

**В. Б. ЗАХОЖАЙ**

**О. О. КАЗАК**

*Міжрегіональна Академія управління персоналом, м. Київ*

## **МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ІНВЕСТИЦІЙНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ НА БАЗІ ВИРОБНИЧИХ ФУНКЦІЙ**

Наукові праці МАУП, 2016, вип. 48(1), с. 143–153

*Запропоновано систему моделей управління інвестиційною діяльністю в двох напрямках: для проведення модельних експериментів на умовних прикладах, що описують поведінку ідеалізованих об'єктів, і для моделювання управління інвестиційною діяльністю з метою проведення багатоваріантних досліджень можливих напрямів економічного розвитку і ухвалення відповідних управлінських рішень.*

Моделювання управління інвестиційною діяльністю сьогодні є одним із найважливіших і найрозвиненіших напрямів сучасної економічної науки. У її розпорядженні є численні моделі, які описують різні типи можливих або маловірогідних траєкторій економічного розвитку будь-якого суб'єкта господарювання. Нині побудовано величезну кількість моделей управління інвестиційною діяльністю, в кожній з яких пропонуються ті чи інші обмеження на початкові змінні, будуються оригінальні агреговані моделі взаємозв'язку між початковими змінними і результатами, пропонуються різного роду виробничі функції.

Арсенал моделей управління інвестиційною діяльністю використовується в двох напрямках:

1) для проведення модельних експериментів на умовних прикладах, що описують поведінку ідеалізованих об'єктів;

2) для моделювання управління інвестиційною діяльністю з метою проведення багатоваріантних досліджень можливих напрямів економічного розвитку і ухвалення відповідних управлінських рішень.

Варто зазначити, що моделей першого типу побудовано на порядок більше, ніж мо-

делей другого типу, оскільки практична реалізація побудованих моделей призводить до отримання дуже неточних результатів. Це обумовлено тим, що при спробі побудувати моделі управління інвестиційною діяльністю економісти стикаються з численними труднощами, які їм складно здолати, і вони вимушені займатися ідеалізацією моделей, надаючи їм властивості, не властиві описуваній реальній економіці.

Історично першою була побудована модель економічної динаміки Солоу (1956 р.), принципи якої з тими або іншими змінами лежать в основі більшості сучасних моделей економічної динаміки, тому і нами вона буде взята за основу.

Логіка цієї моделі така. Дохід підприємства можна розглядати як результат складного перетворення трудових і капітальних ресурсів у виробничий результат, який може бути розрахований за допомогою виробничої функції. Базовою і дуже поширеною виробничою функцією є виробнича функція Кобба-Дугласа.

З іншого боку, дохід є не лише результатом виробництва, а й об'єктом споживання, складна структура якого в першому наближенні може бути визначена у вигляді суми

двох складових — споживання й інвестиції. Вперше цю сторону економіки розглянув Дж. М. Кейнс у книзі “Загальна теорія зайнятості, відсотку і грошей” [1]. Розглядаючи економічну динаміку, Кейнс, зокрема, запропонував розподіл економічного доходу на споживання і накопичення, яке спрямовується у вигляді інвестицій в розширення виробництва, що сприяє збільшенню економічного доходу.

Якщо позначити дохід поточного року як  $Y_t$ , споживчий попит — як  $C_t$ , інвестиції — як  $I_t$ , то, як бачимо, за Кейнсом, виконання рівності:

$$Y_t = C_t + I_t. \quad (1)$$

Обсяг споживчого попиту складається з двох складових: мінімального обсягу споживання ( $C$ ), який визначається гігієнічними нормами споживання, і додатковою частиною, викликаною зростанням доходів. За пропозицією Кейнса, ця друга частина виражається як частка в доході минулого періоду:  $cY_{t-1}$ .

Тоді споживчий попит поточного року є лінійною функцією від доходу минулого року:

$$C_t = C + cY_{t-1}. \quad (2)$$

Звідки, підставляючи це значення у формулу (1), отримуємо:

$$Y_t = C + cY_{t-1} + I_t \quad (3)$$

де  $c$  — частка споживання в доході підприємства. Якщо припустити, що інвестиції є постійною величиною, то при практичному використанні отримаємо просте рівняння авторегресії першого порядку. Параметром, який впливає на зростання доходу, є схильність до споживання (частка  $c$ ). У цій моделі динаміка інвестицій може задаватися різними способами, наприклад, з урахуванням “схильності до накопичення”. Оскільки це модель авторегресії, то, підставляючи в неї деякі початкові умови і задаючи різні величини схильності до споживання, можна отримати різні траєкторії зміни зростання доходу. Однак очевидно, що дохід своєю чергою визначається розміром і направленістю інвестицій. Тому модель (3) є дуже спрощеною.

Залежність величини випуску будь-якої продукції від чинників виробництва опису-

ється виробничою функцією. У мікроекономіці виробничі функції можуть використовуватися при вивченні залежності доходу підприємства від величини наявних основних фондів (капіталу) і праці, яка визначається кількістю зайнятих працівників [2, 118].

