

Моделювання потокових процесів для підвищення результативності діяльності підприємства

Підвищення результативності діяльності підприємства або ланцюга постачань потребує визначення в їх загальній структурі «вузьких місць», що знижують інтенсивність потокових процесів, та виявлення причин їх утворення. До того ж, необхідним є відбір показників, які при відстеженні подій у потоковому процесі свідчать про виникнення цих проблем. Ці принципи застосовуються для розробки структурних і імітаційних моделей багатостадійних потокових процесів

Effectiveness of an enterprise's activity or its supply chain can be enhanced with the determination of «bottlenecks», that reduce the flow rate of processes, in general structure and the identification of causes leading to their formation. Moreover, it requires the selection of indicators for identification of these problems occurrence in the monitoring of workflow process. These concepts are applied to the development of structural and simulation models of multi-stage flow processes

Ключові слова: *результативність, процес, потік, вузьке місце, причинно-наслідковий зв'язок, ланцюжок подій, модель*

Вступ. На вітчизняних підприємствах посилюється увага до методів і засобів вирішення проблем низького рівня результативності їх діяльності [1, 2], недостатньої надійності виконання зобов'язань перед контрагентами, асинхронності виробничих, збутових, логістичних і решти процесів, і, як наслідок, послаблення ринкових позицій, низької рентабельності або збитковості основної діяльності. Формування й ефективне застосування цих методів на практиці ускладнюється мінливістю умов функціонування, розмаїттям управлінських ситуацій, невизначеністю причинно-наслідкових зв'язків між подіями, індивідуальністю поведінки суб'єктів господарювання у внутрішньому та зовнішньому середовищах.

Загалом, існує широкий спектр науково-практичних напрямків вирішення зазначених вище проблем [3-8], насамперед: узгодження бізнес-процесів у часі та просторі (окремо на підприємстві та в межах ланцюга постачань); адаптивне

планування діяльності підприємства та відповідна синхронізація ресурсних потоків для точного й ефективного виконання встановлених планів; коригування виробничих потужностей і пропускних здатностей логістичних складових, у тому числі за рахунок оптимального забезпечення ресурсами (матеріалами, енергією, робочими місцями, технологічними дільницями, обладнанням і запчастинами до них, трудовими ресурсами і т.д.); удосконалення процесу цілепокладання тощо.

Усунення недостачі різних ресурсів у певних функціональних компонентах підприємства або ланцюга постачань, тобто ліквідація «вузьких місць» є розповсюдженим підходом до підвищення результативності діяльності будь-якого підприємства або вертикально-інтегрованої структури [3, 7]. Проте причини утворення «вузьких місць» не обмежуються лише фіксацією порушень у постачаннях ресурсів за термінами та обсягами, оскільки ці факти є наслідком взаємного впливу багатьох чинників, як на підприємстві так і назовні. Створення гарантійних запасів ресурсів є частковим заходом, оскільки призводить до великих витрат на придбання та зберігання матеріальних ресурсів при тому, що окремі ресурси мають недовгий життєвий цикл [8]. Надмірне збільшення витрат на матеріально-технічне забезпечення й оплату праці нерідко на фоні погашення позик і кредитів знижують потенціал підприємства щодо адаптивного реагування на зміни в його зовнішньому оточенні [9].

Слід також зазначити негативний вплив на результативність діяльності підприємства надмірних диспропорцій в обсягах наявних ресурсів, коли пропускна здатність виробничої або логістичної дільниці за одним ресурсом суттєво перевищує цей же показник, але за іншим ресурсом.

Постановка завдання. Таким чином, аналіз низької результативності діяльності підприємства включає визначення цільових значень його виробничих потужностей і пропускних здатностей логістичних ланцюгів, знаходження "вузьких місць" на підприємстві й у ланцюзі постачань, визначення та впорядкування сукупності факторів, які зумовлюють їх появу. Результати такого аналізу використовуються для аргументації заходів та проектів щодо поліпшення загальної структури економічної системи для підтримки цільової інтенсивності потокового процесу.

