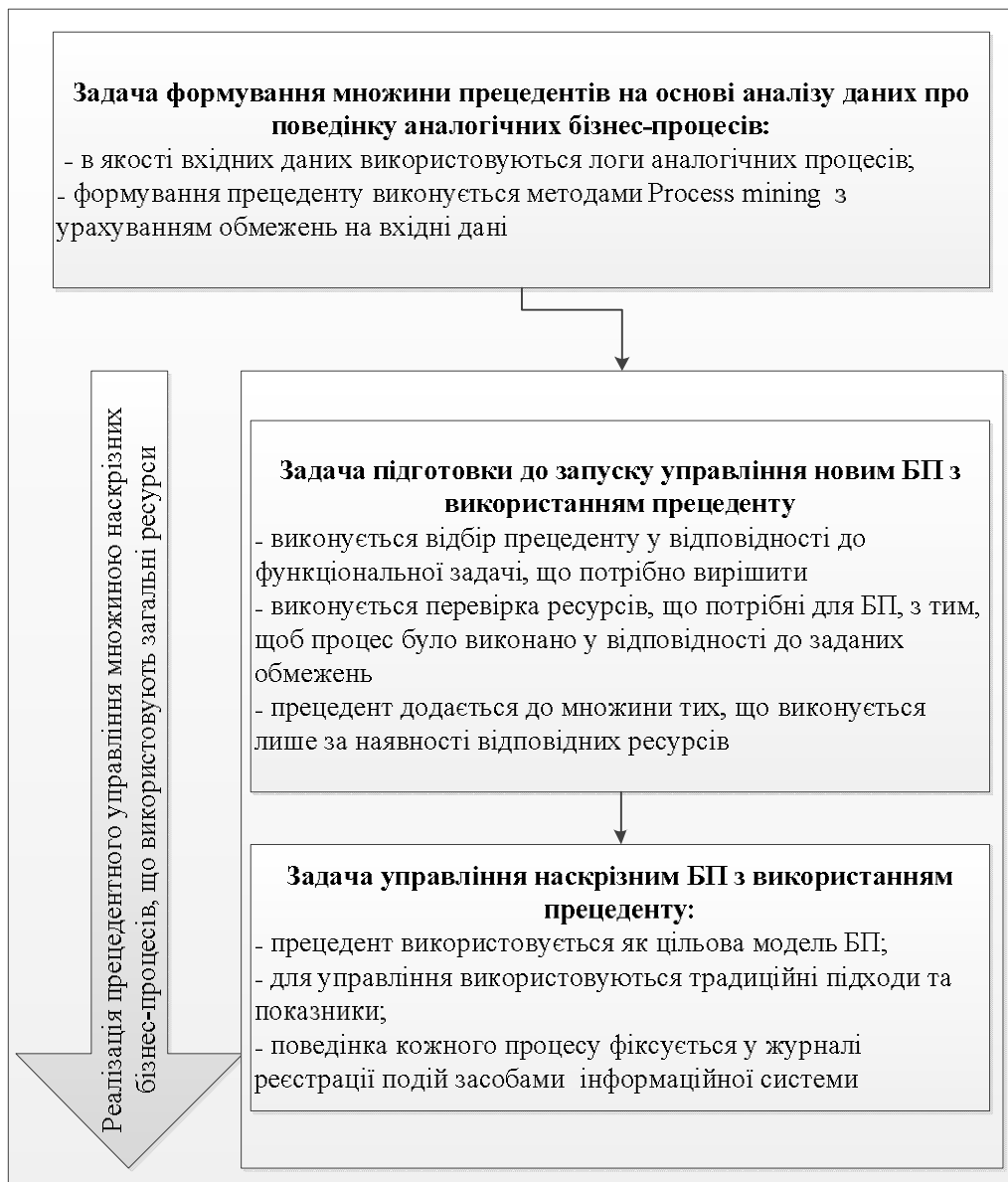


Рисунок 2 – Задачі двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами

- формування множини прецедентів для нового бізнес-процесу на основі аналізу даних про поведінку аналогічних бізнес-процесів;
- запуск управління новим бізнес-процесом з використанням прецеденту як моделі процесу;
- управління новим бізнес-процесом з використанням прецеденту.

Перша задача є підготовчою та забезпечує можливість організації прецедентного управління. Дана задача доповнює наведений в попередньому розділі порядок створення і застосування прецеденту.

В якості вхідних даних задачі задається опис ситуації та опис поведінки бізнес-процесів. Опис ситуації задає ту задачу, яку повинен виконати бізнес-процес.

Опис ситуації дозволяє відібрати варіанти поведінки існуючих процесів, що забезпечують вирішення задачі. Варіанти поведінки бізнес-процесів представляються у вигляді множини послідовності подій, що відображують послідовність дій наскрізного бізнес-процесу.

Кожній реалізації бізнес-процесу відповідає своя послідовність подій. На основі об'єднання послідовностей для всіх відомих реалізацій бізнес-процесу можна отримати прецедент для такого процесу.

Множина послідовностей подій формується інформаційною управляючою системою у лозі (журналі реєстрації подій) бізнес-процесу.

Побудова моделей бізнес-процесів на основі аналізу логів звичайно виконується методами Process Mining (інтелектуального аналізу процесів). Порівняння методів Process Mining наведено у розділі 1 даної роботи.

Слід відзначити, що при формуванні прецеденту може бути використана підмножина послідовностей подій логу. Фільтрація подій в даному випадку виконується у відповідності до функціональної підзадачі, рішення якої представлено відповідним прецедентом. Ознаками, що дозволяють визначити належність подій до функціональної задачі, є атрибути подій. В якості атрибутів в більшості випадків використовуються: назва операції процесу; виконавець; об'єкт, що використовується процесом; назва підрозділу організації, де виконується процес, тощо.

