

ОПТИМІЗАЦІЯ ІННОВАЦІЙНО-ІНВЕСТИЦІЙНОЇ ПРОГРАМИ ПІДПРИЄМСТВА

У статті вирішено завдання щодо вибору критеріїв багатоцільової оптимізації інвестиційної програми в системі синхронізації виробничої, інвестиційної та фінансової діяльності підприємства. Розроблено оптимізаційну економіко-математичну модель, яка погоджує інвестиційну та виробничу діяльність в рамках єдиної задачі.

The article solves the problem of selecting criteria for multi-purpose optimization of the investment program in the synchronization system of production, investment and financial activity. The optimization economical-mathematical model that coordinates investment and production activities within a single task is developed.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Економічне зростання в Україні неможливе без інновацій, впровадження нових інвестиційних проектів, спрямованих на ефективність розвитку виробництва. Для реалізації цього завдання необхідно поліпшення політики оптимізації інноваційно-інвестиційних процесів, які відбуваються на підприємстві, та розробка комплексних стратегій розвитку підприємств.

Інвестиційна діяльність є одним із найбільш істотних аспектів функціонування будь-якого виробничого підприємства. Необхідність оновлення наявної на підприємстві матеріально-технічної бази, завдання нарощування обсягів виробництва, ринкові вимоги освоєння нових видів діяльності належать до основних причин, які визначають потребу підприємства в регулярних та своєчасних інвестиціях. Інвестиційні заходи істотно впливають на виробничу програму підприємства та хід її виконання, а також на фінансування підприємства. Причому, зазвичай, виникає необхідність паралельного здійснення кількох альтернативних інноваційно-інвестиційних проектів. Під інвестиційною програмою варто розуміти сукупність одночасно виконуваних інноваційно-інвестиційних проектів, об'єднаних спільними факторами виробництва.

Однак, найчастіше на підприємствах в силу обмеженості ресурсів (у першу чергу, фінансових) виникає необхідність вибору переліку інвестиційних проектів у наявних альтернатив з метою формування найкращої інвестиційної програми, ґрунтуючись на певних критеріях. Це створює проблему вибору найбільш ефективних альтернатив синхронного забезпечення як виробничої, так і інвестиційної діяльності. Таким чином, виникає задача формування оптимального управлінського рішення у рамках синхронізації виробничої та інвестиційної діяльності підприємства, опираючись на фінансові можливості самого підприємства і кон'юнктуру ринку позикових коштів.

Аналіз досліджень і публікацій останніх років. Для адекватного відображення виробничих, інвестиційних та фінансових заходів у науковій літературі розроблено багато економіко-математичних моделей. З теоретичної точки зору питання побудови моделей підприємства розглядалось у працях багатьох вітчизняних та іноземних економістів.

Питання побудови моделей підприємства розглядають ізольоване та комплексне моделювання. В ізольованому моделюванні можна виділити, принаймні, три чітко відокремлених напрями: моделі процесів виробництва продукції та динаміки виробничих фондів, методи та моделі аналізу інвестиційних проектів і моделювання фінансової діяльності підприємства [1, с.36].

Дослідження показали, що проблеми об'єднання розглянутих процесів у єдину комплексну модель пов'язані з труднощами спільного використання принципово різнорідних

за своєю природою показників, які описують виробничу та інвестиційну діяльність підприємства [2, с.1408–1413]. Таке ж положення спостерігається і щодо використання фактора часу. Відірваність опису процесів, які аналізуються, один від одного, призводить до можливих помилок і неточних результатів при прийнятті управлінських рішень, як щодо вибору найбільш ефективної інвестиційної або виробничої програми підприємства, так і щодо вибору програми синхронного планування всієї господарської діяльності.

Коли є вибір, виникає проблема оптимізації. Під оптимізацією варто розуміти пошук оптимальних траєкторій змінних за заданим критерієм для поліпшення ефективності системи. Для знаходження оптимальних керуючих рішень в науковій літературі розроблено різні оптимізаційні підходи, які передбачають постановку оптимізаційної задачі та методи пошуку оптимальних рішень.