Однією з характеристик виробництва є так звана віддача факторів, які використовуються на підприємстві. Вона характеризує наскільки ефективно збільшується виробництво товарів або послуг при введенні в систему деяких додаткових ресурсів. Коли кількість виробленого продукту збільшується пропорційно збільшенню кількості ресурсів кожного виду, що витрачаються на його випуск, говорять про постійну віддачу. Якщо збільшення кількості ресурсів сприяє зростанню продуктивності (наприклад, завдяки новим можливостям оптимізації виробництва, які з’являються), віддача називається такою, що зростає. Якщо зростання випуску відбувається повільніше, ніж при постійній віддачі (наприклад, за рахунок збільшення витрат із-за недосконалості технологій і устаткування, неефективності використання ресурсів), говорять про убуваючу віддачу.

Традиційно в економічній теорії використовувався здебільшого постулат про наявність постійної, або спадаючої віддачі. Це підтверджувалося емпіричними відомостями і було умовою економічної рівноваги [3, 34].

В економічних дослідженнях часто використовуються виробничі функції, які мають такий вигляд:

$$Y = AK^\alpha L^\beta, \quad (4)$$

де  $Y$  — випуск продукції,  $K$  — капітал (або основні фонди),  $L$  — праця (яка може характеризуватися кількістю працівників),  $\alpha$  — константа (коефіцієнт еластичності виробництва по капіталу  $K$ ),  $\beta$  — коефіцієнт еластичності виробництва по праці  $L$ ,  $A$  — коефіцієнт, що є у простому випадку константою, яку часто зв’язують з рівнем технологій, хоча насправді він може залежати і від інших чинників, що не належать безпосередньо до праці, або капіталу [4, 180]. Крім того, рівень технологій можна в деяких випадках вважати постійним, а в інших — зростаючим, виділивши

в явній формі відповідний часовий тренд у виробничій функції.

Відмітимо, що в загальному випадку коефіцієнт  $A$  можна було б вважати деякою функцією від часу. Але при довільно залежному від часу  $A$  ми не можемо на основі наявних даних розрахувати певні значення коефіцієнтів. Тому в наших розрахунках ми скрізь вважаємо  $A$  постійними, виносячи часовий тренд конкретного виду як окремий множник. Однак треба розуміти, що зміна гіпотези про вид залежності  $A$  від часу може змінити підсумкові висновки з відповідних розрахунків про характер віддачі від чинників виробництва.

Також можна розглядати випадки, коли від часу залежать і інші коефіцієнти. Так, у статті Є. Ю. Назруллаєвої згадується модель, в якій еластичність капіталу — змінюється в часі пропорційно об'єму здійснених підприємством інвестицій. Ми подібні моделі тут не розглядаємо і вважаємо всі коефіцієнти постійними. Проте зміна величини і знаку коефіцієнтів еластичності в часі може відіграти істотну роль в розвитку підприємств і усунути деякі труднощі в інтерпретації, що виникають при припущенні про незмінний характер віддачі [5, 40–42].

Далі проведемо порівняння різних варіантів апроксимації з використанням загальнішого виду виробничої функції, а саме варіанти функцій виду:

$$Y = AK^\alpha L^\beta P^\gamma e^{\xi t}, \quad (5)$$

де  $P$  — значення ціни на енергоносії за відповідні роки,  $\gamma$  — коефіцієнт, що характеризує статичну залежність доходів машинобудівних підприємств від світових цін на енергоносії,  $\xi$  — коефіцієнт, що характеризує експоненціальний часовий тренд.

А. В. Копотева зазначає, що експоненціальний множник типу  $e^{\xi t}$  характеризує ефект від впровадження інноваційних процесів на підприємстві [6]. З іншого боку, введення цього множника зменшує ефект помилкової регресії, пов'язаної з наявністю у змінних загального детермінованого тренду. Існують також методи обліку можливості інших проявів помилкової регресії, пов'язаних з поняттям коінтеграції тимчасових рядів [7]. Проте

використовувані нами тимчасові ряди даних дуже короткі, і ми не впевнені в надійності застосування цих методів до використовуваних даних.

Змінні  $Y$ ,  $K$ ,  $L$ ,  $P$  беруться з емпіричних даних, а коефіцієнти  $A$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\xi$  мають бути визначені (зрозуміло, облік останніх двох множників (5) при апроксимації емпіричних даних призводитиме до зміни розрахункових  $A$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ ).

Досліджуючи різні варіанти моделей, ми вважаємо, що  $\gamma = 0$ , тобто відсутність впливу цін енергоносіїв на дохід машинобудівних підприємств, або він обчислюється за допомогою формул регресії.

Коефіцієнт  $\xi$  ми також вважаємо рівним 0, тобто відсутність тимчасового тренду, або він обчислюється за допомогою формул регресії. Змінна  $t$  означає час.

Крім того, нас цікавить справедливість співвідношення  $\beta = 1 - \alpha$ . Річ у тім, що у функції Кобба-Дугласа величина  $\alpha + \beta$  характеризує віддачу від масштабу таким чином:

1)  $\alpha + \beta > 1$  — якщо чинники збільшуються в  $n$  разів, то випуск продукції збільшується більш ніж як в  $n$  разів. Зростання виробництва випереджає зростання сукупних витрат врахованих чинників виробництва. Цей тип відтворення означає зростання ефективності сукупних витрат суспільної праці, наявність інтенсивних джерел економічного зростання;

2)  $\alpha + \beta = 1$  — зростання виробництва відбувається зі зростанням сукупного обсягу авансованих ресурсів. Це суто екстенсивний економічний розвиток підприємства;

3)  $\alpha + \beta < 1$  — випуск продукції зростає повільніше, ніж чинники виробництва. Знижується сумарна ефективність виробничих ресурсів, де інтенсифікується економічне зростання, що зрештою призводить до порушень нормальних умов функціонування підприємства [8, 204].