Тоді при вирішенні задачі побудови прецеденту бізнес-процесу на основі аналізу опису логу L потрібно знайти відображення підмножини подій логу, що відображають дії процесу із необхідними для виконання функціональної задачі ресурсами, на модель прецеденту процесу:

Дано :

$$Rs = \{r_{ij}\}, L = \{e_i\}$$

Знайти :

$$f : L^{Rs} \rightarrow Mp_k \mid \forall e_i \in L^{Rs} \exists r_{ij} \in Rs, L^{Rs} \subseteq L,$$

(1)

де Mp_k – модель прецеденту бізнес-процесу, що містить у собі умови, результат та процес вирішення функціональної задачі;

L – повний лог процесу, що містить у собі записи про всі відомі варіанти його реалізації;

L^{Rs} – підмножини подій логу, що відображує роботу із заданою множиною ресурсів;

R_s – підмножина ресурсів, що потрібні для вирішення бізнес-процесом відповідної функціональної задачі;

r_{ij} – j -й ресурс, що використовується при виконанні i -ї дії бізнес-процесу;

e_i – i -та подія логу, що свідчить про виконання i -ї дії бізнес-процесу.

Друга задача – підготовки до запуску управління бізнес-процесом з використанням прецеденту – реалізується в контурі прецедентного управління та передбачає вирішення підзадач відбору аналога (прецеденту), перевірки наявних ресурсів, та включення відібраного бізнес-процесу до контуру управління наскрізними бізнес-процесами. Сутність підзадачі відбору підходящого прецеденту наскрізного бізнес-процесу полягає в наступному. Потрібно знайти у множині прецедентів такий, який забезпечує вирішення заданої функціональної задачі при наявності множини вхідних умов, що характерні для поточного підприємства. Множина вхідних умов може бути виражена через наявність потрібних для виконання бізнес-процесу ресурсів в тому випадку, якщо під ресурсами розуміти не лише матеріали й обладнання, а й інфраструктуру, виконавців, множину допустимих дій бізнес-процесу, тощо. Тоді при вирішенні підзадачі відбору необхідно знайти прецедент, який можна представити у наступному вигляді:

Дано :

$$Mp, Rs_k, Z_k \mid \exists Rs_k$$

(2)

Знайти :

$$Mp_k \in Mp \mid \exists \tau : \exists Rs_k$$

де Mp – множина моделей прецедентів бізнес-процесів, що використовуються при управлінні підприємством;

Z_k – k -а функціональна задача, що вирішується виконанням бізнес-процесу;

Rs_k – ресурси, що потрібні для вирішення задачі Z_k ;

Mp_k – модель прецеденту бізнес-процесу, для вирішення задачі Z_k ;

τ – момент часу, коли є у наявності ресурси Rs_k .

Перевірка ресурсів, що потрібні для виконання нового бізнес-процесу, виконується традиційно, з використанням засобів інформаційної системи управління підприємством.

Послідовність виконання розглянутих підзадач наведено на рис. 3.

Третя задача – управління наскрізним бізнес-процесом з використанням прецеденту є традиційною задачею управління за відхиленням. При реалізації даної задачі бізнес-процес виконується у відповідності до заданого в цільовій моделі бізнес-процесу алгоритму. При відхиленні (невідповідності параметрів моделі та процесу) виконуються необхідні управляючі дії.

У відповідності до запропонованої концепції, управління в даному контурі має наступні відмінності:

- прецедент використовується як цільова модель бізнес-процесу;
- поведінка кожного процесу фіксується у журналі реєстрації подій засобами інформаційної системи.

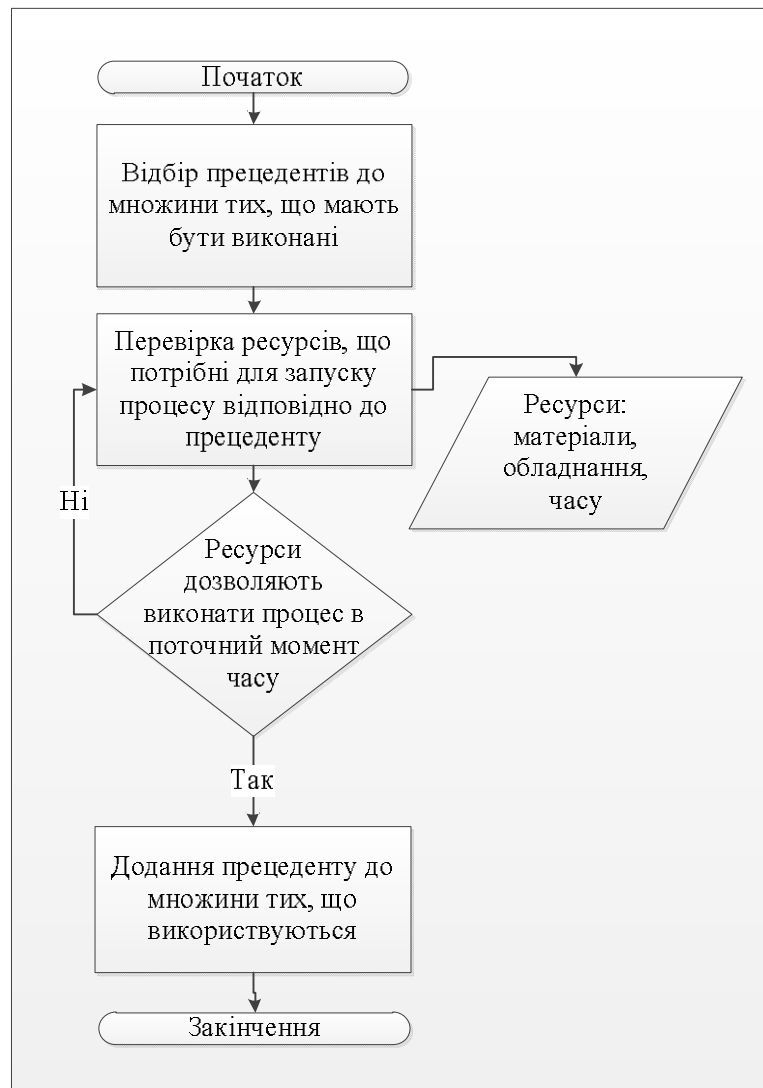


Рисунок 3 – Послідовність запуску управління новим бізнес-процесом з використанням прецеденту

Слід відзначити, що фіксація поведінки процесу в форматі логу потрібна для доповнення існуючого прецеденту, як це було показано при розгляді задачі формування множини прецедентів.