Метою статті є моделювання потокового процесу на підприємстві, яке враховує структуру керованої системи, послідовність стадій процесу, чинники

та події, що впливають на інтенсивність цих стадій, та дозволяє виявляти «вузькі місця» і причини їх утворення для забезпечення високого рівня результативності й ефективності діяльності підприємства.

Результати. Первісну предметну область для пошуку і усунення "вузьких місць" становлять технологічна та організаційно-функціональна структури підприємства. Процедура ідентифікації та усунення "вузьких місць" є циклічною, оскільки після підвищення результативності та якості роботи тієї компоненти в структурі підприємства, яка була "вузьким місцем", з'являється одна або декілька інших компонент, які мають негативний вплив на результативність та ефективність діяльності підприємства.

Процедура усунення «вузьких місць» у внутрішньому середовищі підприємства зупиняється тоді, коли стан підприємства як економічної системи, що складається з низки структурних елементів, характеризується рівністю або зверхністю пропускної здатності над пропускною здатністю його ланцюга постачань.

Після спрацювання цієї умови здійснюється аналогічна процедура виявлення і усунення "вузьких місць" у ланцюгу постачань з урахуванням особливостей економічних зв'язків у ньому. У той же час, треба враховувати, що в результаті змін в ланцюзі постачань саме підприємство може опинитися в категорії «вузьке місце», внаслідок чого його керівництвом ставляться цілі досягнення відповідності вимогам ланцюга постачань. Їх досягнення, багато в чому, спирається на усунення внутрішніх «вузьких місць».

Моделювання потокових процесів здійснюється з точки зору потреби в коригуванні інтенсивності обробки робочих об'єктів у відповідності до її бажаних значень шляхом надійного забезпечення робочих місць необхідними ресурсами. Послідовність стадій, крізь які проходять РО, та умови переходу між цими стадіями зображено на рис. 1 у вигляді BPMN-діаграми.

Зазначимо, що робочий об'єкт (РО) являє собою динамічну сутність тих елементів, над якими здійснюються дії (роботи), а ресурс – за допомогою якого здійснюються ці дії. Процес обробки РО складається з певної кількості стадій W . Виконання робіт на окремій стадії w може відбуватися на декількох «місцях обробки» (wp_h^w), які також відносяться до категорії ресурсів. Така деталізація корисна у випадках, коли одне «місце обробки» відведене більш, ніж під одну стадію процесу.

