

УДК 657:658.589

ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРИ ВИТРАТ ЗА ЕТАПАМИ ІННОВАЦІЙНОГО ПРОЦЕСУ МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Н.І. Чухрай, д.е.н., професор

І.І. Новаківський, к.е.н., доцент

О.І. Грицай

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

Чухрай Н.І., Новаківський І.І., Грицай О.І. Економіко-математичне моделювання структури витрат за етапами інноваційного процесу машинобудівного підприємства.

Запропоновано модель формування оптимальної структури витрат на інноваційні процеси, яка базується на розподілі та перерозподілі виробничих, трудових та інформаційних ресурсів за етапами інноваційного процесу. Співвідношення між рівнем використання цих ресурсів та результуючою функцією описується модифікованою виробничою функцією Кобба-Дугласа.

Ключові слова: інноваційні процеси, оптимальна структура витрат, ресурси, модифікована функція Кобба-Дугласа, ефективність.

Чухрай Н.И., Новакивский И.И., Грицай О.И. Экономико-математическое моделирование структуры расходов по этапам инновационного процесса машиностроительного предприятия.

Предложена модель регулирования структуры затрат на инновационные процессы, основанная на распределении и перераспределении производственных, трудовых и информационных ресурсов по этапам инновационного процесса. Соотношение между уровнем использования этих ресурсов и результирующей функцией описывается модифицированной производственной функцией Кобба-Дугласа.

Ключевые слова: инновационные процессы, структура затрат, ресурсы, модифицированная функция Кобба-Дугласа, эффективность.

Chukhrai N.I., Novakivsky I.I., Grytsay O.I. Economy-mathematical modeling of the structure of expenditures in stages innovation process engineering company.

In the article the new methodological approach to model of regulation cost structure on innovation processes, based on the distribution and redistribution of production, labor and information resources for the stages of the innovation process has been suggested. The relationship between the level of use of these resources and the resulting function of the modified Cobb-Douglas has been described.

Keywords: cost of innovation processes, the optimal cost structure, resources, modified Cobb-Douglas function, effectiveness.

Управління діяльністю машинобудівних підприємств у період розвитку економіки повинно здійснюватися з урахуванням науково-обґрунтованої оцінки впливу різних економічних факторів на показники ефективності використання ресурсів. Це дозволить побудувати адекватні прогнози змін показників, що визначають ефективність використання ресурсів. Відновлення та розвиток інноваційної діяльності в Україні значною мірою залежить від пошуків процесу мобілізації інвестиційних ресурсів за рахунок як внутрішніх, так і зовнішніх можливостей.

З огляду на особливості сучасного стану інноваційних процесів підприємств машинобудування існує необхідність розроблення моделі формування оптимальної структури витрат, яка базується на розподілі та перерозподілі виробничих, трудових та інформаційних ресурсів за етапами інноваційного процесу.

Мета статті – запропонувати новий методичний підхід до формування оптимальної структури витрат на інноваційні процеси, який реалізується шляхом побудови математичної моделі перерозподілу виробничих, трудових та інформаційних ресурсів за етапами інноваційного процесу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій та невіршених раніше частин проблеми

Проблематикою застосування виробничої функції для моделювання економічних процесів займалися такі дослідники, як Баркалов Н.Б. [1], Вітлінський В.В. [2], Интриллигатор М. [3], Клейнер Г.Б. [4], Лотов А.В. [5], Плакунов М.К. [6], Терехов Л.Л. [7], Шелобаев С.І. [8] та багато інших.

Незважаючи на значний внесок в розвиток теорії оптимізації ресурсів підприємства, подальшого дослідження потребують галузеві особливості формування оптимальної структури витрат машинобудівного підприємства, її економіко-математичне моделювання, розробка інструментарію по забезпеченню її оптимальності.

