

В.П. Кукоба, д-р екон. наук,
професор кафедри економіки підприємств,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

БАЗОВІ ДОМІНАНТИ ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ОРГАНІЗАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ ПІДПРИЄМСТВ

Анотація. У статті обґрунтовано необхідність застосування економіко-математичних моделей для цілей організаційного проектування підприємств. Сформульовано принципи і визначені мови застосування таких моделей. Подано рекомендації щодо використання математичних моделей при проектуванні чисельності і структури персоналу підприємства.

Аннотация. В статье обоснована необходимость использования экономико-математических моделей для организационного проектирования предприятий. Сформулированы принципы и условия использования таких моделей. Даны рекомендации по использованию математических моделей при проектировании численности и структуры персонала предприятия.

Summary. In the article is grounded necessity of application mathematical models for the aims of the organizational projecting of enterprises. There are formulated principles and certain languages of application of such models. The given recommendations are in relation to using of mathematical models for planning of quantity and structure of personnel of enterprise.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: організаційний проект, економіко-математична модель, економічна система

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: организационный проект, экономико-математическая модель, экономическая система

KEY WORDS: organizational project, economics and mathematics models, economic system

Постановка проблеми. Активний розвиток суспільного виробництва потребує адекватного наукового забезпечення. Прогнозований розвиток підприємств повинен ґрунтуватись на науково обґрунтованих проектних рішеннях, які у значні мірі складаються із організаційних. Сучасне наукове підґрунтя новітніх організаційних рішень формується за рахунок удосконалення теоретичної та методологічної бази організаційного проектування підприємств.

Високі вимоги до результативності розроблених і впроваджуваних організаційних проектів, а також відсутність виробни-

чих систем, які готові до активного дестабілізуючого впливу експериментаторів, спричиняє потребу у пошуку таких об'єктів для заміщення реальних підприємств або виробничих, що адекватно реагують на впроваджені організаційні зміни. Такі заміщені об'єкти називають моделями, а процес створення моделей і заміщення ними досліджуваних об'єктів — моделюванням.

Підвищений інтерес до моделювання обумовлений тією роллю, що методи моделювання, особливо математичного, мають у сучасних дослідженнях. Також він стимулюється, з одного боку, складністю завдань, які доводиться вирішувати людині у своїй діяльності, а з іншого боку — значними успіхами у розвитку прикладної математики, обчислювальної техніки й програмування, дослідження операцій, наукових дисциплін кібернетичного циклу. Тому неможливо представити сучасну й майбутню теорію організаційного проектування без застосування математичного моделювання, і наближення цього майбутнього залежить від темпів розвитку математичного моделювання й відповідних інформаційних засобів і технологій.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Традиційно під *моделюванням* розуміють сукупність методів вивчення складного об'єкта шляхом його заміни більш зручним для дослідження об'єктом, що зберігає істотні риси досліджуваного об'єкта, а також процес побудови моделі — об'єкта, який заміщує [8, с. 289]. *Модель* (від лат. «modulus» — зразок, норма, міра) — це об'єкт будь-якої природи, що відображає або відтворює досліджуваний об'єкт і здатний замінити його так, що вивчення об'єкта, який замінюється, дозволяє одержати нову інформацію про нього.

Об'єкт, що замінюється при моделюванні, називають *оригіналом*. Тому сутність моделювання полягає у заміщенні оригіналу моделлю, дослідженні моделі й перенесенні отриманих при дослідженні результатів на оригінал. Основними цілями моделювання є: опис будови й поведінки системи; побудова теорій і гіпотез, що пояснюють спостережувану будову й поведінку системи; прогнозування майбутньої будови й поведінки системи.

З метою формування адекватних для організаційного проектування підприємств моделей доцільно визначити базові принципи їх утворення. У рамках дослідження встановлено, що моделі об'єктів організаційного проектування повинні відповідати наступним принципам: *полярності об'єкта і моделі* (діалектична пара модель — об'єкт завжди полярна, має два полюси — «модель» і «об'єкт»); *первинності об'єкта* (з двох взаємопов'язаних полюсів діалектичної пари модель — об'єкт один є первинним,