Віддача зростає, якщо при збільшенні кількості використовуваних ресурсів на 1 підсумковий показник, в цьому випадку дохід підприємства, збільшується більш ніж на 1.

Перетворенням  $y = Y/L$ ,  $k = K/L$  за умови  $\beta = 1 - \alpha$ , тобто при постійній віддачі можна зменшити число змінних у системі на одну:

$$y = Ak^\alpha P^{\nu} e^{\xi t}. \quad (6)$$

Її відповідність із досить високою точністю до емпіричних даних (за прийнятими в економетриці критеріями [9]) дозволила б обійтися без необхідності використання складніших гіпотез, таких як нестационарність коефіцієнта  $A$ , або непостійна віддача від масштабу (тобто невиконання співвідношення  $\beta = 1 - \alpha$ ).

Об'єднавши модель Кейнса і функцію Кобба-Дугласа, можна отримати замкнуту модель, задаючи параметри, якій легко отримати різні траєкторії економічного зростання підприємства [10, 58].

Дохід у моделі Солоу визначається за допомогою функції Кобба-Дугласа:

$$Y_t = \alpha K_t^\alpha L_t^{1-\alpha}. \quad (7)$$

У дискретному часі ( $t$ ) розподіл доходу ( $Y_t$ ) впливає на валові інвестиції ( $I_t$ ) і споживання ( $C_t$ ):

$$Y_t = I_t + C_t. \quad (8)$$

Передбачається, що та частина доходу, яка йде на інвестиції, задається у вигляді норми накопичення ( $p$ ):

$$I_t = pY_t. \quad (9)$$

Інвестиції, очевидно, сприяють приросту основних виробничих фондів (ОВФ) майбутнього року  $K_{t+1}$  і виражаються через застарілі фонди ( $K_t$ ) з урахуванням долі вирахованих за рік основних виробничих фондів ( $\mu$ ):

$$K_{t+1} = (1 - \mu) K_t + I_t. \quad (10)$$

Число зайнятих на підприємстві ( $L_{t+1}$ ) визначається через число зайнятих у поточному році ( $L_t$ ) з урахуванням річного темпу приросту числа зайнятих ( $\nu$ ):

$$L_{t+1} = (1 + \nu) L_t. \quad (11)$$

За економічним змістом всі змінні мають позитивне значення.

Отримавши значення ОВФ і чисельність зайнятих наступного року, знову можна розрахувати дохід, інвестиції тощо. Задаючи різні значення констант, отримують ті чи інші траєкторії розвитку. Іноді вчиняють і навпаки — за наявними даними розраховують значення констант і роблять висновки про те,

який характер має та чи інша економічна динаміка. Або набувши достовірних значень коефіцієнтів моделі, застосовують її для різних економічних завдань, наприклад, багатоваріантного підвищення інвестиційної привабливості підприємства.

Рівняння (7–8) і складають математичне вираження моделі Солоу. Очевидно, що ця модель може використовуватися для опису реальної інвестиційної діяльності підприємства тільки у тому випадку, коли кожне з її рівнянь описує справді існуючу залежність між змінними. Однак якщо, наприклад, зростання чисельності зайнятих не подати у вигляді авторегресії першого порядку, то модель буде погано описувати реальний економічний об'єкт.

Основні зусилля вчених, спрямовані на використання подібної моделі в наукових дослідженнях, пов'язані здебільшого з уточненням характеру взаємозв'язків (6–11). Дослідження виду виробничої функції і її впливу на результат моделювання управління інвестиційною діяльністю підприємства практично припинилися повсюдним визнанням того, що в цій якості повинні виступати “неокласична функція” або її незначні модифікації. Розглянемо властивості цієї “неокласичної функції” детальніше, оскільки вони передбачають поведінку моделі управління інвестиційною діяльністю підприємства загалом і моделі Солоу зокрема.

Виробнича функція  $Q = F(K, L)$  називається неокласичною, якщо вона задовольняється таким умовам [11]:

1) за відсутності одного з ресурсів виробництво неможливе:

$$F(0, L) = F(K, 0) = 0; \quad (12)$$

2) зі зростанням ресурсів випуск зростає, що означає позитивність перших похідних:

$$\frac{dQ}{dK} > 0, \frac{dQ}{dL} > 0; \quad (13)$$

3) зі збільшенням ресурсів швидкість зростання випуску сповільнюється, що означає від'ємність другої похідної:

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} < 0, \frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} < 0; \quad (14)$$

4) при необмеженому збільшенні одного з ресурсів випуск необмежено зростає, тобто:

$$F(K, \infty) = F(\infty, L) = \infty. \quad (15)$$

Усім зазначеним умовам відповідає ступенева виробнича функція з позитивними показниками ступеня:

$$Q_t = AK_t^\alpha L_t^\beta, \quad (16)$$

де  $A$  — коефіцієнт “нейтрального технічного прогресу”, який завжди має позитивне значення;  $\alpha, \beta$  — показники ступеня, граничні зміни якого легко визначаються.