Постановка задачі прецедентного управління

Об'єктом прецедентного управління у відповідності до запропонованої концепції є сукупність бізнес-процесів, причому цільова модель кожного з них представлена прецедентом.

Це означає, що для кожного наскрізного бізнес-процесу задано множину всіх відомих з практики послідовностей дій з вирішення відповідної функціональної задачі з урахуванням всіх відомих затримок в її обслуговуванні.

Особливість прецедентних моделей бізнес-процесів у другому контурі управління полягає в тому, що кожен наскрізний бізнес-процес характеризується послідовністю його реалізованих станів, а не параметрами продукції або послуг, вироблених цим процесом. Відома з досвіду множина послідовностей станів процесу обмежує можливі варіанти його подальшої поведінки, задаючи тим самим напрямок його виконання. Кожен дискретний стан процесу відповідає реалізації однієї з дій бізнес-процесу. Тоді подальше управління в кожен дискретний момент часу полягає у виборі такої послідовності станів (дій), яка забезпечувала б досягнення цільового стану процесу при заданих ресурсних обмеженнях.

Тому задача прецедентного управління множиною наскрізних бізнес-процесів вимагає оцінки не лише поточного стану кожного процесу, що виконується, а й їх подальших станів. Оцінка полягає у віднесенні поточного та майбутніх станів кожного бізнес-процесу до одного з апріорно заданих класів:

- стани, які не можуть бути використані при його подальшому виконанні;
- стани, які забезпечують досягнення цільового стану із затримками;
- стани, що забезпечують досягнення цільового стану без інтервалів затримки.

До першої групи належить така послідовність станів бізнес-процесу, яка не забезпечує досягнення цільового стану процесу. В рамках прецедентного підходу це означає, що на практиці ще не було таких послідовностей дій, які забезпечили б досягнення цільового стану із поточного стану процесу.

До другої групи належать стани, для яких в прецедентній моделі існують траєкторії досягнення результату бізнес-процесу. Однак на цих траєкторіях поруч з діями процесу існують інтервали затримки, пов'язані з очікуванням ресурсів.

Слід відзначити, що очікувані затримки з ресурсами можуть бути визначені двома способами:

- по відомих затримках у складі процесу вирішення задачі прецеденту;
- за результатами аналізу поточного стану ресурсів та прогнозування їх використання процесами, що виконуються.

Відмінності між вказаними способами полягають у наступному. Апріорно відомі з прецеденту затримки вказують на «вузькі місця» підприємства з точки зору наявних ресурсів. Тобто, якщо потужності наявного обладнання якогось типу недостатньо, то затримки будуть при кожному використанні цього обладнання, незалежно від конкуренції бізнес-процесів за ресурси. Такі затримки задають загальні обмеження на виконання множини бізнес-процесів.

Затримки, що прогножуються в результаті аналізу поточного стану використання ресурсів множиною процесів, виникають внаслідок конкуренції процесів за доступ до цих ресурсів. Такі затримки дозволяють сформулювати правила використання ресурсів і, відповідно, призупиняти чи знову запускати бізнес-процеси.

До третьої групи відносяться стани, в яких в моделі прецеденту існують шляхи досягнення цільового стану і не існує інтервалів затримки.

Остання група характеризує випадки, коли:

- процеси виконуються в нормальному режимі в рамках першого контуру, нові процеси не запускаються;
- при наявності готового до виконання процесу він може бути запущений в рамках другого контуру.

Таким чином, множина наскрізних бізнес-процесів при одночасному виконанні використовує ресурси підприємства без традиційних обмежень, які накладає його організаційна структура. Це призводить до виникнення не лише традиційних затримок внаслідок недостатнього об'єму окремих ресурсів, але й до додаткового очікування ресурсів внаслідок конкуренції за них між процесами.

Результатом таких затримок може стати недотримання обмежень на час виконання процесів в цілому, що може призвести до зниження конкурентоздатності підприємства і значних матеріальних втрат.

Тому, можна зробити висновок про те, що проблема прецедентного управління множиною наскрізних бізнес-процесів пов'язана з розподілом між процесами часу використання ресурсів підприємства. Очевидно, що процеси використовують ресурси лише під час виконання.

Тому концепція прецедентного управління (у другому контурі) полягає у призупиненні або запуску (відновленні) роботи бізнес-процесів з тим, щоб ефективно розподілити ресурси між ними на основі формалізованого досвіду, представленого у формі прецедентів.

Таке формулювання концепції дозволяє визначити задачу прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами. Її призначення полягає в зміні складу множини бізнес-процесів, які виконуються з метою мінімізації часу очікування ресурсів при обмеженнях на час виконання кожного з цих процесів, а також обмеження у вигляді апріорно відомого з прецедентів часу очікування доступу до ресурсів:

$$\min(\sum_i \tau_i^{wt}) \mid \forall Bp_i \tau_i \leq \tau_i^{\max}, \quad (3)$$

де τ_i^{wt} – сумарний час очікування ресурсів для наскрізного бізнес-процесу Bp_i ;

τ_i – загальний час виконання бізнес-процесу Bp_i ;

τ_i^{\max} – обмеження на час виконання бізнес-процесу Bp_i .

Час очікування для кожного бізнес-процесу визначається як сумарний час очікування доступу до ресурсів:

$$\tau_i^{wt} = \sum_k t_{k,i}^{Rs} \mid \forall Bp_i \exists t_{k,i}^{Rs} > 0, \quad (4)$$

де $t_{k,i}^{Rs}$ – час затримки при доступі до k -го ресурсу бізнес-процесом Bp_i у випадку недостатнього об'єму цього ресурсу.