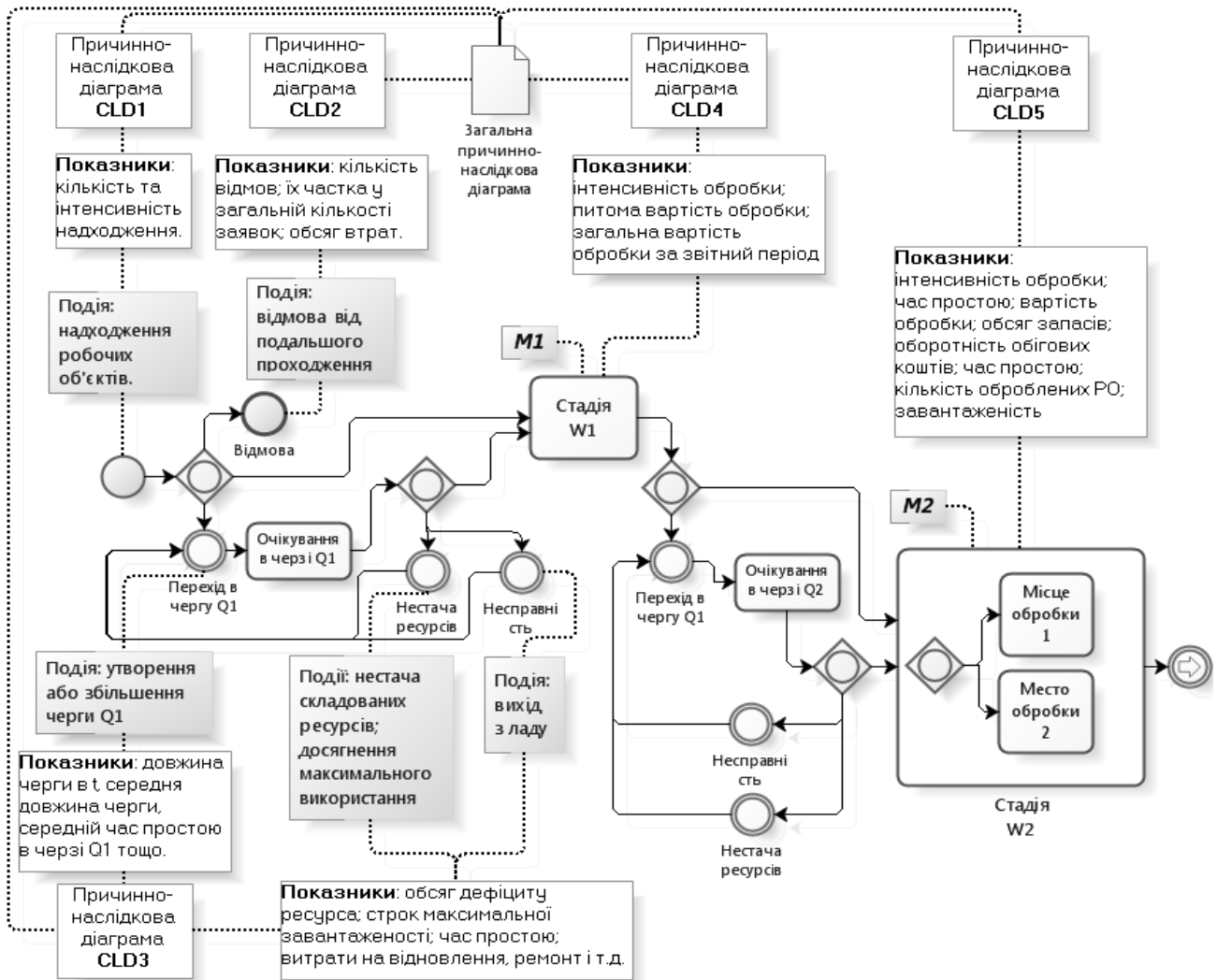


Рис. 1. Фрагмент діаграми багатостадійного процесу обробки
робочих об'єктів в нотації BPMN

Структурна модель багатостадійного процесу обробки РО в нотації BPMN є підґрунтям для розробки і реалізації динамічних моделей цього процесу для вирішення управлінських проблем, пов'язаних з відхиленням від цільових (бажаних або нормативних) значень обсягу обробки РО.

З j -м управлінським завданням P_j^r (проблемою) на часовому проміжку τ пов'язані ланцюжки фактичних подій E_i^j , показники процесів $S_k(j, i)$, які виступають індикаторами цих подій і симптомами проблеми, та вимоги $R_l(j, i)$ суб'єктів, зокрема, власників, персоналу, постачальників, споживачів і ін.:

$$\langle E_i, S_k, R_l \rangle \times T \rightarrow P_j^r.$$

Кожне надходження робочого об'єкта до системи є подією E_i , що викликає початок реалізації алгоритму його обробки. Для моніторингу, аналізу

та моделювання потоку цих об'єктів застосовуються показники кількості A_t^{in} робочих об'єктів, що надійшли до системи в період часу t , та інтенсивності їх надходження a_t^{in} .