Справді, вирахуємо перші похідні функції (16) по кожному ресурсу:

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = \frac{\partial (AK^\alpha L^\beta)}{\partial K} = A\alpha K^{\alpha-1} L^\beta, \quad (17)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \frac{\partial (AK^\alpha L^\beta)}{\partial L} = A\beta K^\alpha L^{\beta-1}. \quad (18)$$

Відзначимо, що ці перші похідні, відповідно до вимог, до “неокласичних похідних функцій” будуть позитивними тільки за умов, коли:

$$\alpha > 0, \beta < 0. \quad (19)$$

Широке розповсюдження в моделюванні економічної динаміки виробничих функцій (неокласичного типу) пояснюється простим економічним трактуванням коефіцієнтів цієї функції. Так, часткові похідні випуску за факторами в теорії виробничих функцій називаються граничними продуктами, або граничним (маржинальним) ефектом ресурсів і є приростом випуску на одну одиницю приросту ресурсу [12, 112].

З формули (17) випливає:

$$\frac{\partial Q}{\partial K} = \alpha \frac{AK^\alpha L^\beta}{K} = \alpha \frac{Q}{K}, \quad (20)$$

тобто в неокласичній виробничій функції граничний продукт фондів або гранична фондодідача (гранична ефективність фондів) пропорційна середній фондодідачі ( $Q/K$ ) з коефіцієнтом пропорційності  $\alpha$ .

З формули (18) випливає аналогічний висновок стосовно трудових ресурсів:

$$\frac{\partial Q}{\partial L} = \beta \frac{AK^\alpha L^\beta}{L} = \beta \frac{Q}{L}, \quad (21)$$

значить, у моделі (19) граничний продукт праці або гранична продуктивність (гранична ефективність) праці пропорційна середній продуктивності праці ( $Q/L$ ) з коефіцієнтом пропорційності  $\beta$ .

До речі, з формули (20) легко отримати коефіцієнт еластичності виробництва по капітальному ресурсу:

$$\epsilon_K = \frac{\partial Q}{\partial K} \frac{K}{Q} = \alpha, \quad (22)$$

а з виразу (21) просто вичислити розрахункову формулу коефіцієнта еластичності виробництва по праці:

$$\epsilon_L = \frac{\partial Q}{\partial L} \frac{L}{Q} = \beta. \quad (23)$$

Оскільки показники ступеня для “неокласичної функції” позитивні, то і коефіцієнти еластичності виробництва по кожному з ресурсів, які моделюються цією функцією, також будуть позитивними.

Тепер вирахуємо інші похідні статичної виробничої функції (18):

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial K^2} = A\alpha(\alpha-1)K^{\alpha-2}L^\beta, \quad (24)$$

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial L^2} = A\beta(\beta-1)K^\alpha L^{\beta-2}. \quad (25)$$

Модель виробничої функції має право носити ім'я “неокласичної”, якщо її другі похідні від'ємні (14). Оскільки показники ступеня  $\alpha$  і  $\beta$  позитивні, то і від'ємність кожної з других похідних (24) і (25) досягається тільки у тому випадку, коли ці показники менше одиниці.

Тепер зрозуміло, що статична виробнича функція (16) вважатиметься “неокласичною”, якщо для її показників ступеня виконуються умови:

$$0 < \alpha < 1; 0 < \beta < 1. \quad (26)$$

Отже, модель виробничої функції належатиме до “неокласичного типу” тільки у тому разі, коли показники ступеня знаходяться в межах від нуля до одиниці, інакше модель перестане бути “неокласичною” і не розглядатиметься вченими при моделюванні економічної динаміки як та, що не має право на існування.

Виробнича функція Кобба-Дугласа, показники ступеня якої рівні:

$$0 < \alpha < 1; 0 < 1 - \alpha < 1, \quad (27)$$

що відповідає усім вказаним вимогам “неокласичної виробничої функції” і є одним з її різновидів.

З формул (22) і (23) зрозуміло, що приріст одного з чинників на один відсоток призводить до приросту результату відповідно на  $\epsilon_K\%$  і  $\epsilon_L\%$ , а з формули (26) випливає, що цей приріст виробничого результату ніколи не буде більше одного відсотка. Однак на практиці досить часто буває зовсім інакше, наприклад, зростання капітального ресурсу на один відсоток призводить до зростання виробництва на два відсотки. Тому стає зрозуміло, що “неокласична виробнича функція” не є універсальною, а придатна тільки для одного з безлічі варіантів виробництва. З’ясуємо, якому типу виробництва відповідає клас цих функцій, дамо економічну інтерпретацію тим виробничим процесам, які моделюються як “неокласична виробнича функція”.

Для цього згадаємо з економічної теорії таке поняття, як “віддача ресурсу”. Там доводиться наступний закон її зміни. Зі зростанням ресурсу ресурсовіддача, яка залучається, спочатку зростає, потім — залишається постійною величиною, а далі — зменшується. Усе це формується як закон зміни ресурсовіддачі.

Визначимо, яким випадкам виробництва відповідає той чи інший тип ресурсовіддачі [13]:

1. Ресурсовіддача зростає, коли виробництво ще не доведене до рівня номінальних значень. Обладнання задіяне не повністю, тому збільшення ресурсу на один відсоток призводить до виробництва обсягу продукту більш ніж на один відсоток. При цьому виробництво ще неефективне, але собівартість на проміжку ресурсовіддачі, що збільшується, зменшується із збільшенням обсягу ресурсів, які залучаються, і, відповідно, із збільшенням обсягу виробництва.

2. Ресурсовіддача постійна. Цю ділянку залежності виробництва від кількості ресурсу, який залучається, характеризує найефективніше використання цього ресурсу.