Реалізація прецедентного управління у постановці (3) потребує подальшого розвитку не лише прецедентного підходу, але й методів Process Mining.

В загальному випадку модель прецеденту бізнес-процесу може бути отримана методами Process Mining. Однак традиційні методи Process Mining формують workflow-модель бізнес-процесу, приділяючи увагу, в першу чергу, послідовності дій і не розглядаючи доступ до ресурсів. В той же час, послідовність доступу до ресурсів, як правило, зазначається в лозі, при фіксації послідовності подій, що відображають хід виконання кожного поточного екземпляру бізнес-процесу.

Узагальнена послідовність вирішення задачі у постановці (3) з використанням записаної в логах інформації про використані ресурси бізнес-процесу має наступний вигляд.

Вхідні дані:

- попередні апріорні дані: повна інформація про ресурси підприємства;
- дані з логів поточних бізнес-процесів: послідовність дій процесу з часовими мітками; інформація про використані ресурси;
- прецеденти з інформацією про час виконання процесу та необхідні на кожному кроці (у кожному стані) ресурси.

Вирішення задачі прецедентного управління у постановці (1) передбачає послідовне виконання таких дій: визначення наявних ресурсів в поточний момент часу; обчислення затримок доступу до ресурсів при виконанні послідовності дій кожного наскрізного бізнес-процесу; прийняття рішень про зупинку або запуск окремих наскрізних бізнес-процесів з тим, щоб мінімізувати сумарний час очікування ресурсів множини наскрізних бізнес-процесів.

Запропонована концепція прецедентного управління наскрізними бізнес-процесами дозволяє реалізувати наступні можливості:

- планування послідовності дій наскрізного бізнес-процесу в масштабах всього підприємства, що зменшує вплив керівників підрозділів на ефективність процесного управління;
- можливість підвищення ефективності діяльності підприємства на основі моделювання не лише окремих бізнес-процесів, а й взаємодії системи наскрізних процесів; незатребувані процеси можуть бути тимчасово відключені системою процесного управління;
- зменшення витрат часу на вертикальну взаємодію між виконавцями та їх керівництвом на рівні підрозділів внаслідок того, що власник процесу відповідає за його реалізацію у різних підрозділах.

Подальша деталізація запропонованої в даному підрозділі концепції потребує детального розгляду моделі наскрізного бізнес-процесу.

Узагальнення процесної архітектури підприємства з виділенням структурних та наскрізних бізнес-процесів

Необхідною умовою реалізації концепції двоконтурного управління є побудова системи бізнес-процесів підприємства. Така система містить у собі моделі всіх взаємопов'язаних бізнес-процесів. Процесні моделі розділяють за функціональною та структурною ознаками.

При виділенні бізнес-процесів за функціональною ознакою розглядають життєвий цикл продукції або послуг підприємства та встановлюють види діяльності, які необхідні для реалізації такого життєвого циклу. На основі необхідних видів діяльності встановлюють категорії бізнес-процесів, що вирішують функціональні задачі підприємства – тобто задачі виробництва продукції, маркетингу, управління персоналом тощо.

У відповідності до другої ознаки доцільно виділити такі види структур бізнес-процесу:

- аморфна, що відповідає недокументованим бізнес-процесам в системах колективної роботи;
- workflow-подібна, що апріорно задана на етапі проектування у відповідності до вимог, які визначаються організаційною структурою та/або технологіями, що використовуються в процесі виробництва товарів та надання послуг;
- гнучка структура, яка змінюється внаслідок дій співробітників; виконавці коригують апріорно відому послідовність виконання процесу у відповідності до своїх знань та досвіду з урахуванням поточного стану зовнішнього середовища бізнес-процесів.

Бізнес-процеси з апріорно заданою структурою можуть бути визначені з урахуванням меж підрозділів, в яких вони виконуються. Однак, виділення бізнес-процесів по межах підрозділів має практичне значення для процесів, що виконуються переважно в цих підрозділах. Наприклад, адміністративні та допоміжні процеси у більшості випадків є локалізованими, що і дозволяє обмежити їх відповідними відділами підприємства. Такі процеси у подальшому називатимемо структурними.

Наскрізними є бізнес-процеси з апріорно заданою структурою, при визначенні входів та виходів яких не розглядається організаційна структура підприємства.

Наскрізні бізнес-процеси доцільно розділити на локальні та глобальні.

Відмінності між структурними та локальними наскрізними бізнес-процесами з одного боку, а також глобальними наскрізними з іншого пов'язані з тим, що в них різні користувачі. При цьому, користувачі бізнес-процесів розділяються на внутрішніх (співробітників того ж підприємства) та зовнішніх – з інших організацій.

Результати роботи процесу для внутрішніх користувачів відповідають, як правило, результатам роботи відповідного відділу або декількох (незначної кількості) підрозділів. Тому межі процесів з внутрішніми користувачами

доцільно визначати по границях підрозділів. Це дозволяє спростити розподіл відповідальності між керівниками підрозділів та власниками процесів, оскільки ці обов'язки може виконувати одна й та ж персона.

Для глобальних наскрізних бізнес-процесів із зовнішніми користувачами межі підрозділів не враховуються, оскільки в даному випадку необхідно побудувати наскрізний ланцюжок дій, що виконуються співробітниками різних підрозділів. Такий ланцюжок дозволяє з максимальною ефективністю, без традиційних адміністративних завад, задовольнити потреби зовнішнього користувача.

При побудові таких процесів необхідно враховувати потреби у ресурсах, що належать відповідним цехам та відділам, а також конкурування наскрізних бізнес-процесів при доступі до ресурсів. Побудові моделей таких процесів і присвячено даний підрозділ. В подальшому терміни «глобальні наскрізні бізнес-процеси» та «наскрізні бізнес-процеси» розглядатимемо як синоніми.