Критерії оптимізації можна розділити на дві групи залежно від того, враховується чи ні часовий параметр: статистичні, засновані на облікових оцінках та динамічні, засновані на дисконтованих оцінках. Ці критерії широко відомі і детально описані в економіко-математичній літературі [3, с.254]. Однак вони орієнтують на вирішення конкретних завдань і найчастіше можуть давати суперечливі результати. Невизначений часовий горизонт інвестиційних програм, комплексний зміст інвестиційної програми, багатоаспектність виробничих та фінансових питань, паралельно з якими слід розглядати реалізацію інвестиційної програми, припускають розробку системи критеріїв, які, у свою чергу, вимагають багатоцільового підходу.

Виділення невіршених раніше частин загальної проблеми. Однак у сфері спільного моделювання зазначених процесів існує велика кількість невіршених проблем. Вони пов'язані з проблемами об'єднання в єдину економіко-математичну модель принципово різних як за математичною природою, так і за відношенням до фактору часу виробничих, інвестиційних та фінансових процесів. Відомі сьогодні в науковій літературі комплексні моделі підприємства мають значний ступінь агрегування і спрощення, що дозволяє переважно розглядати їх лише як концептуальні. Тому у статті ставиться завдання вибору критеріїв багатоцільової оптимізації інвестиційної та виробничої програми, що може бути розв'язана в системі синхронізації господарської діяльності підприємства.

Постановка завдання. Метою статті є необхідність вирішення взаємопов'язаних завдань при плануванні інвестицій в інноваційну модернізацію виробництва, а саме:

1. Створення переліку інноваційно-інвестиційних проектів, застосування яких сприятиме підвищенню ефективності роботи підприємства. У загальному випадку інноваційно-інвестиційна програма в кожен момент часу може включати будь-які види інвестиційних проектів. Проте у рамках моделі, що розробляється, пропонується аналізувати тільки ті проекти, які спрямовані на розширення виробництва на незмінній технологічній основі, впровадження нових технологій виробництва раніше освоєної продукції та освоєння нових видів продукції.
2. Оцінка кожного інвестиційного проекту, який входить до інноваційно-інвестиційної програми, з точки зору ефективності застосування для конкретного підприємства. Поставлені у такий спосіб завдання передбачають використання економіко-математичних методів як базового напрямку для прийняття рішень в області інвестиційної політики виробничого підприємства. Основним напрямком у даному випадку є вибір динамічних показників економічної ефективності інвестицій, тобто віддачі від капітальних вкладень, які передбачені за проектом. Зазвичай, з кожним інвестиційним проектом прийнято пов'язувати грошовий потік, елементи якого є притоки або відтоки грошових коштів у кожний момент часу.
3. Оптимізація структури інвестиційної програми, яка передбачає вибір оптимальної множини інноваційних проектів, які входять до інноваційно-інвестиційної програми. Передбачається, що такі проекти сукупно дадуть можливість забезпечити максимальне підвищення ефективності підприємства в рамках обмеженого обсягу факторів виробництва (ресурсів та фондів). При цьому під оптимізацією структури інвестиційної

програми варто розуміти визначення переліку інвестиційних об'єктів, які входять до інноваційно-інвестиційної програми; вибір моментів початку запуску кожного ІІ і масштабів реалізації ІІ.

4. Вибір критеріїв оптимальності господарської діяльності підприємства з урахуванням синхронної реалізації як виробничої, так і інноваційно-інвестиційної програми в умовах обмеженої кількості основних виробничих фондів та ресурсів, в тому числі, і фінансових. У якості таких критеріїв, у першу чергу, варто виділити мінімізацію витрат на інноваційно-інвестиційну програму; максимізацію узагальнених показників вигідності як інвестиційних проектів, які входять до інноваційно-інвестиційної програми, так і показників прибутковості підприємства в цілому.

