

of technological processes of part cutting] / F. V. Novikov, Yu. V. Shkurupii // *Ekonomika rozvytku*. – 2011. – No. 1(57). – Pp. 22–24. 4. Novikov F. V. Obgruntuvannya ekonomichnoi efektyvnosti tehnologii vyhotovlennia detalei mashyn [Substantiation of machine parts cutting technology cost-effectiveness] / F. V. Novikov, E. Yu. Benin // *Ekonomika rozvytku*. – 2012. – No. 1(61). – Pp. 84–86. 5. *Almaznaia obrabotka : uchebn. posob.* [Diamond Processing : handbook] / Yakimov A. V., Novikov F. V., Novikov H. V. i dr. – K. : IZMN, 1996. – 168 p.

#### Information about the authors

**F. Novikov** – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Engineering and Technology Department, Kharkiv National University of Economics (9a, Lenin Ave., 61001, Kharkiv, e-mail: novikov.fv@mail).

**E. Benin** – Director of Scientific-Production Association "Svitlo Shakhtaria" ltd (4/6, Svitlo Shakhtaria Str., 61004, Kharkiv, e-mail: benin@stem.com.ua).

#### Інформація про авторів

**Новіков Федір Васильович** – докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри техніки та технології Хар-

ківського національного економічного університету (61166, м. Харків, пр. Леніна, 9а, e-mail: novikov.fv@mail).

**Бенін Євген Юльович** – директор ТОВ "Науково-виробниче об'єднання "Світло шахтаря" (61004, м. Харків, вул. Світло шахтаря, 4/6, e-mail: benin@stem.com.ua).

#### Информация об авторах

**Новиков Федор Васильевич** – докт. техн. наук, профессор, заведующий кафедрой техники и технологии Харьковского национального экономического университета (61166, г. Харьков, пр. Ленина, 9а, e-mail: novikov.fv@mail).

**Бенин Евгений Юльевич** – директор ООО "Научно-производственное объединение "Свет шахтера" (61004 г. Харьков, ул. Свет шахтера, 4/6, e-mail: benin@stem.com.ua).

*Рецензент*  
докт. екон. наук,  
професор Попов О. Є.

*Стаття надійшла до ред.*  
12.06.2012 р.

## МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ КВАЛІФІКАЦІЇ ПРАЦІВНИКІВ НА ДІЯЛЬНІСТЬ ПІДПРИЄМСТВА

УДК 336:519.866

**Смачило Т. В.**

Описано математичну модель оцінки впливу кваліфікації працівників на діяльність підприємства, яка надає засоби для розроблення програмного інструменту підтримки прийняття рішень при управлінні структурою кадрів з погляду їхньої кваліфікації. Запропоновано рівняння з критеріями, які описують оптимальне управління динамічною системою з урахуванням зміни кваліфікації окремих робітників у ході виробничої діяльності.

*Ключові слова:* математична модель, рівновага, динамічна зміна, критерій оптимальності, інтеграл.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РАБОТНИКОВ НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ

УДК 336:519.866

Смачило Т. В.

Описана математическая модель оценки влияния квалификации работников на деятельность предприятия, которая предоставляет средства для разработки программного инструмента поддержки принятия решений при управлении структурой кадров с точки зрения их квалификации. Предложены уравнения с критериями, которые описывают оптимальное управление динамической системой с учетом изменения квалификации отдельных рабочих в ходе производственной деятельности.

*Ключевые слова:* математическая модель, равновесие, динамическое изменение, критерий оптимальности, интеграл.

---

## MODELLING THE INFLUENCE OF STAFF'S QUALIFICATION ON ENTERPRISE ACTIVITY

UDC 336:519.866

T. Smachylo

The mathematical model of estimating the influence of staff's qualification on enterprise activity is described. It gives facilities for development of software tool of decision-making support in the process of managing the staff structure from the point of view of the qualification of workers. Equations with criteria, which describe an optimal dynamic system management taking into account the change of qualification of separate workers during productive activity are offered.

*Key words:* mathematical model, equilibrium, dynamic change, criterion of optimality, integral.

---

Забезпечення підприємства робочою силою та раціональне її використання значною мірою визначають організаційно-технічний рівень виробництва, характеризують ступінь використання техніки і технології, предметів праці, створюють умови для високої конкурентоспроможності та стабільності. Періодичний аналіз професійного складу робітників має важливе значення для поліпшення технічного процесу і дає змогу виявити нестачу чи надлишок робочої сили за тією чи іншою професією, спеціальністю та проводити оперативні заходи щодо поліпшення професійного складу робітників.