Метою побудови системи бізнес-процесів підприємства є упорядкування її діяльності на рівні процесів. Формування ієрархії процесів з виділенням їх меж дає можливість визначити (та розділити в разі потреби) зони відповідальності керівників як власників бізнес-процесів. В результаті може бути організоване оперативне керівництво бізнес-процесами навіть у випадку недостатньо детального опису самих бізнес-процесів.

Досвід оперативного управління такими процесами дозволяє ітеративне уточнити та регламентувати їх виконання, а потім автоматизувати вказані бізнес-процеси. При удосконаленні бізнес-процесів існуючі їх моделі доцільно розглядати як прецеденти, оскільки вони містять опис вирішення задачі в минулому. Модифікація таких прецедентів може бути виконана шляхом порівняння їх цільової поведінки (відомої з моделі) та реальної поведінки, яка може бути отримана на основі аналіз журналів реєстрації подій.

Традиційно при побудові системи бізнес-процесів використовуються ряд підходів, що базуються на використанні організаційної структури, відмінностей продукції та послуг, компетенцій, створення цінностей, тощо. Вибір підходу впливає на визначення входів та виходів процесів і, відповідно, на опис їх подальшої структури. Це потребує стисненого розгляду таких підходів.

При побудові процесної архітектури підприємства використовуються такі підходи: структурний; продуктовий; наскрізний; компонентний; на основі ланцюжка створення цінностей, а також їх комбінації. В таблиці 1 наведено порівняльну характеристику цих підходів з точки зору реалізації запропонованої концепції управління наскрізними бізнес-процесами

Кожний з наведених в табл. 1 підходів направлений на побудову підмножини можливих рівнів процесної архітектури. Наведені в таблиці дані дозволяють зробити наступні висновки:

По-перше, повна системи бізнес-процесів підприємства повинна містити у собі як локальні, так і наскрізні бізнес-процеси.

Таблиця 1 – Методи побудови системи бізнес процесів підприємства

Метод	Особливості	Бізнес-процеси	Особливості управління
Структурний	Процеси визначаються по межах структурних підрозділів	Локальні, на рівні підрозділів	Процеси будуються «під виконавців», що утруднює автоматизацію управління сукупністю бізнес-процесів
Продуктовий	Будуються процеси виробництва продукції та надання послуг з урахуванням технологій, що використовують на підприємстві	Переважно локальні, в окремих випадках наскрізні	Систему управління необхідно повністю перебудувувати при зміні продукції/послуг
Наскрізний	«Пласка» схема наскрізних процесів (максимум 2-3 рівня ієрархії) без урахування організаційної структури	Наскрізні	Зв'язки між процесами у вигляді «блюда спагеті», що ускладнює автоматизацію управління бізнес-процесами
Компонентний	На основі компетенцій підприємства та рівнів управління створюється ієрархічна схема з груп ключових процесів	Наскрізні, локальні	Управління виконується на декількох рівнях у відповідності до рівня групи процесів у загальній ієрархії
На основі ланцюжка створення цінностей	Ієрархія процесів з більшою деталізацією на нижніх рівнях	Наскрізні процеси на нижньому рівні, локальні на верхніх рівнях	На верхніх рівнях дозволяє поєднувати процесне управління з існуючою організаційною структурою; на нижньому – автоматизоване управління наскрізними бізнес-процесами

По-друге, при управлінні локальними бізнес-процесами може бути використана існуюча організаційна структура. Склад локальних процесів на даному рівні є зрозумілим для співробітників. Виконання процесів в межах підрозділів (і відповідне підпорядкування) знижує психологічні бар'єри для виконавців при впровадженні процесного підходу до управління.

По-третє, ключовими процесами, автоматизація яких забезпечує підвищення ефективності діяльності підприємства в цілому, є наскрізні бізнес-процеси. Такі бізнес-процеси є процесами нижнього рівня процесної архітектури підприємства.

Узагальнену процесну архітектуру підприємства, що відповідає наведеним висновкам, представлено на рис. 4.