інший — похідний від нього); *адекватності моделі* («модель» повинна бути адекватною по відношенню до «об'єкта» й відображати з певною точністю основні його риси та властивості залежно від цілей дослідження, наявної інформації, прийнятної системи гіпотез); *багатозначності* (як «модель» для даного «об'єкта», так і «об'єкт» для даної «моделі» семантично та інтерпретаційно багатозначні: «модель» віддзеркалює властивості не одного, а багатьох «об'єктів», «об'єкт» описується не однією, а багатьма «моделями»); *об'єктності* (наявності полюса «об'єкт» недостатньо для наявності полюса «модель», наявність полюса «модель» зумовлює необхідність наявності полюса «об'єкт»); *цілеспрямованості* (модель повинна бути засобом досягнення цілей, заради яких здійснюється моделювання); *зручності* (проведення досліджень на моделі повинне бути простіше й зручніше, ніж на оригіналі, а одержувані результати дослідження — допускати досить просту інтерпретацію).

Постановка завдання. Цілі та принципи моделювання дозволяють сформулювати *вимоги до моделі*. Вона повинна: об'єктивно відповідати, об'єкту що моделюється; дозволяти замішати досліджуваний об'єкт на певних етапах дослідження; давати в ході дослідження нову інформацію, що допускає опитну перевірку; містити сукупність досить чітких правил переходу від модельної інформації до інформації про об'єкт, що моделюється. Крім цього, модель повинна бути: простою і зрозумілою користувачу; цілеспрямованою; надійною у сенсі гарантії від одержання абсурдних результатів; зручною у використанні; повною з погляду досягнення основних цілей; адаптивною, тобто такою, що допускає зміну й розвиток моделі в міру одержання додаткової інформації; повторюваною.

Виклад основного матеріалу дослідження. Оскільки моделювання здійснюється для різних цілей і різних об'єктів, є необхідність встановлення різновидів моделей, що можуть використовуватись для організаційного проектування підприємств. Наявна сукупність моделей структурована і представлена на рис. 1 [1; 3; 6; 7].

Найбільше поширення у практиці проектування економічних систем набули математичні моделі. *Математична модель* — це знакова модель досліджуваної системи, складена мовою математики. Вона модель являє собою сукупність математичних виражень, що відображають істотні для дослідження властивості об'єкта, що досліджується. Згідно точки зору В.В. Вітлінського, яка найповніше віддзеркалює і наше бачення, «математична мо-

дель — це абстракція реальної дійсності (світу), в якій відношення між реальними елементами, а саме ті, що цікавлять дослідника, замінені відношеннями між математичними категоріями. Ці відношення зазвичай подаються у формі рівнянь і/чи нерівностей, відношеннями формальної логіки між показниками (змінними), які характеризують функціонування реальної системи, що моделюється» [4]. Згідно цього, *математичне моделювання* — це процес побудови й оперування математичною моделлю з метою одержання інформації про об'єкт, що моделюється.

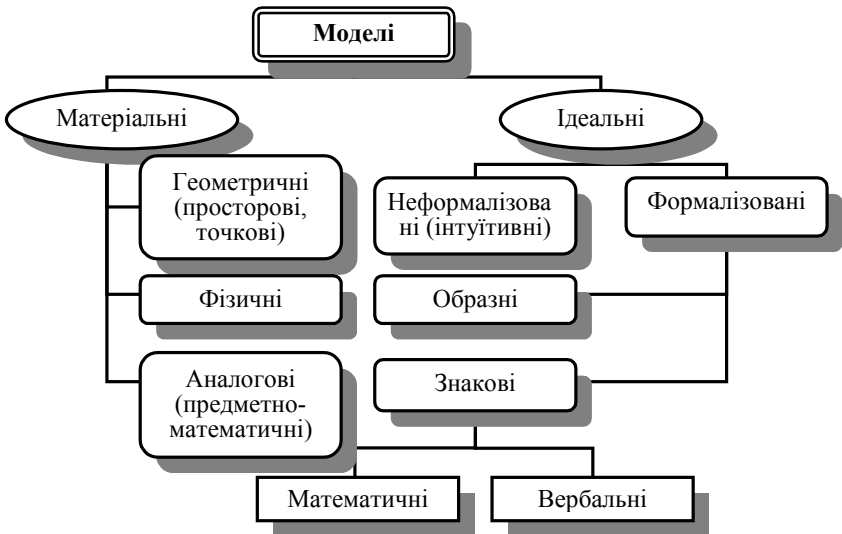


Рис. 1. Класифікація моделей відповідно до засобів моделювання, використаних при організаційному проектуванні підприємств

У порівнянні з іншими видами моделювання математичне моделювання як метод дослідження має наступні переваги: *універсальність*, обумовлена універсальністю математики як мови опису й методу дослідження об'єктів навколишнього світу; *відсутність обмежень до застосування*, тому що математичне моделювання придатне для дослідження будь-яких об'єктів; *висока адаптивність*, тобто можливість внесення необхідних змін у модель за необхідності; *меншими матеріальними й часовими витратами на моделювання*; *можливість проведення досліджень на критичних режимах*, які приводять до руйнування матеріальних моделей.