Основні результати дослідження

Перманентна криза, зростання складності та нестабільності зовнішнього середовища, потреби

структурної перебудови суттєво впливають на діяльність машинобудівних підприємств, об'єктивно спричиняють необхідність кардинальних змін методів та стилів управління, переходу до нової концепції управління інноваційною діяльністю. Першочергове завдання управління витратами на інноваційні процеси полягає в підтриманні високого ступеня здатності машинобудівних підприємств до інноваційної діяльності, тобто наявності і збалансованості структури необхідних ресурсів, а також забезпечення високого рівня розвитку потенціалу для здійснення інноваційної діяльності.

Ефективне управління витратами на інноваційні процеси не може базуватися виключно на емпіричному підході чи набутому досвіді вищого керівництва. В основі механізму управління доцільно поставити певну економіко-математичну модель, яка би відображала сутнісні взаємозв'язки використовуваних ресурсів та кінцевих результатів інноваційної діяльності.

Наявні на підприємстві ресурси, які спрямовуються на інноваційні процеси – s_i . Іноді обсяги запланованих робіт перевищують наявні ресурси або ж терміни виконання таких робіт потрібно радикально прискорити. Тому в цих випадках слід інтенсифікувати використання наявних ресурсів або ж нарощувати їх обсяги. Очевидно, що у такому випадку витрати z_i . В загальному, сумарні витрати на інноваційні процеси становлять (1):

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (s_i + z_i), \quad (1)$$

де S_{Σ} – сукупні витрати на інноваційні процеси в рамках окремого проекту, n – кількість етапів інноваційного процесу.

Вважаємо, що реалізація інноваційного процесу полягає в послідовному виконанні взаємопов'язаних шести основних етапів:

- 1) науково-дослідні роботи;
- 2) проектно-конструкторські роботи;
- 3) виготовлення дослідного взірця;
- 4) лабораторне, стендове, польове та ринкове тестування інноваційної продукції;
- 5) виробництво інноваційної продукції;
- 6) просування продукції на ринок.

У класичній мікроекономіці технологічний зв'язок між випуском продукції, що виражається в певних одиницях, та виробничими витратами характеризується виробничою функцією, яка зіставляє з кожним вектором витрат кількість випуску продукції. За допомогою цінних індексів кількості факторів виробництва останні перетворюються у сумірні та агрегуються в потрібні для моделі групи. У класичній моделі виробничими ресурсами вважають такі агреговані фактори, як: виробничий капітал, що є втіленням нагромадженної праці у формі основних виробничих фондів; сучасна (жива) праця; матеріали, що є предметами праці й належать до оборотних фондів підприємства [9].

Оскільки діяльність сучасного машинобудівного підприємства виявляється неможливою без використання тією чи іншою мірою інформаційних технологій, на нашу думку, до моделі окремою координатою вектора витрат має бути включено інформацію як ресурс.

Очевидно, що для дослідження зручно розділити витрати спрямовані на використання виробничих, трудових та інформаційних ресурсів:

$$s_i = s_i^L + s_i^K + s_i^G, \quad (2)$$

$$s_i^L, s_i^K, s_i^G \geq 0, \quad i = \overline{1, n}$$

$$z_i = z_i^L + z_i^K + z_i^G, \quad (3)$$

$$z_i^L, z_i^K, z_i^G \geq 0, \quad i = \overline{1, n}$$

де s_i^L, s_i^K, s_i^G – відповідні витрати на залучення трудових, виробничих і інформаційно-інноваційних ресурсів на i -ому етапі, наявних на підприємстві; z_i^L, z_i^K, z_i^G – відповідні витрати на залучення ззовні трудових, виробничих і інформаційно-інноваційних ресурсів на i -ому етапі, спрямованих на інтенсифікацію виконання проекту.

Таким чином, кожен етап характеризується запланованим обсягом робіт, на виконання якого необхідні певні кошти спрямовані на залучення для цих цілей виробничих, трудових та інформаційних ресурсів.