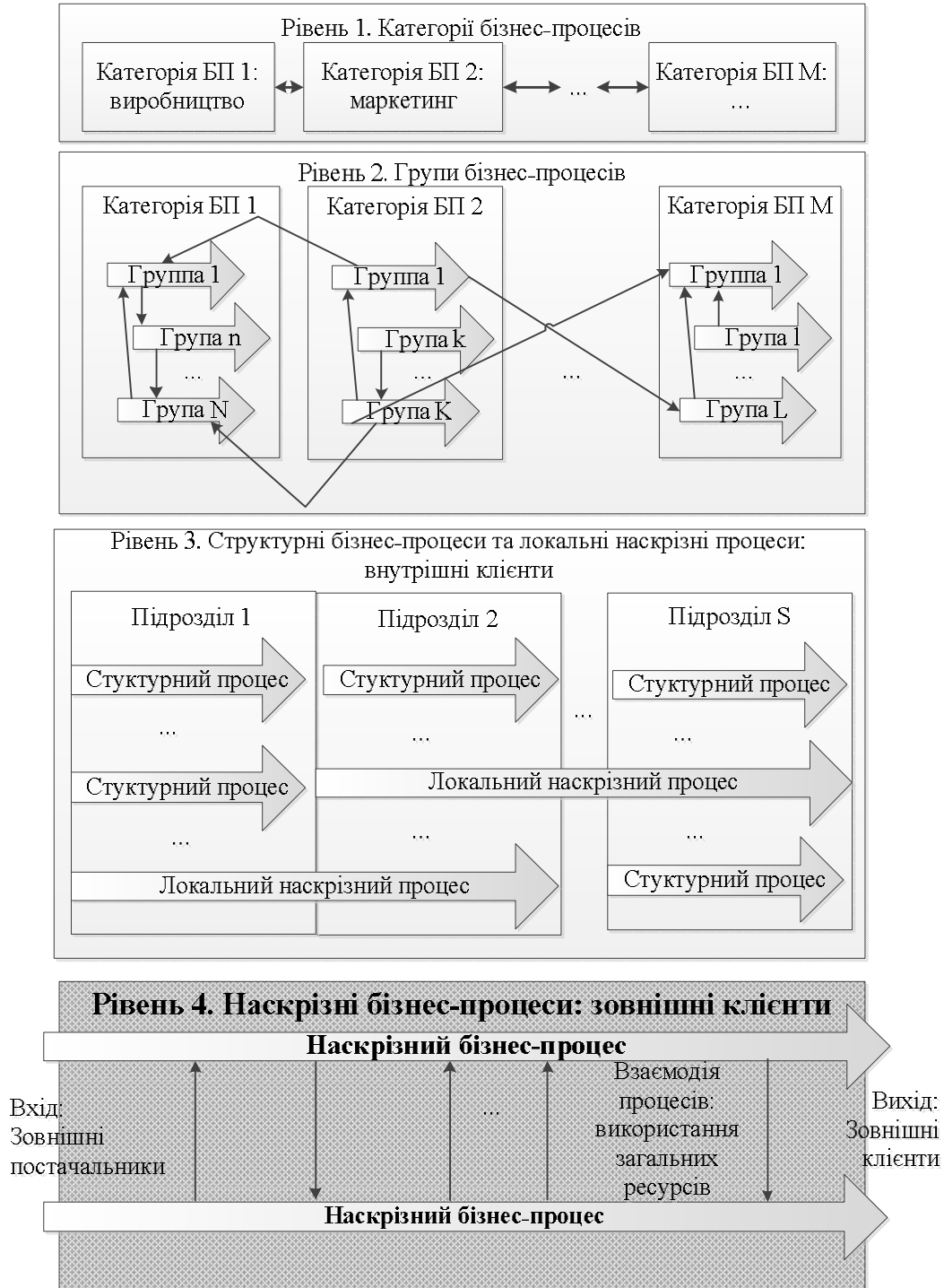


Рисунок 4 – Рівні узагальненої процесної архітектури підприємства

Дана архітектура передбачає виділення наступних рівнів опису бізнес-процесів:

- традиційних категорій процесів у відповідності до їх функціонального призначення (виробництво, маркетинг, транспортне обслуговування, сервіс, тощо);
- груп процесів в рамках визначених на першому рівні категорій з урахуванням зв'язків між цими групами;

– локальних бізнес-процесів – структурних та наскрізних, споживачами яких є співробітники підприємства; відмінність локальних наскрізних бізнес-процесів в даному випадку полягає в тому, що вони виконуються в декількох підрозділах підприємства;

– наскрізних бізнес-процесів, які інтегрують роботу декількох підрозділів та створюють цінності для зовнішнього споживача.

Відмінності структурних та наскрізних бізнес-процесів наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Відмінності структурних та наскрізних бізнес процесів

Вид бізнес-процесу	Межі бізнес-процесу	Користувачі
Структурний	По межах одного підрозділу	Внутрішні
Локальний наскрізний	По межах декількох підрозділів	Внутрішні
Наскрізний	По межах підприємства в цілому	Зовнішні

З представленої процесної архітектури видно, що наскрізні бізнес-процеси – це бізнес-процеси, що створюють цінності для зовнішнього користувача. Тобто вони є ключовими в діяльності підприємства.

Логічна модель множини наскрізних бізнес-процесів

Однак, для реалізації оперативного управління наскрізними бізнес-процесами потрібен більш детальний опис послідовностей дій для різних умов зовнішнього середовища, а також з урахуванням їх доступу до ресурсів (конкуренції за ресурси між процесами, які виконуються одночасно). У зв'язку з цим, в якості елемента прецедентного управління запропоновано *логічну модель множини наскрізних бізнес-процесів*. Модель враховує не лише набори можливих крос-функціональних послідовностей робіт, що забезпечують досягнення цілей процесів, але й необхідні для виконання цих робіт ресурси. Кожен наскрізний бізнес-процес Bp_i із множини BP реалізує дії p_l , що забезпечені ресурсами $r_{l,k}$:

$$Bp_i = \{Wf_i, Rl \mid \forall p_l \in Wf_i \exists \{r_{l,k}\} \subset Rs_i\}, \quad (5)$$

де BP – множина наскрізних бізнес-процесів підприємства;

Wf_i – потік робіт, що визначає послідовність виконання дій наскрізного бізнес процесу Bp_i ;

Rs_i – підмножина ресурсів підприємства, що використовується одним наскрізним бізнес-процесом; Rl – правила запуску або призупинення бізнес-процесу.

$\{r_{l,k}\}$ – набір ресурсів, що потрібен для виконання дії p_l .

Наведений опис моделі наскрізного процесу враховує можливі послідовності його дій Wf і не враховує організаційної структури підприємства. Особливість визначення полягає в тому, що організаційна структура задає ресурсні обмеження для виконання Wf .

Тобто з усіх можливих послідовностей дій буде вибрана лише та послідовність, яка може бути виконана за наявних ресурсів R_s .

Деталізуємо дану модель, розглянувши особливості потоку робіт Wf , а також застосування ресурсних обмежень.

На основі досліджень виконаємо узагальнення необхідних і достатніх умов для побудови workflow-опису наскрізного бізнес-процесу.

Їх суть полягає в наступному:

– процес має початковий та кінцевий стани, які відображають початок управління бізнес-процесом та отримання його результату відповідно;

– процес складається із допустимих послідовностей дій, що забезпечують досягнення локальної мети та регламентуються правилами функціонування підприємства; регламент процесу також передбачає порядок адаптації процесу, схему використання ресурсів, тощо;

– процес повторюється неодноразово та має стабільну множину допустимих послідовностей дій;

– дії процесу виконуються лише при наявності відповідних ресурсів в момент запуску дії.