Типові події, що спостерігаються в системі, ініціюють заздалегідь формалізовані на підприємстві дії. До типових подій відносяться: надходження РО (запиту на його обробку); перехід РО в чергу; відмова замовника від виконання свого запиту; нестача складованих ресурсів (сировини, матеріалів, палива, запчастин до обладнання); досягнення максимального використання нескладованих ресурсів (обладнання, приміщення, транспортних засобів, бригад робітників); вихід з ладу. Вказані типи ресурсів наведені у роботі В.С. Михалевича [10].

Утворення або збільшення черги Q_w на стадії w ($w \in W$) настає у випадку перевищення кількості РО над величиною пропускної здатності M_w на цій стадії (продуктивністю, потужністю, місткістю технологічної або логістичної ділянки). Виникнення черг Q_w перед стадією w спричинює загрозу несвоєчасного виконання повного циклу обробки одного та сукупності РО, збільшення рекламцій від замовників, погіршення репутації підприємства, додаткові витрати на усунення негативних наслідків тощо.

Та стадія, для якої притаманний найбільший середній час очікування РО в черзі або найбільша середня довжина $\bar{Q}_w(\tau)$ такої черги за період τ , є ознакою наявності «вузького місця» BNP :

$$BNP = w: \exists \max_w \{ \bar{Q}_w(\tau) \} \quad \forall w \in W.$$

За відхиленнями $\Delta M_{w,t}$ пропускних здатностей $M_{w,t}$ від потрібної (бажаної) інтенсивності $M_{w,t}^{\text{goal}}$ обробки РО на кожній стадії з огляду на цільове значення інтенсивності всього потокового процесу MP_t^{goal} здійснюється коригування цих пропускних здатностей.

Діагностика роботи структурних елементів системи та прийняття рішень щодо коригування їх пропускних здатностей згідно з потрібними значеннями здійснюється через затверджений проміжок часу ψ . Цикл реалізації прийнятих рішень для стадії w займає γ_w періодів часу ($\gamma_w \leq \tau$). Тому значення пропускної здатності для стадії w в кожний період часу t розраховується за формулою:

$$M_{w,t} = M_{w,t-1} + \frac{\Delta M_{w,t-1}}{\gamma_w} = M_{w,t-1} + \frac{M_{w,t-1}^{\text{goal}} - M_{w,t-1}}{\gamma_w}.$$

Величина $M_{w,t}$ на стадії w , що складається з декількох місць обробки, визначається як сума їх пропускних здатностей ($wp_{h,t}^w$):

$$M_{w(h),t} = \sum_h wp_{h,t}^w$$

Припустимо, що перше місце обробки ($h=1$) може застосовуватись не тільки для виконання робіт на другій стадії ($w=2$), а й на третій ($w=3$). Тоді $wp_{1,t}^2 = wp_{1,t}^3$, тобто приймається однакове значення максимальної інтенсивності обробки у зазначеному місці для двох стадій. Але для розрахунків величини поточного обсягу обробки РО $Z_{w,t}$ в кожний період часу t на стадії w застосовується алгоритм визначення кількості РО для обробки на одній стадії з врахуванням кількості РО на місці обробки іншої стадії. Одним з таких алгоритмів є використання місця обробки спочатку для стадії w , а при наявності вільних ресурсів – для стадії $w+1$:

$$Z_{w,t} = \min \left\{ M_{w,t} + \min \left[wp_{h,t}^{w-1}, \max(0, M_{w-1,t} - Z_{w-2,t}) \right], Q_{w,t} + Z_{w-1,t} \right\}.$$

Динаміка довжини черги задається наступним чином:

$$Q_{w,t} = Q_{w,t-1} + Z_{w-1,t-1} - Z_{w,t-1} \quad \forall w > 1,$$

$$Q_{1,t} = Q_{1,t-1} + A_{t-1}^{\text{in}} - A_{t-1}^{\text{den}} - Z_{w,t-1} \quad \forall w = 1,$$

де A_{t-1}^{den} – кількість відмов від обробки РО. Для визначення величини A_{t-1}^{den} можуть реалізовуватись різні способи, зокрема: на підставі випадкового розподілу, залежно від розміру черги перед першою стадією або від кількості РО, що знаходяться в чергах загалом по системі, або від очікуваної тривалості всього циклу обробки РО на момент їх надходження.