Відділимо задіяні наявні ресурси та ресурси, залучені ззовні чи отримані за рахунок наднормованого використання наявних ресурсів:

$$K_i = K_i^{\text{факт}} + K_i^{\text{інт}}, \quad (4)$$

$$L_i = L_i^{\text{факт}} + L_i^{\text{інт}}, \quad (5)$$

$$G_i = G_i^{\text{факт}} + G_i^{\text{інт}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (6)$$

де K_i, L_i, G_i – відповідно загальні виробничі, трудові та інформаційні ресурси підприємства, $K_i^{\text{факт}}, L_i^{\text{факт}}, G_i^{\text{факт}}$ – відповідно внутрішньо-організаційні виробничі, трудові та інформаційні ресурси підприємства, $K_i^{\text{інт}}, L_i^{\text{інт}}, G_i^{\text{інт}}$ – відповідно задіяні ззовні виробничі, трудові та інформаційні ресурси підприємства.

Необхідність залучення тих чи інших ресурсів визначається величиною передбачених витрат. Вартість ресурсів та елементів на кожному з етапів уточнюється залежно від специфіки кожного підприємства.

Обсяги залучення ресурсів величина обернено пропорційна вартості цих ресурсів. Зрозуміло, що використаних ресурсів за абсолютною величиною не може бути більшою за наявні ресурси. Для виробничих ресурсів в рамках наявних ресурсів ці твердження можна записати у такому вигляді:

$$K_i^{\text{факт}} = \frac{S_i^L}{k_i^{\text{факт}}}, \quad P_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (7)$$

$$K_i^{\text{факт}} \leq K_i^{\text{наявн}}, \quad i = \overline{1, n}.$$

де $K_i^{\text{наявн}}$, $L_i^{\text{наявн}}$, $G_i^{\text{наявн}}$ – відповідно внутрішньоорганізаційні виробничі, трудові та інформаційні ресурси підприємства, $k_i^{\text{факт}}$, $k_i^{\text{інт}}$ – відповідна ціна залучення внутрішньоорганізаційних і зовнішніх щодо підприємства одиниць виробничих ресурсів.

Для інтенсифікації робіт відбувається залучення додаткових ресурсів, для яких справедлива така рівність:

$$K_i^{\text{інт}} = \frac{z_i^L}{k_i^{\text{інт}}}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (8)$$

Очевидно, що величина залучених ресурсів визначається виключно передбаченими витратами. Аналогічно, можна представити відповідні формули для трудових та інформаційних ресурсів.

Сучасна економічна наука широко використовує моделювання господарських процесів, засноване на побудові виробничої функції. Починаючи з 20-х років минулого століття, концепція підвищення ефективності виробництва в результаті заміщення одного ключового фактора виробництва на інший витримала ряд модифікацій і вдосконалення як інструментарію аналізу, так і якісного складу факторів.

Співвідношення між рівнем використання цих ресурсів та результуючою функцією описується модифікованою виробничою функцією Кобба-Дугласа:

$$Q_i^{\text{план}} = K_i^{\alpha_i} \times L_i^{\beta_i} \times G_i^{\gamma_i}, \quad \alpha_i + \beta_i + \gamma_i = 1, \quad (9)$$

$$i = \overline{1, n}.$$

де $\alpha, \beta, \gamma \geq 0$ – статистично підібрані параметри для окремого підприємства. В загальному випадку для обчислення потужності проведення робіт на кожному етапі інноваційного процесу потрібно врахувати обсяги залучених виробничих, трудових та інформаційних ресурсів. Чим ближчий певний коефіцієнт до 0 тим менший вплив він здійснює на результат. В рамках подальшого моделювання вважатимемо, що припущення про лінійну однорідність виконується. Підкреслимо, що зміна цього припущення не вплине на форму чи спосіб розв'язування сформованої задачі лінійного програмування.

В рамках кожного етапу інноваційного процесу завідомо задаються обсяги необхідних робіт. Тоді сукупні обсяги робіт на реалізацію інноваційного процесу становлять:

де P_{Σ} – сукупні обсяги робіт на інноваційну діяльність в рамках окремого проекту; P_i – обсяги робіт на інноваційну діяльність на i -ому етапі в рамках окремого проекту.