Перша й друга умови є необхідними, оскільки вони визначають можливість побудови опису бізнес-процесу на основі наявних даних про діяльність підприємства.

Третя та четверта умови є достатніми, вони визначають важливість моделювання бізнес-процесу – тобто доцільність виділення в якості бізнес-процесу послідовності операцій, що виконують співробітники підприємства. Дійсно, при відсутності стабільної послідовності дій ми маємо справу з системою колективної роботи. Для побудови процесів в даному випадку потрібно використовувати методи реінжинірингу. Відсутність необхідних ресурсів робить недоцільним виконання поточного потоку робіт, та, можливо, потребує його модифікації.

Опис послідовностей дій (поток робіт, workflow) містить у собі як дії, що реалізуються засобами інформаційної системи управління підприємством, так і дії, які працівники виконують вручну. Опис задає порядок дій, у відповідності до якого дані, інформація, завдання передаються між виконавцями для реалізації заданого алгоритму роботи.

Наведені умови дозволяють визначити загальний потік робіт як диз'юнкцію можливих траєкторій виконання бізнес-процесу, за умови, що всі траєкторії мають одні й ті ж самі початкові та кінцеві стани:

$$Wf_i = wf_{1j} \vee \dots \vee wf_{ij} \vee \dots \vee wf_{lj} \mid \forall wf_{ij} \exists S^B, S^E, \quad (6)$$

де wf_{ij} – j -та траєкторія виконання бізнес-процесу;

S^B – множина початкових станів бізнес-процесу;

S^E – множина кінцевих станів бізнес-процесу.

Кожна траєкторія визначається як повна послідовність дій процесу, без паралельних дій та циклів:

$$wf_{i,j} = \langle p_{j,1}, p_{j,2}, \dots, p_{j,l} \dots p_{j,L} \rangle, p_{j,l} \in P, wf_{i,j} \in Wf_i, \quad (7)$$

де $p_{j,1}$ – перша дія бізнес-процесу;

$p_{j,L}$ – фінальна дія бізнес-процесу.

При такому підході цикл розвертається як послідовність однієї й тієї ж дії процесу: а паралельне виконання – як кон'юнкція двох траєкторій, що відрізняються лише паралельними діями.

Обґрунтування вибору такого підходу до опису наскрізного бізнес-процесу полягає в тому, що він дозволяє описати як окремих процес, так і множину паралельних наскрізних процесів у вигляді набору траєкторій. Це дає можливість прогнозувати використання ресурсів лише для підмножини поточних траєкторій кожного процесу – тобто не враховувати всі можливі траєкторії і тим самим підвищити ефективність прогнозування.

Початковий стан бізнес-процесу задається через наявність виконаних умов запуску першої дії процесу на виконання. Оскільки процес може бути виконаний по різних траєкторіях, в залежності від поточних умов, то для переходу від початкового стану до виконання введемо підготовку дію. У відповідності до запропонованої моделі, початкові умови визначаються через наявність ресурсів для виконання першої дії процесу:

$$(\forall wf_{i,j}) \exists \{r_1^k\} \Leftrightarrow wf_{i,j} \models S^B, \quad (8)$$

де $r_{1,k}$ – k -й ресурс для виконання першої дії бізнес-процесу;

символ \models визначає наявність не пустої множини S^B на траєкторії $wf_{i,j}$.

Результуючий порядок дій повинен відповідати прийнятим на підприємстві бізнес-правилам, які задають обмеження на виконання процесу. Такі обмеження можуть виникати внаслідок особливостей використання обладнання, особливостей взаємодії з постачальниками, сталої корпоративної культури тощо. Тому в загальному випадку будемо вважати, що у відповідності до моделі (5), бізнес-правила задають ресурсні обмеження на виконання дій бізнес-процесу. Тобто узагальнена форма умови наявності ресурсів для запуску чергової дії процесу для послідовності має вигляд:

$$(wf_{i,j}, r_l \models p_{j,l-1}) \wedge \exists \{r_{l,k}\} \Rightarrow wf_{i,j} \models p_{j,l}, l < L, \quad (9)$$

де $r_{l,k}$ – k -й ресурс, що є необхідним для виконання дії $p_{j,l}$.

Процесний підхід передбачає, що при побудові моделі визначаються допустимі траєкторії виконання бізнес-процесу $wf_{i,j}$, а при його виконанні контролюється виконання процесу за однією з допустимих траєкторій. Тобто

загальне правило адміністрування, яке забезпечує запуск поточної дії $p_{j,l}$ бізнес-процесу на траєкторії $wf_{i,j}$, має вигляд:

$$\exists \langle p_{j,1}, p_{j,2}, \dots, p_{j,l-1} \rangle \in wf_{i,j} \wedge \exists \{r_{l,k}\} \Rightarrow wf_{i,j} \models p_{j,l}, \quad (10)$$

де $p_{j,l}$ – дія бізнес-процесу на траєкторії $wf_{i,j}$, яка повинна бути запущена на виконання;

$p_{j,1}, p_{j,2}, \dots, p_{j,l-1}$ – дії бізнес-процесу, що були виконані.

Досягнення мети бізнес-процесу визначається виконанням хоча б однієї з послідовностей дій $wf_{i,j}$ із загального потоку робіт Wf_i . Ознакою завершення $wf_{i,j}$ є виконання останньої дії з цієї послідовності:

$$wf_{i,j} \models S^E \Leftrightarrow \exists j : wf_{i,j} \models p_{j,L}, \quad (11)$$

де $p_{i,L}$ – остання дія послідовності wf_i ;

символ \models визначає істинність формули на траєкторії $wf_{i,j}$.

Запропонований підхід до опису моделі бізнес-процесу як кон'юнкції workflow-траєкторій може бути розширений на множину наскрізних бізнес процесів підприємства, що виконуються паралельно та конкурують за ресурси.