Оскільки математичне моделювання дуже важливе при визначенні кількісних та якісних параметрів складових організаційних проектів і проєктованих економічних систем, доцільно зупинитись на найбільш використовуваних у проєктній діяльності різновидах моделювання [2].

Традиційно при оптимізації проєктних рішень організації діяльності підприємства здійснюється *аналітичне моделювання*. Для нього характерним є те, що процеси функціонування елементів системи записують у вигляді певних математичних співвідношень (алгебраїчних, інтегрально-диференціальних, кінцево-різницевих тощо) або логічних умов. А сама аналітична модель формується і досліджується такими методами: аналітичним (у загальному вигляді прагнуть отримати деякі залежності для характеристик, які визначаються); числовим; якісним, коли, не маючи явного розв'язку, все ж знаходять деякі властивості рішень.

Комп'ютерне моделювання характеризується тим, що математична модель системи подається у вигляді деякого алгоритму та програми, придатної для її реалізації на комп'ютері, що дозволяє проводити з нею обчислювальні експерименти. Залежно від математичного інструментарію (апарату), що використовується в побудові моделі, та способу організації обчислювальних експериментів виокремлюють такі види моделювання: числове, імітаційне (алгоритмічне) та статистичне.

Серед наведених вище різновидів моделей не всі однозначно використовуються при різних способах проєктування організації на підприємствах. Так, для моделювання виробничих процесів у просторі повинні застосовуватись просторові моделі із групи геометричних моделей, а також предметно-математичні із групи аналогових. Неформалізовані моделі знайдуть своє застосування при соціальному проєктуванні, встановленні психосоціальних взаємовідносин у трудових колективах підприємств, а також для розв'язання дестабілізуючих ситуацій при проєктуванні техніки поведінки працівників у процесі роботи з клієнтами (замовниками, покупцями) та взаємовідносин з контролюючими органами (податкова, пожежна, екологічна інспекції). Формалізовані моделі найчастіше знайдуть застосування при регламентації діяльності самого підприємства і функціонування його структурних підрозділів — розробленні організаційних структур, оптимізації матеріальних та інформаційних потоків, формуванні посадових та робочих інструкцій тощо. Особливе місце у практиці організаційного проєктування на сучасному етапі розвитку комп'ютерних технологій займають моделі математичного або економіко-мате-

матичного моделювання. З їх допомогою сформовано пакети прикладних програм, що віртуалізують існуючий документообіг на фірмі, вони дозволяють оптимізувати й прискорити інформаційні зв'язки між елементами різних систем та підсистем підприємства. За допомогою статистичних моделей визначається і проектується тенденція зміни параметрів діяльності підприємства, а моделі імітаційні дозволяють прогнозувати поведінку системи підприємства при упровадженні організаційних змін.

На жаль, на поточному етапі розвитку організаційної науки практика економіко-математичного моделювання організації діяльності підприємств і їх виробничих систем недостатньо формалізована. Складність проектування організації діяльності підприємства в умовах ринку обумовлена тим, що ступінь досягнення поставленої мети визначається за кількома показниками. Обмеження їхнього числа виправдано лише в тих випадках, коли вони є взаємовиключними. Чим сильніше проєктант прагне до «найвищої» ефективності роботи, визначеної за одним показником, тим серйозніше стають протиріччя у діяльності підприємства, зростає погроза порушення стабільності у ньому. При цьому необхідною умовою є стабільність функціонування підприємства.

У нашому розумінні «стабільність» означає здатність протистояти силам, що прагнуть вивести систему з рівноваги. Найчастіше стабільність застосовується як характеристика складних динамічних систем, підданих впливу великої кількості факторів, у тому числі з випадковими характеристиками, до яких відноситься підприємство. При цьому стабільність як стан динамічної рівноваги складається з надійності на сучасний момент і здатності до розвитку. «Надійність» означає здатність об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи свої основні характеристики у встановлених межах. Здатність до розвитку підприємства прямо залежить від оперативності пристосування організаційних структур, що дозволяє йому адаптуватися до впливу зовнішнього середовища й поліпшити якість роботи. Таким чином, можна зробити висновок, що фундаментальна мета підприємства — стабільність — у значній мірі залежить від надійності й адаптивності його організаційної складової.