Вважаємо, що завантаженість буде рівномірною протягом планованого часу виконання етапу даного проекту. Обсяги робіт у i -ому періоді пропорційні обсягам потужності виконання робіт і часу виконання:

$$P_i^{\text{план}} = Q_i^{\text{план}} \times t_i^{\text{план}}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Очевидно, що час реалізації є одним із важливих параметрів здійснення інноваційного проекту. Адже зрозуміло, що в динамічному ринковому середовищі конкурентоздатність сильно залежить від швидкості реалізації процесу. Прискорення виконання будь-якого етапу вимагає збільшення потужності виконання робіт. Так як загальний обсяг робіт є константою, тоді справедлива рівність:

$$Q_i^{\text{план}} \times t_i^{\text{план}} = Q_i^{\text{інт}} \times t_i^{\text{інт}}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (12)$$

Можна побачити лінійну обернено-пропорційну залежність між задіяними обсягами ресурсів та часом виконання завдань при заданих обсягах робіт на кожному кроці інноваційного процесу. Таким чином з цього припущення випливає наступна рівність:

$$t_i^{\text{інт}} = t_i^{\text{план}} \times \frac{Q_i^{\text{план}} (K_i^{\text{факт}}, L_i^{\text{факт}}, G_i^{\text{факт}})}{Q_i^{\text{інт}} (K_i^{\text{факт}} + K_i^{\text{інт}}, L_i^{\text{факт}} + L_i^{\text{інт}}, G_i^{\text{факт}} + G_i^{\text{інт}})} \quad (13)$$

Обмеження на тривалість реалізації інноваційного проекту можна представити у вигляді вимоги:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_i^{\text{план}}, \quad (14)$$

де T_{Σ} – сукупні витрати часу на інноваційну діяльність в рамках окремого проекту.

Використовуючи представлений інструментарій моделювання інноваційного процесу можна сформулювати два основні підходи до оптимізаційних задач математичного програмування:

1) виконання заданого інноваційного проекту в рамках обмеженого часу за умови мінімізації витрат;

2) виконання інноваційного проекту в рамках обмеженого бюджету в найкоротші терміни.

Постановку задачі математичного програмування для мінімізації витрат в рамках обмеженого часу можна представити у такій формі (15)-(17):

$$S_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (s_i + z_i) \rightarrow \min, \quad (15)$$

Обмеження на час виконання проекту представимо у вигляді (16):

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n t_i^{\text{факт}} \leq T_0, \quad (16)$$

Взаємозалежність між часом виконання етапу інноваційного процесу та витратами на цей етап можна представити у вигляді:

$$\left(\frac{s_i^K}{k_i^{\text{факт}}} + \frac{z_i^K}{k_i^{\text{інт}}} \right)^{\alpha_i} \times \left(\frac{s_i^L}{l_i^{\text{факт}}} + \frac{z_i^L}{l_i^{\text{інт}}} \right)^{\beta_i} \times \left(\frac{s_i^G}{g_i^{\text{факт}}} + \frac{z_i^G}{g_i^{\text{інт}}} \right) \times t_i^{\text{факт}} = P_i^{\text{план}}, \quad (17)$$

$$i = \overline{1, n}$$

Обмеженість обсягів залучення внутрішніх ресурсів на підприємстві:

$$s_i^K \leq k_i^{\text{факт}} \times K_i^{\text{наявн}}, \quad (18)$$

$$s_i^L \leq l_i^{\text{факт}} \times L_i^{\text{наявн}}, \quad (19)$$

$$s_i^G \leq g_i^{\text{факт}} \times G_i^{\text{наявн}}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (20)$$

Крім цього, має місце природне обмеження на невід'ємність параметрів витрат та часу:

$$s_i^L, s_i^K, s_i^G, z_i^L, z_i^K, z_i^G \geq 0 \quad (21)$$

$$t_i^{\text{факт}} \geq 0 \quad (22)$$

Виходячи з даних поставленої моделі можемо говорити про розроблення нового комплексного підходу до управління витратами на інноваційні процеси. Його суть полягає у виділенні етапів інноваційного процесу у системі координат ресурсного забезпечення, що дозволило побудувати динамічну модель реалізації інноваційних процесів на машинобудівному підприємстві, де чинники ефективності та адаптивності в часі виступають у якості цільових функцій. Такий підхід можна застосовувати з акцентом розв'язання поточних завдань на обсяги витрат чи часові горизонти.