Сукупність процесів характеризується множиною потоків робіт, що використовують загальні ресурси підприємства, та правилом запуску дій:

$$BP = \{Wf_j\}, Rl \mid \forall Wf_j \exists Rs_j, \cup Rs_j \neq \emptyset, \quad (12),$$

де BP – множина наскрізних бізнес-процесів підприємства;

Wf_j – алгоритм дій j -го наскрізного БП;

Rl – правило запуску дій;

Rs_j – підмножина ресурсів підприємства, що використовується одним наскрізним процесом.

В свою чергу, на основі визначення потоків робіт при паралельному виконанні декількох процесів необхідно визначити істинність лише тих траєкторій, які реалізуються в поточних екземплярах цих процесів:

$$BP \models wf_{1,k} \vee \dots \vee wf_{j,i} \vee \dots \vee wf_{j,n}. \quad (13)$$

У відповідності до (5), та (13), при запуску дій множини бізнес-процесів застосовується те ж правило (12), що і при виконанні одного наскрізного бізнес-процесу.

Результати дослідження

Даний підхід двоконтурного управління дає можливість узагальнити поняття «ресурси бізнес-процесу». Традиційно до ресурсів відносять об'єкти, які використовує бізнес-процес і які не змінюються при його виконанні. Однак якщо розглядати БП в контексті «дій – правила запуску дій – поточні обмеження на виконання дій», то до ресурсів доцільно віднести будь-які об'єкти, які тим чи іншим чином обмежують виконання бізнес-процесу. Це можуть бути не лише традиційна інфраструктура, обладнання, виконавці, але й сировина, матеріали, інформація, тощо.

Запропонований підхід має наступні переваги:

- координація дій різних підрозділів в рамках єдиного наскрізного процесу на основі визначення множини можливих траєкторій призводить до усунення бар'єрів між підрозділами, що сприяє зменшенню витрат часу та матеріальних витрат;

- орієнтація діяльності співробітників підрозділів підприємства на результат (виходи) наскрізного процесу, а не на звітність перед керівниками окремих підрозділів;

- передбачуваність результатів за рахунок тиражування моделей бізнес-процесів;

Реалізовані моделі наскрізних процесів можуть бути використані в якості прецедентів при організації процесного управління на нових підприємствах або в інших підрозділах транснаціональних організацій;

Висновки

Таким чином можливо зробити наступні висновки.

1. Розроблено концепцію організаційного двоконтурного управління наскрізними бізнес-процесами на основі прецедентного підходу. Дана концепція передбачає використання контуру управління окремими бізнес-процесами і контуру управління множиною наскрізних процесів, які виконуються одночасно. Перший контур реалізує традиційний підхід до управління за відхиленням, відповідно до якого при відхиленні поточних параметрів процесу виконуються коригувальні та запобіжні дії. Другий контур реалізує прецедентний підхід до управління, відповідно до якого бізнес-процеси запускаються на виконання і припиняються залежно від наявності ресурсів, а також прогнозу їх використання на основі прецедентів цих процесів.

2. Відповідно до розробленої концепції, сформульована задача управління множиною наскрізних бізнес-процесів як завдання мінімізації сумарного часу очікування доступу до ресурсів множини бізнес процесів при обмеженнях на час виконання кожного процесу. Бізнес-процеси з зазначеної множини виконуються нерегулярно, можуть виконуватися одночасно і використовувати загальні ресурси.

3. Уточнено модель процесної архітектури підприємства шляхом її розподілу за рівнями ієрархії структурних, локальних наскрізних і глобальних наскрізних бізнес-процесів. Входи і виходи структурних і локальних наскрізних бізнес-процесів визначаються по межах підрозділів і їх приналежності до одного рівня. Входи і виходи наскрізних процесів визначаються по межах підприємства в цілому, що вимагає виділення для них окремого рівня ієрархії. Наведено розподіл бізнес-процесів за рівнями ієрархії, що дозволяє використовувати адаптовані елементи функціонального управління для структурних і локальних наскрізних бізнес-процесів, які забезпечують роботу наскрізних бізнес-процесів підприємства. Це дає можливість знизити витрати на перехід до процесного управління. Для наскрізних бізнес-процесів, які створюють додану вартість, можуть бути використані методи реінжинірингу і безпосереднього управління потоком робіт (workflow).

4. Отримала подальший розвиток логічна модель наскрізних бізнес-процесів шляхом визначення обмежень на їх доступність до використовуваних ресурсів при виконанні всіх процесів. Модель включає в себе представлення наскрізних бізнес-процесів у вигляді множини доступних траєкторій виконання, поточний вибір яких виконується в залежності від наявних ресурсів і прогнозу їх використання поточних бізнес-процесом і процесами-конкурентами. Модель забезпечує можливість підвищення ефективності управління наскрізними бізнес-процесами з використанням прецедентного підходу за рахунок прогнозу використання ресурсів.

Список літератури.

1. Chalyj, S.F., & Levykin, I.V. (2017). *Metody, modeli i informacionny'e tekhnologii proccessnogo upravleniya poligraficheskim proizvodstvom: monografiya*. Kh.: FOP Panov A.M.
2. Chalyi, S., Levykin, I., Biziuk, A., Vovk, A., & Bogatov, Ie. (2020). Development of the technology for changing the sequence of access to shared resources of business processes for process management support. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(3(104)), 22-29.
3. Petrichenko, O., Levykin, I., & Iuriev, I. (2021). Improving a Method for Selecting Information Technology Services. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(2(110)), 32-43.
4. Chalyi, S., Levykin, I., & Guryev, I. (2020). Model and technology for prioritizing the implementation end-to-end business processes components of the green economy. *Acta Innovations*, (35), 65-80. ISSN 2300-5599.
5. Chalyi, S., Levykin, I., Petrychenko, A., & Bogatov, I. (2018). Causality-based model checking in business process management tasks. *IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies DESSERT'2018*, 453-458. doi: 10.1109/DESSERT.2018.8409176.