Результати наших досліджень показують, що зовнішні зміни бувають двох видів: безперервні й переривчасті. Безперервні зміни середовища відбуваються повільно й цілком передбачувані. При зовнішніх змінах такого роду в підприємства є час для адаптації й реалізації нових можливостей. В умовах ринку зміни найчастіше носять переривчастий характер, настають раптово й

супроводжуються непередбаченими ефектами. Такі зміни важко прогнозуються й адаптація до них представляє певну складність для підприємств.

Для розв'язання даної проблеми слід застосовувати моделі на основі проектних рішень з адаптації організаційних взаємовідносин й підпорядкованості на підприємствах. Вони ґрунтуються на тому, що неодмінною умовою ефективного функціонування підприємства є забезпечення виконання *принципів необхідної розмаїтості й швидкодії* його організаційних підсистем (організації виробництва, організації управління, організації праці, організації соціальних відносин). Суть принципу необхідної розмаїтості полягає у тому, що ефективне функціонування підприємства можливо тоді й тільки тоді, коли рівень розмаїтості функцій і завдань управління не менше рівня розмаїтості цілей і завдань виробничої й комерційної діяльності підприємства.

Відповідно до вищенаведеного процес адаптації соціально-економічної системи (промислового підприємства) можна представити у вигляді безперервного узгодження розмаїтості її цілей r за алгоритмом:

$$r_a \Rightarrow r_b \Rightarrow r_c \Rightarrow r_d \Rightarrow r_e \dots \dots \Rightarrow r_n, \quad (1)$$

де a, b, c, d, e, n — цільові вектори.

Згідно цього, процес проектування організації діяльності підприємства являє собою перманентну циклічну процедуру. Виконання цієї процедури починається з оцінки фактичного рівня ефективності виробництва й відповідності його потенціалу вимогам зовнішнього середовища (багатокритеріальний аналіз). Залежно від «характеристик» проблем підприємства, встановлюваних у ході виявлення «вузьких» місць виробництва й управління, приймаються й реалізуються відповідні рішення із зміни складу й стану елементів підсистем підприємства. З метою рішення задачі формалізації функції ефективності організаційних проектів підприємства було проведено типологізацію моделей для моделювання організаційних систем промислового підприємства. На її основі визначений у якості пріоритетного — метод організаційного моделювання. Метод, у цілому, являє собою розробку формалізованих математичних, графічних, машинних і інших відображень розподілу повноважень і відповідальності в організації, що є базою для побудови, аналізу й оцінки різних варіантів організаційних проектів із взаємозв'язку їх змінних.

У процесі нашого дослідження встановлено, що архітектоніка підприємства являє собою складний об'єкт моделювання і вима-

гає, насамперед, комплексного підходу, вона має певну складність створення інтегрованої моделі підприємства, що одночасно охоплювала б всі показники його діяльності. Оскільки задача формалізації функції ефективності організації на підприємстві надзвичайно складна, то моделі оптимізації, побудовані з її використанням, не одержали поширення на практиці через значну розбіжність між результатами оптимізації й очікуваннями осіб, що приймають рішення.

Метою математичного моделювання організаційних проектних рішень для конкретного підприємства є розроблення методів, на основі яких представляється можливим оцінити ефективність функціонування організаційних підсистем. Завданням такого моделювання є знаходження ймовірностей різних станів організаційних підсистем, а також встановлення залежності між заданими параметрами й характеристиками ефективності функціонування. У якості заданих параметрів слід обирати: число каналів обслуговування n ; середнє число завдань, що надходять на підприємство і його структурні підрозділи за середній час обслуговування (інтегральний показник впливу зовнішнього середовища на підприємство):

$$\alpha = \frac{\lambda}{\mu} = \lambda \bar{t}_{\text{обс}}, \quad (2)$$

де λ — інтенсивність надходження об'єктів обслуговування в систему, об'єкти/одиниця часу; $\bar{t}_{\text{обс}}$ — середній час обслуговування одного об'єкта одними засобами (нормативний час, обумовлений технологією виробництва виробу); μ — інтенсивність обслуговування.