Важливою аналітичною категорією є «причина», при цьому для обґрунтування управлінських рішень щодо залучення, розподілу і використання ресурсів для зміни пропускної здатності системи та забезпечення високого рівня результативності важливо виявлення низки причин $\langle C_u \rangle$, що перешкоджають та знижують ефективність реалізації цих рішень.

Подія як результат впливу зовнішнього середовища і як результат реалізації підприємством прийнятих рішень зумовлено однією або багатьма причинами, які розрізняються за змістом і природою походження. Причини

проявляються одночасно, періодично і нерегулярно. У той же час причина може бути наслідком послідовного прояву інших причин:

$$CL(u): C_{u-\zeta} \times C_{u-\zeta-1} \times \dots \times C_{u-1} \rightarrow C_u.$$

Визначення такої послідовності вважається завершеним при ідентифікації «корінних» причин $\langle C_u^{\text{root}} \rangle$. Без їх усунення ускладнюється або настає неможливим забезпечення необхідної результативності управлінських процесів.

Отже, багато причин виникнення управлінської проблеми можуть виражатися у вигляді динамічно розподіленої та логічно упорядкованої послідовності подій. До того ж для управлінського процесу важливим є відстеження часових лагів між цими подіями (причинами) тому, що для розробки рішень, реагування на події або низку подій (ситуацію), необхідне знання резервів часу:

$$\Delta VT(T_g, T_{g+1}),$$

де $T_g = C_u \sim E_i$ – момент спрацювання u -ї причини або настання i -ї події.

Слід зазначити, що між двома подіями та двома показниками можуть встановлюватися причинно-наслідкові зв'язки $e(E_i, E_t)$ і $s(S_k, S_{k+1})$, відповідно. Проте дві послідовні в часі події не виключають обидва випадки: і наявність, і відсутність такого зв'язку $e(E_i^\tau, E_t^{\tau+1})$, ($i \neq t$). Пара «причина-наслідок» має відносну сталість для двох показників у межах одного періоду $s(S_k^\tau, S_{k+1}^\tau)$ або з врахуванням затримки $DT: s(S_k^\tau, S_{k+1}^{\tau+DT})$.

Причинно-наслідкові зв'язки між подіями $e(E_i, E_t)$ визначаються за допомогою асоціативних правил за типом "якщо..., то...", тоді як зв'язки між показниками $s(S_k, S_{k+1})$ характеризуються правилами за типом «зі збільшенням показника S_{k1} збільшуються (або зменшується) показник S_{k2} ».

Більш того в загальній низці подій виокремлюється одна підмножина, в якій між подіями простежуються інцидентні зв'язки $e_{i\varphi}(i, \varphi \in I)$:

$$e_{ii} = (E_i, E_i) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } E_i \prec E_i \\ 0, & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

Задля виявлення проблем використовуються дані контролю над виконанням вимог $R_{l,n}$ різних суб'єктів $N, n \in N$. Події $E_i(\Delta R_{l,n}^{\text{neg}})$, що пов'язані, насамперед, з порушенням цих вимог, можуть бути «корінною»

причиною низької результативності й ефективності діяльності підприємства.

Пріоритетними для підприємства є вимоги споживачів. У той же час, виробничі, збутові, постачальницькі та логістичні підрозділи на підприємстві утворюють пари «постачальник-замовник», для яких також характерний принцип пріоритетності вимог замовників.

Очевидні вимоги закладені в логістичних принципах «7R» [8]: потрібна продукція високої якості в потрібній кількості за вигідною ціною в необхідний час і місце при мінімальних витратах на доставку і зберігання. У сукупності одна і та ж комбінація невідповідностей вимогам зацікавлених сторін можуть послужити причиною виникнення ряду подій.