Висновки

Результатом нашого дослідження є методичний підхід до регулювання структури витрат на інноваційні процеси, що спирається на визначення ступеня заміни якісних і кількісних виробничих, трудових та інформаційних ресурсів, які забезпечують розвиток. Використання розробленої методики управління витратами на інноваційні процеси на основі регулювання структури витрат за етапами, дозволить побудувати адекватні прогнози діяльності підприємства, що визначають ефективність використання ресурсів. Практична реалізація розроблених для мікроекономічного рівня рекомендацій на машинобудівних підприємствах України сприятиме виконанню інноваційних проектів в рамках обмеженого часу за умови мінімізації витрат, вчасному виходу інноваційної продукції на ринок і тим самим підвищенню рівня конкурентоспроможності підприємства та забезпеченню стійкої роботи в довгостроковому періоді. Перспективою подальших досліджень є апробація запропонованої моделі на конкретних машинобудівних підприємствах.

Список літератури:

1. Баркалов Н.Б. Производственные функции в моделях экономического роста [Текст] : монография / Н.Б. Баркалов. – М. : Изд-во МГУ, 1981. – 128 с.
2. Вітлінський В.В. Моделювання економіки [Текст] : навчальний посібник / Вітлінський В.В. – 2-е вид., без змін. – К. : КНЕУ, 2007. – 408 с.
3. Интриллигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория [Текст] : пер. с англ. Жуковой Г.И., Кельмана Ф.Я. / М. Интриллигатор. – М. : Айрис-пресс, 2002. – 576 с.
4. Клейнер Г.Б. Производственные функции: Теория, методы, применение [Текст] / Г.Б. Клейнер. – М. : Финансы и статистика, 1986. – 239 с.
5. Лотов А.В. Введение в экономико-математическое моделирование [Текст] : [учеб. пособие для инж.-экон. спец. вузов] / А.В. Лотов ; под ред. Н.Н. Моисеева. – М. : Наука, 1984. – 392 с.
6. Плакунов М.К. Производственные функции в экономическом анализе [Текст] : монография / М.Н. Плакунов, Р.Л. Раяцкас. – Вильнюс : Минтис, 1984. – 308 с.
7. Терехов Л.Л. Производственные функции [Текст] / Л.Л. Терехов. – М. : [б. и.], 1974. – 128 с.
8. Шелобаев С.И. Математические методы и модели в экономике, финансах, бизнесе [Текст] : учеб. пособие для вузов по экон. специальностям / С.И. Шелобаев. – М. : ЮНИТИ, 2000. – 367 с.

9. Пономаренко О.І. Сучасний економічний аналіз [Текст] : навч. посіб. для студ. екон. та мат. спец. вищ. навч. закл. : у 2-х ч. / О.І. Пономаренко, М.О. Перестюк, В.М. Бурим. – К. : Вища школа, 2004 - Ч. 1 : Мікроекономіка. – 2004. – 262 с.

Надано до редакції 21.11.2012

Чухрай Наталія Іванівна / Natalija I. Chukhraj
chuhraj@polynet.lviv.ua

Грицай Ольга Іванівна / Olga I. Grytsay
olya_melnyk@rambler.ru

Новаківський Ігор Іванович / Igor I. Novakivsky
inovak@ukr.net

Посилання на статтю / Reference a Journal Article:

Економіко-математичне моделювання структури витрат за етапами інноваційного процесу машинобудівного підприємства [Електронний ресурс] / Н.І. Чухрай, І.І. Новаківський, О.І. Грицай // Економіка: реалії часу. Науковий журнал. – 2012. – № 3-4 (4-5). – С. 136-140. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2012/n4-5.html>