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{\text{обс}}}, \quad (3)$$

У якості характеристики ефективності функціонування структури слід розглядати:

а) абсолютну пропускну здатність системи (середнє число завдань, виконуваних у системі за одиницю часу):

$$A = \lambda (1 - P_{m+n}), \quad (4)$$

де P_{m+n} — імовірність відмови у виконанні завдання;

б) середній час виконання завдання — середній час перебування завдання в системі (у черзі або під обслуговуванням):

$$t_{cum} = \frac{\bar{z}}{\lambda}, \quad (5)$$

де \bar{z} — середнє число завдань у системі (що обслуговуються або очікують у черзі); k — середнє число зайнятих каналів обслуговування; \bar{r} — середнє число завдань у черзі; m — число місць у черзі.

$$\bar{z} = \bar{k} + \bar{r}, \quad (6)$$

$$\bar{k} = \rho(1 - \rho_{n+m}), \quad (7)$$

$$\bar{r} = \frac{\rho^{n+1}}{n!} P_0 \frac{1 - (m+1)\chi^m + m\chi^{m+1}}{(1-\chi)^2}, \quad (8)$$

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu}, \quad (9)$$

$$\chi = \frac{\rho}{n} < 1. \quad (10)$$

Виходячи із встановлених параметрів імовірної організаційної моделі її можна побудувати у вигляді багатоканальної самостійної системи масового обслуговування із багатоканальним і одноканальним виходом.

У процесі порівняння, за інших рівних умов, середнього часу виконання завдання в системі при організації роботи з одноканальним виходом і в умовах організації роботи із багатоканальним виходом, слід виявити найменше значення, що і є визначальним при виборі найбільш ефективної альтернативи організації в підсистемах промислового підприємства. Аналогічні порівняльні аналізи необхідно провести для кожного з підрозділів підприємства. Отримані результати дають кількісну оцінку ефективності розглянутих альтернатив і визначають загальну картину доцільності застосування тої або іншої комбінації організаційних удосконалень у кожному конкретному підрозділі.

Транспонуючи вищенаведену математичну модель, за параметром n (приймавши за нього чисельність персоналу, що необхідна

для виконання завдань) можна побудувати модель для прогнозування чисельності працюючих на підприємстві, що визначається факторами внутрішнього впливу. Ці вихідні дані обумовлюються конкретною оперативною обстановкою. Дана модель найбільш важлива при організаційному проектуванні підприємства, тому що саме персонал здійснює, у значній частині випадків, організаційні й інформаційні зв'язки на даному суб'єкті господарювання.

Висновки з проведеного дослідження. Як проекту, на основі транспонованої математичної моделі, можна розрахувати нормативну чисельність персоналу підприємства. В основу такого розрахунку можна покласти підхід щодо визначення чисельності персоналу на основі формули Розенкранца [4]. Уточнені розрахунки чисельності необхідно проводити за категоріями персоналу: робітників, спеціалістів, службовців, обслуговуючого персоналу й т.д. Загальну чисельність виробничого персоналу рекомендується розраховувати на основі повної трудомісткості, що включає технологічну трудомісткість, трудомісткість обслуговування й трудомісткість управління.

Література

1. *Александров П.С.* Введение в теорию групп / П.С. Александров. — М.: Наука, 1980. — 144 с.
2. *Варфоломеев В.И.* Алгоритмическое моделирование элементов экономических систем: Практикум: Учеб. пособие / В.И. Варфоломеев. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 264 с.
3. *Веников В.А.* Теория подобия и моделирования / В.А.Веников. — М.: Высшая школа, 1976. — 479 с.
4. *Вітлінський В.В.* Моделювання економіки: Навч. посібник / В.В. Вітлінський. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.
5. *Льюис Ф.* Теоретические основы проектирования компиляторов / Ф.Льюис, Д.Розенкранц, Р.Стирнз. [Пер. с англ.] — М.: Мир, 1979. — 654 с.
6. Основы теории подобия и моделирования. Терминология. — М.: Наука, 1973. — 21 с.
7. *Седов Л. И.* Методы подобия и размерности в механике. — 10-е изд., доп. / Л.И. Седов. — М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. — 432 с.
8. *Философский словарь* / Под. ред. И.Т.Фролова. — 5-е изд. — М.: Политиздат, 1987. — 590 с.

Стаття надійшла до редакції 13.09.2010.