Невелике збільшення або зменшення використаного ресурсу призводить до прямо пропорційного збільшення або зменшення обсягу виробництва. Це ділянка максимальної ресурсовіддачі. При цьому собівартість виробництва мінімальна, оскільки виробничі потужності, що використовують цей ресурс, завантажені повністю.

3. Ресурсовіддача зменшується. Кожен ресурс, який знову залучається, зменшує міру його віддачі, обсяг виробництва зростає меншою мірою, ніж обсяги ресурсів, які залучаються. Собівартість збільшується. Це ділянка роботи з перевантаженням виробничих потужностей, коли ефективність роботи виробництва нижча, ніж при постійній ресурсовіддачі, а собівартість зростає зі зростанням обсягу ресурсів, які залучаються.

Перекладемо тепер закон зміни ресурсовіддачі математичною мовою. Ресурсовіддача  $r$  характеризує кількість виробленої продукції  $Q$  при використанні деякого обсягу ресурсу  $R$  і є їх відношення:

$$r = \frac{Q}{R}. \quad (28)$$

Зростаюча або спадаюча ресурсовіддача є динамічним показником, коли розрахункова величина (28) порівнюється з такою самою, але при більшому обсязі ресурсу, який залучається. Тому позначимо позитивний приріст ресурсів через  $\Delta R$ , а приріст обсягів виробництва — через  $\Delta Q$ . Тоді обсяг виробленої продукції при кількості ресурсів, яка збільшується,  $R + \Delta R$  відповідатиме величині  $Q + \Delta Q$ . Ресурсовіддача при цій величині ресурсів легко визначається:

$$r_{\Delta} = \frac{Q + \Delta Q}{R + \Delta R}. \quad (29)$$

Якщо тепер від ресурсовіддачі (29) відняти ресурсовіддачу (28), отримаємо формулу зміни ресурсовіддачі  $\Delta r$ , по знаку якої можна судити про те, чи зростає ресурсовіддача, залишається постійною або зменшується:

$$\Delta r = r_{\Delta} - r = \frac{Q + \Delta Q}{R + \Delta R} - \frac{Q}{R} = \frac{\Delta QR - \Delta RQ}{(R + \Delta R) \cdot R}. \quad (30)$$

Тоді при тій, зростаючій ресурсовіддачі  $\Delta r > 0$ ; при тій, що убуває,  $\Delta r < 0$ ; при постійній ресурсовіддачі  $\Delta r = 0$ .

Оскільки знаменник позитивний, напрям зміни ресурсовіддачі визначається знаком чисельника. Ресурсовіддача зростає, коли чисельник позитивний; ресурсовіддача постійна, коли чисельник дорівнює нулю, ресурсовіддача зменшується, коли чисельник негативний. Розглянемо кожен із цих випадків:

1) ресурсовіддача зростає —  $\Delta r > 0$ . Тоді чисельник (30) позитивний:

$$\Delta QR - \Delta RQ > 0. \quad (31)$$

Звідси з усією очевидністю випливає, що:

$$\Delta QR \Delta RQ \rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta R} \frac{R}{Q} = \varepsilon_R > 1. \quad (32)$$

Це означає, що для ділянки, коли виробництво ще не доведене до номінального рівня і ресурсовіддача зростає, коефіцієнт еластичності виробництва по ресурсу більше одиниці;

2) ресурсовіддача залишається постійною —  $\Delta r > 0$ . Тоді чисельник (30) дорівнює нулю:

$$\Delta QR - \Delta RQ = 0. \quad (33)$$

Звідси випливає, що:

$$\Delta QR \Delta RQ \rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta R} \frac{R}{Q} = \varepsilon_R = 1. \quad (34)$$

Тоді для ділянки, коли виробництво доведено до номінального рівня і є ефективним, коефіцієнт еластичності виробництва по ресурсу дорівнює 1;

3) ресурсовіддача зменшується ( $\Delta r > 0$ ). Тоді чисельник (30) менше ніж нуль:

$$\Delta QR - \Delta RQ < 0. \quad (35)$$

Для цього випадку маємо:

$$\Delta QR \Delta RQ \rightarrow \frac{\Delta Q}{\Delta R} \frac{R}{Q} = \varepsilon_R < 1. \quad (36)$$

Отже, якщо спостерігається надвиробництво, а саме для нього характерна спадаюча ресурсовіддача, виробництво є неефективним, а коефіцієнт еластичності виробництва по ресурсу менше одиниці.

Тепер знаючи, яка ділянка ресурсовіддачі і, відповідно, рівень ефективності виробництва відображає коефіцієнти еластичності

по ресурсу, можна по цих коефіцієнтах здійснювати діагностику економічного процесу. Це допоможе нам дати більш розширену інтерпретацію властивостей “неокласичної виробничої функції”. Оскільки для цієї функції, як це було показано вище, коефіцієнт еластичності по капіталу  $\varepsilon_K$  дорівнює показнику ступеня  $\alpha$  при цьому ресурсі (31), а коефіцієнт еластичності по праці  $\varepsilon_L$  дорівнює показнику ступеня  $\beta$ , до якого зводиться величина трудового ресурсу (31), а самі ці коефіцієнти позитивні, але менше одиниці (25), тобто  $0 < \varepsilon_K < 1$ ;  $0 < \varepsilon_L < 1$ , то це відповідає умові (36), тобто останній третій ділянці закону ресурсовіддачі, коли проявляється “закон спадаючої ресурсовіддачі”.