Виклад основного матеріалу дослідження. Задачу формування найкращої інноваційно-інвестиційної програми можна сформулювати наступним чином: розробити оптимізаційну економіко-математичну модель, яка погоджує інвестиційну та виробничу діяльність у рамках єдиної задачі і дає можливість знаходити оптимальну множину інноваційних та інвестиційних проектів, які сукупно можуть забезпечити максимальне підвищення ефективності виробничої діяльності підприємства в рамках обмеженого обсягу факторів виробництва та інвестицій.

Будь-яка задача з оптимального управління є комплексом керуючих змінних, системою обмежень на керуючі змінні, цільовою функцією (або множиною цілей), що відображає критерій оптимальності (умова, яка накладається на цільову функцію) і визначена на зазначених змінних.

Розглянемо структуру моделі інвестиційної діяльності. Передбачається, що для кожного ІІ виду s відомі:

- тривалість здійснення кожної n -ої стадії ІІ виду s ;
- витрати ресурсів виду i в кожен момент часу для реалізації кожної n -ої стадії ІІ виду s ;
- приріст ОВФ певного виду ΔF_t^{s+} (для стадій запуску у виробництво і виведення проекту на повну потужність) в кожен момент часу як результат виконання інвестиційного проекту та/або випуск нової або традиційної для підприємства продукції.

Динаміка приросту ОВФ задається самим проектом і вважається відомою априорі. Для пунктів (б) і (в) може бути достатньо знання або питомих (на одиницю продукції або вводяться ОВФ) витрат, або функцій витрат.

У моделі приймається припущення про безперервність реалізації кожного проекту з моменту початку його здійснення. Тому рішення про початок реалізації проекту та вибір масштабу його здійснення задають однозначну прив'язку до часової осі всіх стадій проекту, його витрат і результатів, а також платежів, які генеруються проектом.

Для визначення часової структури кожного ІІ у модель вводяться такі керуючі змінні:

- v^s – булеві змінні, що відображають факт включення ІІ виду s в інвестиційну програму;
- M^s – максимальний масштаб ІІ (максимально можливі обсяги введення в дію ОВФ);
- δ^s – змінні фактичного масштабу реалізації проекту;
- τ_t^s – булеві змінні, які визначають моменти початку реалізації проектів виду s , (вектор-

рядок для кожного ІІ), причому $\sum_{t=1}^T \tau_t^s = 1$.

Загальні витрати представимо у вигляді суми постійних і змінних витрат:

$$R_t^s = R_{0t}^s + R_{pt}^s, \quad t = \overline{1, T}, \quad (1)$$

де R_t^s – загальні витрати в короткому періоді на приріст ОВФ певного виду (ΔF_t^s) та/або випуск продукції s -го проекту в розрахунку на один момент часу;

R_{0t}^s – постійні витрати s -го проекту в розрахунку на один момент часу;

R_{pt}^s – змінні витрати на приріст ОВФ певного виду (ΔF_t^s) проекту виду s .

Можна вважати, що в кожен момент часу всього періоду здійснення стадій науково-дослідні роботи; дослідно-конструкторські роботи; технічна підготовка виробництва; будівельно-монтажні та пусканалагоджувальні роботи ($n = \overline{1,4}$; $t = \overline{1,T}$), витрати належать до постійних. Відповідно, параметри «функції витрат» на цих стадіях постійні. Будемо враховувати також, що і на стадіях запуску виробництва продукції та виведення нового виробництва (або виробництва нової продукції) на проектні потужності також є постійні витрати:

$$R_{0it}^s = \frac{r_{0in}^s}{\Delta t_n^s} \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad \forall n = \overline{1,6}, \quad (2)$$

де R_{0it}^s – постійні витрати ресурсів i -го виду на n -ної стадії ІІІ виду s ;

r_{0in}^s – норми постійних витрат ресурсів i -го виду на n -ної стадії ІІІ виду s ;

v^s – булеві змінні факту включення проекту виду s в інвестиційну програму;

τ^s – булеві змінні початку реалізації проектів виду s , що входять до інвестиційної програми;

t_{nt}^s – булеві змінні, які визначають реалізацію відповідної стадії n проекту s в момент часу t .