Висновки. Отже, підвищення результативності й ефективності діяльності підприємства є одним з головних напрямків забезпечення конкурентоспроможності підприємства, оскільки охоплює завдання з підтримки якісного та надійного виконання замовлень. Важливу роль при цьому відіграють синхронізація процесів і робіт з обробки потоку робочих об'єктів, управління виробничою потужністю та пропускну здатністю логістичних компонент, планування витрат на придбання й оновлення ресурсів.

Для обґрунтування відповідних управлінських рішень застосовуються структурні моделі, в яких процес складається зі стадій та місць обробки робочих об'єктів (транспортних засобів, деталей, замовлень на послугу, документів тощо), що використовують різні ресурси (приміщення, складські рампи, матеріали, бригади працівників і т.д.). Для пошуку «вузьких місць» і виявлення причин їх утворення формується набір показників потокового процесу та чинників, що призводять до його змін. Частина чинників відбивається в якості подій, що мають певні наслідки на результативність процесу й ініціюють певний алгоритм дій. Для аналізу результативності враховуються також вимоги суб'єктів господарювання до виконання процесу. Формалізація поточкових процесів шляхом їх структурного моделювання і створення причинно-наслідкових зв'язків між показниками та подіями є попереднім етапом розробки імітаційних моделей цих процесів.

Аналіз ефективності управлінських рішень щодо подолання проблемних ситуацій і підвищення надійності процесу обробки потоку робочих об'єктів, а також результативності діяльності підприємства, ґрунтується, саме, на реалізації імітаційних моделей.

Перспективними напрямками розвитку імітаційного моделювання

процесу з обробки потоку робочих об'єктів є формування алгоритмів розподілу цих об'єктів за місцями обробки, що є спільними для декількох стадій, а також стратегій коригування виробничих потужностей і пропускних здатностей.

Література

1. Райзберг Б.А. Современный экономический словарь / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – М.: Инфра-М, 1999. – 479 с.
2. Скрипко Л.Е. Экономические методы менеджмента качества в стандартах ИСО серии 9000:2000 / Л.Е. Скрипко // Стандарты и качество. – 2002. – №7. – С.66-69.
3. Детмер У. Теория ограничений Голдратта. Системный подход к непрерывному совершенствованию / У. Детмер. – М.: АНД Проджект, 2007. – 444 с.
4. Лепа Р.Н. Ситуационный механизм поддержки принятия управленческих решений / Р.Н. Лепа. – Донецк: 2006. – 360 с.
5. Лысенко Ю.Г. Моделирование технологической гибкости производственно-экономических систем: Монография / Ю.Г. Лысенко, Н.В. Румянцев. – Донецк: ДонНУ, 2007. – 238 с.
6. Лысенко Ю.Г. Экономика и кибернетика предприятия: Современные инструменты управления: Монография / Ю.Г. Лысенко. – Донецк: Юго-Восток, Лтд, 2006. – 356 с.
7. Anderson E.G. A simulation model to study the dynamics in a service-oriented supply chain / E.G. Anderson, D.J. Morrice // Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference. – pp. 742-748.
8. Waters D. Logistics. An introduction to supply chain management. – New York: Palgrave macmillan, 2003. – 354 p.
9. Кравченко В.Н. Моделирование процессов взаимодействия предприятий в цепи поставок / В.Н. Кравченко // Новое в экономической кибернетике: Сб. науч. ст. / Донецкий нац. ун-т. // Модели формирования портфеля заказов на предприятиях и в организациях. – Донецк: ДонНУ, 2005. – №2. – С. 62-71.
10. Михалевич В.С. Методы последовательной оптимизации / В.С. Михалевич, А.И. Кукса. – М.: Наука, 1983. – 208 с.