Таким чином, “неокласична виробнича функція” описує винятково ділянку спадаючої віддачі [14]. Ця ділянка, як тільки що було показано, характеризує таке виробництво, при якому виробничі потужності працюють з перевантаженням, ресурси, які залучаються, використовуються неефективно, а собівартість із залученням ресурсів збільшується.

Тому коли дослідник заявляє, що він априорі при моделюванні економічної динаміки використовуватиме “неокласичну виробничу функцію”, то це означає, що він свідомо оголошує про те, що виробничий процес, який розглядається ним, є неефективним, устаткування працює на зношення, обсяги виробництва перевищують номінальні, а собівартість виробництва вища свого оптимального значення.

Усе це дає змогу стверджувати, що, побудувавши на реальних даних модель виробничої статичної функції (не накладаючи априорі обмеження на значення коефіцієнтів), її можна не лише використовувати в цілях моделювання економічної динаміки, а й по вирахованих значеннях коефіцієнтів судити про те, який рівень ресурсовіддачі властивий цьому виробничому процесу.

Побудуємо моделі управління інвестиційною діяльністю підприємства для машинобудівних підприємств. Характеристику типу розвитку машинобудівних підприємств на основі моделі Кобба-Дугласа упродовж 2012–2014 рр. зображено в таблиці.

Аналізуючи тип розвитку машинобудівних підприємств на основі моделі Кобба-Дугласа ( $Y = K^\alpha * L^\beta$ ), за допомогою розрахунків на основі логарифмування зробимо такі висновки.

На підприємстві ПАТ «Мотор Січ» в 2012–2013 рр. зростання виробництва відбувається зі зростанням сукупного обсягу авансованих ресурсів. Це суто екстенсивний розвиток підприємства, оскільки в ці роки відповідно:

$$14,0\alpha + 13,5\beta = 14,2 \text{ та } 14,4\alpha + 13,8\beta = 14,4.$$

$$\text{Тобто наближено: } \alpha + \beta = 1.$$

Лише в 2014 р. випуск продукції зростає повільніше, ніж чинники виробництва:

$$15,2\alpha + 13,9\beta = 14,5.$$

Наближено:  $1,1\alpha + \beta = 1$ . Звідси:  $\beta = 1 - 1,1\alpha$ .

Отже,  $\alpha + \beta = \alpha + 1 - 1,1\alpha = 1 - 0,1\alpha$ . Враховуючи, що  $0 < \alpha < 1$ , отримуємо:  $0,9 < \alpha + \beta < 1$ , тобто  $\alpha + \beta < 1$ . Знижується сумарна ефективність виробничих ресурсів, де інтенсифікується економічне зростання, що зрештою призводить до порушень нормальних умов функціонування підприємства.

Дещо інша ситуація на підприємстві ПАТ «Турбоатом». За досліджуваній період (2012–2014 рр.) зростання виробництва випереджає зростання сукупних витрат врахованих чинників виробництва.

На основі відповідних розрахунків:

$$12,4\alpha + 11,9\beta = 13,5 \text{ (2012 р.)}$$

$$12,5\alpha + 12,1\beta = 13,9 \text{ (2013 р.)}$$

$$12,7\alpha + 12,3\beta = 13,8 \text{ (2014 р.)}$$

Наближено:  $0,9\alpha + 0,9\beta = 1$ . Звідси:  $\alpha + \beta = 1,1 > 1$  чинники збільшуються в  $n$  разів,

то випуск продукції збільшується більш ніж у  $n$  разів. Цей тип відтворення означає зростання ефективності сукупних витрат суспільної праці, наявність інтенсивних джерел економічного зростання.

Подібна ситуація притаманна і ПАТ «Сумське машинобудівне НВО».

На прикладі різних варіантів моделі статичної виробничої функції показано, що діяльність машинобудівних підприємств можуть бути описані виробничими функціями з високими значеннями коефіцієнтів детермінації. Моделі, в яких априорі не передбачалося постійності віддачі чинників виробництва на мікрорівні, як правило, демонструють зростаючу віддачу по праці (як у моделях без множника у вигляді експоненціального тимчасового тренду, так і в моделях з урахуванням тренду). Ця сама закономірність виявлена для певних окремих підприємств у тому випадку, якщо для їх опису підходить модель статичної виробничої функції.

Однак слід зазначити, що велике розходження в значеннях коефіцієнтів моделі при різних варіантах розрахунків свідчить про можливу мультиколінеарність. Той факт, що певним моделям машинобудівних підприємств і окремим галузям виробництва притаманне низьке значення коефіцієнтів детермінації, а також вірогідність, що регресія десь є помилковою, обмежує сферу застосування цих моделей, особливо на коротких тимчасових рядах емпіричних даних.

Використання запропонованих розробок, зокрема рейтингової оцінки інвестиційної

Таблиця

**Характеристика типу розвитку машинобудівних підприємств на основі моделі Коба-Дугласа  
упродовж 2012–2014 рр.**

Підприємство	ПАТ «Мотор Січ»			ПАТ «Турбоатом»			ПАТ «Сумське машинобудівне НВО»		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
$Y^*$	1514602	1761619	1914166	729310	1097923	957353	2170149	2839751	3289009
$K^{**}$	1197879	1820594	4114260	244957	278333	320345	808042	142802	400378
$L^{***}$	737415	942211	1134075	153742	186146	226631	485100	493505	526518
$\alpha + \beta$	= 1	= 1	< 1	> 1	> 1	> 1	> 1	> 1	> 1

\* –  $Y$  – це вартість реалізованої продукції у грн.