При цьому:

$$\Delta t_n^s = \sum_{t=1}^T t_{nt}^s, \quad n = \overline{1,6}, \quad (3)$$

де Δt_n^s – тривалість n -ої стадії проекту виду s .

Побудуємо функцію витрат для стадій, на яких виникають змінні витрати на приріст ОВФ ($n = \overline{5,6}$; $t = \overline{1,T}$), тобто для стадій запуску виробництва продукції і виведення на проектну потужність.

Така функція витрат є залежністю між результатами ІІІ (динамікою приросту ОВФ певного виду (ΔF_t^s) та/або обсягом виробленої продукції, які є відомими апіорі) і мінімально необхідними для її виробництва змінними витратами, задіяними в реалізації даного проекту в кожен момент часу, причому урахування часової структури кожного ІІІ здійснимо за допомогою відповідних керуючих змінних:

$$R_{pt}^s = \psi_n^s(\Delta F_t^s, t_{nt}^s) \cdot v^s \cdot \tau^s \quad (4)$$

де R_{pt}^s – змінні витрати на реалізацію ІІІ в момент часу t ;

ψ_n^s – вектор-функція змінних витрат усіх факторів виробництва при реалізації n -ї стадії s -го проекту в розрахунку на один момент часу, тобто модель окремої стадії певного проекту;

ΔF_t^s – приріст ОВФ певного виду, відповідного проекту виду s .

Стосовно розроблюваної моделі, в якій для простоти передбачається, що приріст ОВФ певного виду в кожен момент часу здійснюється лінійно, пропорційно тривалості стадій запуску відповідного інвестиційного проекту у виробництво і виведення його на проектну потужність (коли ($n = \overline{5,6}$; $t = \overline{1,T}$))

$$\Delta F_t^s = \frac{M^s \cdot \delta^s}{\Delta t_n^s}, \quad \forall s \in S, \quad n = \overline{5,6}; \quad t = \overline{1,T} \quad (5)$$

де M^s – максимальний можливий масштаб реалізації проекту s ;
 δ^s – керуючі змінні, що визначають фактичний масштаб реалізації проекту;
 Δt_n^s – тривалість n -ої стадії проекту виду s .
 Тоді:

$$R_{zit}^s = \frac{r_{in}^s \cdot M^s \cdot \delta^s}{\Delta t_n^s} \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad \forall n = \overline{5,6}, \quad t = \overline{1,T}, \quad (6)$$

де R_{zit}^s – змінні витрати ресурсу i -го виду проекту виду s в момент часу t ;
 r_{in}^s – норми змінних витрат ресурсу i -го виду проекту виду s в момент часу t ;
 v^s – булеві змінні факту включення проекту виду s в інвестиційну програму;
 τ^s – булеві змінні моменту початку реалізації проектів виду s .

Підставляючи (2) і (6) в (1) і узагальнюючи функцію виробничих витрат, що описує сукупні витрати в кожен момент часу на кожному із етапів інвестиційного проекту, отримуємо у вартісному вираженні сукупні витрати на реалізацію ІІІ в кожен момент часу:

$$R_t^{sc} = \left(\frac{\sum_{i \in I} r_{0in}^s \cdot c_i^s}{\Delta t_n^s} + \frac{M^s \cdot \delta^s \cdot \sum_{i \in I} r_{in}^s \cdot c_i^s}{\Delta t_n^s} \right) \cdot v^s \cdot \tau^s, \quad \forall n = \overline{1,6} \quad (7)$$

де R_t^{sc} – сукупні витрати проекту виду s в момент часу t ;
 c_i^s – ціни на ресурси i -го виду проекту виду s .

Використовуючи цю конструкцію для кожного проекту в кожен момент часу можна розрахувати витрати всіх видів ресурсів, які необхідні для здійснення відповідної стадії інвестиційного проекту фонди, а також додаткові обсяги випуску продукції та введені в дію нові ОВФ.