\*\* –  $K$  – виробничі засоби у грн.

\*\*\* –  $L$  – оплата праці у грн.



привабливості машинобудівних підприємств та моделювання економічної динаміки виробничих функцій, дає можливість підвищити якісний рівень управління інвестиційною діяльністю машинобудівних підприємств.

У теорії управління виокремлюють такі функції управління: організація, мотивація, планування, контроль, аналіз, регулювання. Рівень управління інвестиційною діяльністю можна підвищити за рахунок удосконалення цих складових.

Запропоновані методики мають відношення насамперед до функцій, які в управлінні інвестиціями можна визнати основними, а саме планування, регулювання, контроль і аналіз. Тому підвищення якості виконання саме цих функцій управління сприятиме під-

вищенню якості управління інвестиційною діяльністю підприємства.

Автором розроблено модель управління інвестиційною діяльністю машинобудівного підприємства (див. рис.). Вона полягає в тому, що після планування інвестиційної діяльності, використовуючи методику оптимізації інвестиційної програми з використанням рейтингових оцінок інвестиційної привабливості машинобудівних підприємств, комбінуються різні варіанти її реалізації до тих пір, поки не буде отримано оптимальний результат, який влаштовує управлінця та буде мотивацією до її реалізації. Отримання негативного результату, яке не задовольняє керівництво, є мотивацією аналізувати причини негативного результа-

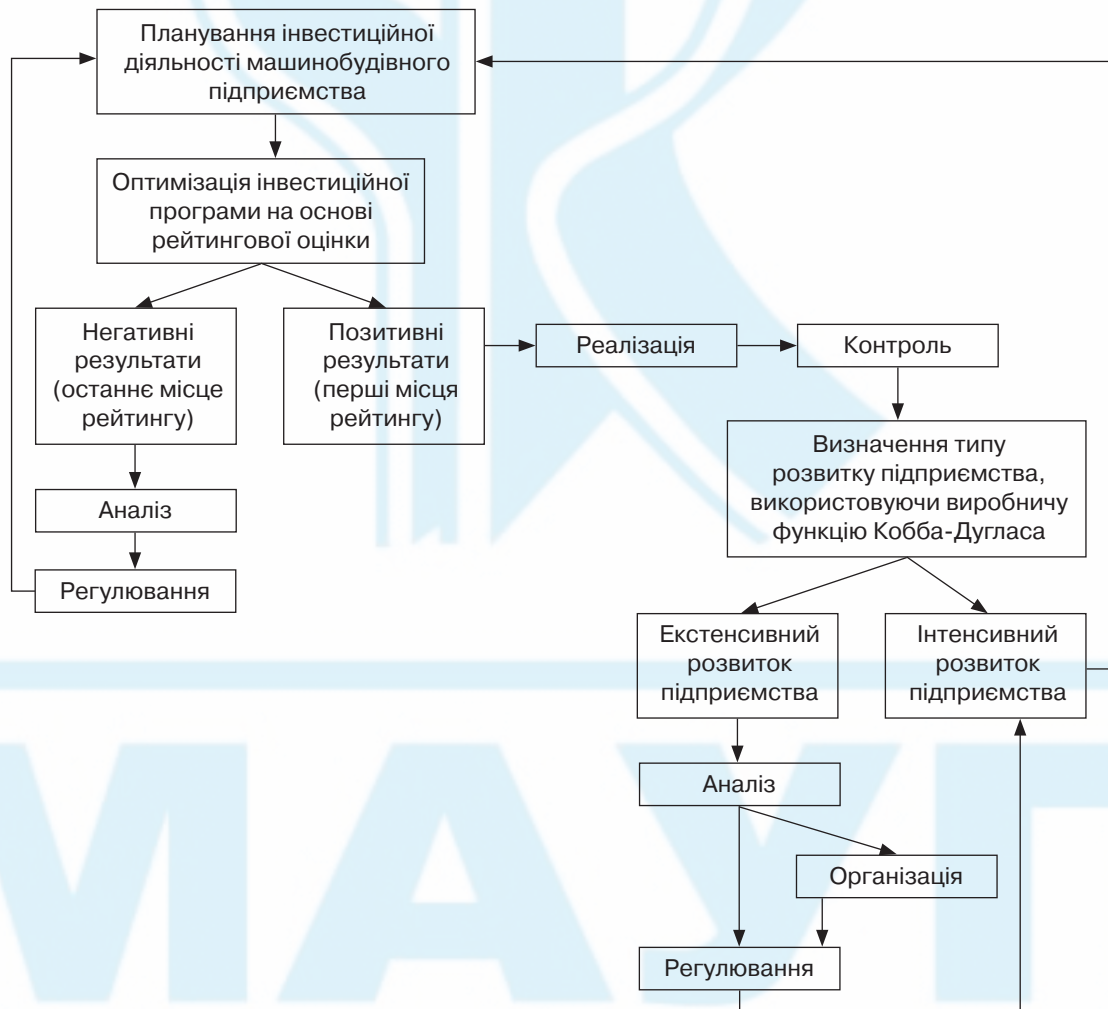


Рис. Модель управління інвестиційною діяльністю машинобудівних підприємств

ту та застосовувати заходи по їх усуненню та коригуванню плану.