Задача управління інвестиційною діяльністю підприємства зводиться до формування інвестиційної програми підприємства та її основних параметрів. У моделі – це вибір (з числа альтернативних) інвестиційних проектів (ІІІ), які підлягають реалізації, масштабів реалізації кожного ІІІ, який включається в програму і термінів початку його реалізації.

В модель введені обмеження на управляючі змінні:

1. Управляючі змінні $\{v^s\}$, які визначають факт включення інвестиційного проекту s в інвестиційну програму:

$$v_s = \begin{cases} 1, & \text{якщо } s \in S \\ 0, & s \notin S \end{cases}, \quad (7)$$

де S – ІІІ щодо розширеного відтворення виробничої інфраструктури підприємства;
 s – вид інвестиційного проекту;

v^s – булеві змінні факту включення проекту виду s в інвестиційну програму.

2. Змінні, які визначають момент початку реалізації кожного проекту, що включений до програми. Ці змінні є булевими і приймають значення, що дорівнює 1 в момент початку реалізації даного проекту. Значення цих змінних повинні задовольняти умовам виду:

$$\sum_{t=1}^T \tau_t^s = 1, \quad \forall s, \quad (8)$$

де T – тривалість досліджуваного періоду часу;

τ_t^s – момент початку реалізації кожного проекту.

Це означає, що ІІІ виду s буде запущений тільки один раз в момент часу $t = \overline{1,T}$.

3. Керуючі змінні виду $\{M^s\}$, які введені в модель, дозволяють приймати рішення про масштаби реалізації проекту виду s . При цьому максимально можливий масштаб Π відповідає максимально можливому приросту випуску того чи іншого виду продукції, який може забезпечити реалізація відповідного Π у повному обсязі. Масштаб Π заздалегідь відомий і є параметром даного проекту. Можна також побачити, що зазначені змінні визначають і конкретну величину (і динаміку) поповнення ОВФ відповідних видів, передбачених проектами (розширення, модернізація та/або нове будівництво).

Зазначені змінні масштабу Π повинні відповідати таким умовам:

$$0 \leq M_s \leq 1 \quad \forall s, s \in S. \quad (9)$$

Оскільки реалізація кожної стадії будь-якого Π , що включається до інвестиційної програми, пов'язана з використанням відповідних ОВФ і виробничих ресурсів, значення керуючих змінних даної підсистеми повинні задовольняти обмеженням на спільне використання всіх факторів виробництва усіма підсистемами підприємства.

У задачах знаходження оптимального управління процесами, які відбуваються на підприємстві, однією з ключових є проблема вибору критерію оптимальності (критерію якості), який виражається в цільових показниках. В комплексних моделях оптимізації, в силу існування системи впорядкованих цілей, краще багатокритеріальний підхід до вирішення оптимізаційних задач. Він дозволяє прагнути до отримання рішення, які підтримують досягнення певної сукупності найбільш важливих для економіки підприємства цілей. Зазвичай, ці цілі суперечливі і оптимізація по кожному із критеріїв оптимальності призводить до різних значень векторів варійованих параметрів. Тому в економіко-математичній літературі виділяється клас задач багатокритеріальної оптимізації [4, с.9–14]). Задачу багатокритеріальної оптимізації в загальному вигляді запишемо таким чином:

$$\max_{x \in D_x} F(x) = F(x^*), \quad (10)$$

де D_x – множина допустимих значень вектора варійованих параметрів (x) ;

$F(x) = (\varphi_1(x), \varphi_2(x), \dots, \varphi_s(x))$ – векторний критерій оптимальності, що є сукупністю окремих критеріїв оптимальності $(\varphi_k(x), k \in [1, s])$.

Результати реалізації кожного інноваційного проекту формують загальний результат від впровадження обраної інвестиційної програми, який вимірюється як приростом прибутку, так і зниженням витрат.

У якості критеріїв оптимальності в багатокритеріальному підході до оптимізації розроблюваної комплексної динамічної оптимізаційної моделі синхронізації виробничої, інноваційно-інвестиційної та фінансової діяльності підприємства пропонується використовувати інтегральні за часом величини прибутку. З урахуванням викладеного та того, що метою функціонування підприємства є максимізація економічного результату за аналізований період, найбільш доцільно для вибору оптимального комплексного управління використання наступних критеріїв оптимізації:

– максимін чистого прибутку:

$$F_1 = \max_j \min_t Pr_{jt}, \quad (11)$$

де j – номер експерименту;

Pr_{jt} – чистий прибуток в момент часу t , відповідний кожному j -му експерименту.

Цей критерій є обережним. Він передбачає максимум негативного розвитку стану зовнішнього та внутрішнього середовища і враховує найменш сприятливий розвиток для кожної альтернативи.

– максимальне значення (серед множини проведених експериментів $(\forall j, j = \overline{1, J})$) середнього

(за весь період планування ($\forall t, t = \overline{1, T}$)) чистого прибутку:

$$F_2 = \max_j \sum_{t=1}^T \frac{Pr_{jt}}{T} . \quad (12)$$

Цей критерій є узагальнюючим, який характеризує поведінку прибутку на всьому відрізьку планування і відображає результат діяльності підприємства в цілому (з усіх аспектів діяльності підприємства – виробничому, інвестиційному і фінансовому). Сукупно з першим критерієм він дозволяє вибрати оптимальне управління при синхронізації роботи підприємства у всіх його основних сферах діяльності (виробничої, відтворювальної) та їх спільне фінансування.

Як відомо, рішення задачі багатокритеріальної оптимізації в загальному випадку не є оптимальним ані для одного з окремих критеріїв, а виявляється деяким компромісом для вектора в цілому [5, с.354–370]. Для вирішення задачі багатокритеріального вибору пропонується використовувати принцип оптимальності за Парето.

Для пошуку серед усіх можливих поєднань (множин) інноваційних проектів оптимальної програми, яка забезпечить максимальне збільшення прибутку, скорочення витрат або термінів окупності інвестицій запропоновано використовувати методи статистичних випробувань. Застосування методу Монте-Карло до завдань оптимізації на моделях імітаційного типу розглянуто автором у статті [6, с.15–18].

Висновки і перспективи подальших розробок. Таким чином, завдання управління в рамках проблеми синхронізації господарської, інвестиційно-інноваційної та фінансової діяльності підприємства має багатокритеріальний оптимізаційний характер. Оптимізація інвестиційної програми для інноваційних проектів дозволяє здійснювати вибір множини інноваційних проектів та їх структуру, які зможуть забезпечувати максимальну економічну ефективність інвестицій, тобто максимальний приріст прибутку, мінімальний термін окупності зроблених інвестицій або скорочення витрат.

Список використаної літератури

1. Кузин Б. И. Методы и модели управления фирмой / Б. И. Кузин, В. Н. Юрьев, Г. М. Шахдинаров. – СПб.: Питер, 2001. – 432 с.
2. Івченко І. Ю. Аналітичний огляд існуючих методів і моделей виробничої діяльності підприємства / І. Ю. Івченко, А. А. Чугунов, Т. І. Дворянченко // Економіка: проблеми теорії і практики: сб. науч. трудов. – Днепропетровск: ДНУ, 2010. – Вып. 265 – С. 1408–1413.
3. Шелобаев С. И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе: учеб. пособ. для вузов / С. И. Шелобаев. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 367 с.
4. Подиновский В. В. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач / В. В. Подиновский, В. Д. Ногин. – М.: Наука, 1982. – 255 с.
5. Таха Хэмди А. Введение в исследование операций / А. Таха Хэмди. – М.: Мир, 2001. – 912 с.
6. Івченко І. Ю. Применение метода Монте-Карло к задачам оптимизации на моделях имитационного типа / А. Б. Алёхин, И. Ю. Івченко // Вісник Хмельницького університету (Економічні науки). – Хмельницький: ХНУ, 2009. – № 3. – Т. 1. – С. 14–19.

Стаття надійшла до редакції 31.01.2014.