При здійсненні контролю визначається тип розвитку підприємства на основі використання функції Кобба-Дугласа. Екстенсивний тип розвитку є мотивацією для аналізу причин і їх усунення (регулювання). За умови якщо в результаті аналізу однією з причин буде виявлена погана організація інвестиційної діяльності, то необхідно буде вжити заходів, спрямованих на її поліпшення (тобто регулювання). Інтенсивний тип розвитку підприємства є мотивацією до коректування подальших планів з урахуванням досягнутого результату.

Розглядаючи функції управління, можна констатувати, що впровадження запропонованих розробок впливає на всі функції управління інвестиційною діяльністю підприємства.

Для машинобудівних підприємств це особливо важливо, тому що практично відсутній контроль над фактичною ефективністю інвестиційних ресурсів, що призводить до неадекватної оцінки всієї діяльності підприємства.

Все це вказує на те, що впровадження запропонованих розробок дає змогу підвищити якість виконуваних функцій в управлінні інвестиційною діяльністю, а отже, підвищити якість управління інвестиційною діяльністю. Це дає можливість рекомендувати запропоновані розробки до впровадження в управлінні інвестиційною діяльністю машинобудівних підприємств.

Розроблена модель уможливує розширення горизонту управління інвестиційною діяльністю і здійснення синхронного планування протягом усього життєвого циклу організації з коригуванням існуючих планів відповідно до сформованої ситуації на ринку і фактичної ефективності інвестицій.

Отже, розкриті наукове завдання пов'язане з визначенням концептуальних засад управління інвестиційною діяльністю машинобудівних підприємств з використанням системи інформаційно-аналітичного забезпечення обґрунтування управлінських рішень. Сформовано модель динаміки виробничих

функцій на основі адаптації моделі Кобба-Дугласа для визначення типу розвитку машинобудівних підприємств, що дає змогу діагностувати інтенсивні та екстенсивні зрушення їх економічного розвитку.



## Література

1. Кейнс Дж. М. Общая теория занятости, процента и денег / Дж. М. Кейнс. — М.: Гелиос АРВ, 2002. — 352 с.
2. Гневашева В. А. Прогнозирование занятости с помощью функции Кобба–Дугласа / В. А. Гневашева // Науч. журн. МосГУ: знание, понимание, умение. — 2005. — № 1. — С. 117–122.
3. Кирдина С. Г. Два механизма самоорганизации экономики: модельная и эмпирическая верификация (научный доклад) / С. Г. Кирдина, С. Ю. Малков. — М.: Ин-т экономики РАН, 2010. — 69 с.
4. Дубовский С. В. Моделирование циклов Кондратьева и прогнозирование кризисов / С. В. Дубовский // Кондратьевские волны: аспекты и перспективы: ежегодник. — М.: Учитель, 2012. — С. 179–189.
5. Назруллаева Е. Ю. Моделирование влияния инвестиционных процессов в российской промышленности на структуру затрат по видам экономической деятельности в 2005–2009 гг. / Е. Ю. Назруллаева // Прикл. эконометрика. — 2010. — № 3. — С. 38–61.
6. Копотева А. В. Применение модели Кобба–Дугласа для построения сценария посткризисного развития экономики / А. В. Копотева, С. А. Черный // Вопр. экон. наук. — 2011. — № 6. — С. 31–35.
7. Engle Robert F. Co-integration and error correction: Representation, estimation and testing / Robert F. Engle, Clive W. J. Granger // Econometrica. — 1987. — Vol. 55. — № 2. — P. 251–276.
8. Статистичне забезпечення управління економікою: прикладна статистика: навч. посіб. / А. В. Головач, В. Б. Захожай, Н. А. Головач. — К.: КНЕУ, 2005. — 333 с.
9. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: в 2 кн. / Н. Дрейпер, Г. Смит. — М.: Финансы и статистика, 1986. — Кн. 1. — 366 с.
10. Светульников С. Г. Методы социально-экономического прогнозирования: учебник для вузов / С. Г. Светульников, И. С. Светульников. — СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2010. — Т. 2. — 105 с.
11. Вітлінський В. В. Моделювання економіки: навч. посіб. / В. В. Вітлінський. — К.: КНЕУ, 2003. — 408 с.
12. Светульников С. Г. Экономическая динамика и производственные функции / С. Г. Светульников, И. С. Абдулаев // Вестн. ОГУ. — 2009. — № 5. — С. 110–114.

13. Светушков С. Г. Методы социально-экономического прогнозирования: учебник для вузов / С. Г. Светушков, И. С. Светушков. — СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2009. — Т. 1. — 147 с.

14. Светушков С. Г. Моделирование инновационной динамики // Инновации, конкуренция и предпринимательство / под ред. С. Г. Светушкова. — СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2008. — С. 18–34.

*Сформовано модель динаміки виробничих функцій на основі адаптації моделі Кобба-Дугласа для визначення типу розвитку машинобудівних підприємств, що дає змогу діагностувати інтенсивні та екстенсивні зрушення економічного розвитку підприємств.*

*The model of the dynamics of production functions is formed based adaptation Cobb-Douglas model to determine the type of machine-building enterprises. The model can diagnose intensive and extensive changes in their economic development.*

*Сформирована модель динамики производственных функций на основе адаптации модели Кобба-Дугласа для определения типа развития машиностроительных предприятий, которая позволяет диагностировать интенсивные и экстенсивные сдвиги экономического развития предприятия.*

Надійшла 1 березня 2016 р.

МАУП