Значний внесок у розробку теорії і методології управління персоналом зробили праці таких вітчизняних і закордонних вчених-економістів: Адамчука В. В., Амоші О. І., Афоніна А. С., Бандура С. І., Белопольського М. Г., Богині Д. П., Виханського Г. І., Гриньової В. М., Данюка В. М., Долішнього М. І., Єгоршина А. П., Лібанової Є. М., Качана Є. П., Кібанова А. Я., Крушельницької О. В., Нижника В. М., Селезньова А. М., Сороки І. В., Щокіна Г. В., Л. Якокки та інших. Проте все ще існує досить широке коло проблем, пов'язаних з оцінкою впливу кваліфікації працівників на діяльність підприємства.

Для оцінки ефективності роботи трудового колективу застосовують метод кваліфікаційних оцінок, який ґрунтується на обчисленні середньозважених коефіцієнтів, що відображають кваліфікацію окремих працівників. Проте відомо, що результативність роботи залежить не тільки від кваліфікації працівників, а також від того, яка кваліфікація потрібна для діяльності того чи іншого підприємства (установи). Тобто результативність роботи підприємства залежить від кваліфікації, яку пропонують роботодавцеві працівники, та потреби у кваліфікації робітників, яка необхідна для діяльності підприємства. Відомо, що підприємство працює ефективно, якщо на ньому зайняті робітники, які мають кваліфікацію, котра відповідає практичним потребам підприємства з огляду на технологію його виробництва.

Недостатня кваліфікація або надто висока кваліфікація працівників приводить до зниження продуктивності підприємства.

З огляду на це поставлено задачу – розробити математичну модель оцінки впливу кваліфікації робітників на діяльність підприємства. Нижче викладено один з можливих способів розв'язання цієї задачі, який ґрунтується на методах математичного моделювання.

Відомо, що кваліфікацію працівників оцінюють за різними характеристиками: освіта, практичний досвід, майстерність, здатність адаптуватися та ін. [1 – 3]. Нехай до розгляду взято  $n$  таких показників. На підприємстві зайнято  $m$  працівників. Для кожного з них може бути визначений показник кваліфікації. Нехай  $q_{ij}$  ( $i = 1, \dots, n$ ;  $j = 1, \dots, m$ ) – відомий показник кваліфікації за  $i$ -ю характеристикою  $j$ -го працівника. У відомих методах оцінки ефективності колективу використовують середньозважені оцінки, вираховані на основі відомих  $q_{ij}$ . Проте при цьому не враховують потреби підприємства щодо кваліфікації працівників.

Розглянемо надалі для простоти один показник (характеристику) кваліфікації  $q$ . Будемо вважати, що значення цього показника знаходиться в межах  $[0, 1]$ . Нульове значення показника відповідає найнижчій, а одиничне – максимально можливій кваліфікації. Кваліфікацію окремого показника визначають за формальними чи іншими методиками оцінки кваліфікації працівників. Тому кваліфікацію окремого працівника  $q_i$  ( $i = 1, \dots, m$ ) можна встановити за відповідними методиками.

Незначні відхилення кваліфікації  $q$  від деякого середнього значення приводять до лінійної зміни результативності роботи підприємства. Значні відхилення кваліфікації від деякого середнього рівня викликають нелінійну залежність результативності роботи від кваліфікації. Розглянемо особливості цієї нелінійної залежності.

Якщо кваліфікація працівника низька, тоді він може виконувати лише деякі прості роботи. Незначне підвищення його кваліфікації на цьому низькому рівні суттєво не впливає на результативність праці,

тому залежність результативності праці від кваліфікації при малих її значеннях зростає повільно.

Якщо кваліфікація працівника висока, тоді додаткове її підвищення вже не позначається на результативності праці. Отже, в області високих кваліфікацій результативність праці також зростає повільно.

Закономірно, якщо при низьких і високих значеннях  $q$  результативність праці зростає повільно, тоді при середніх значеннях  $q$  результативність праці зростає найбільш інтенсивно.

З цього випливає висновок, що результативність праці описує функція  $F(q)$ , яка визначена на  $q \in [0, 1]$  і має область значень, яка пов'язана з бальною оцінкою результатів праці одного робітника. Нехай  $F(q) \in [0, 1]$ . Значення функції  $F(q)$  для одного працівника можна встановити за відомими методами оцінки результативності його роботи.

Схематичний графік функції  $F(q)$  для працівників однієї (окремої) професії чи групи зображено на рис. 1.

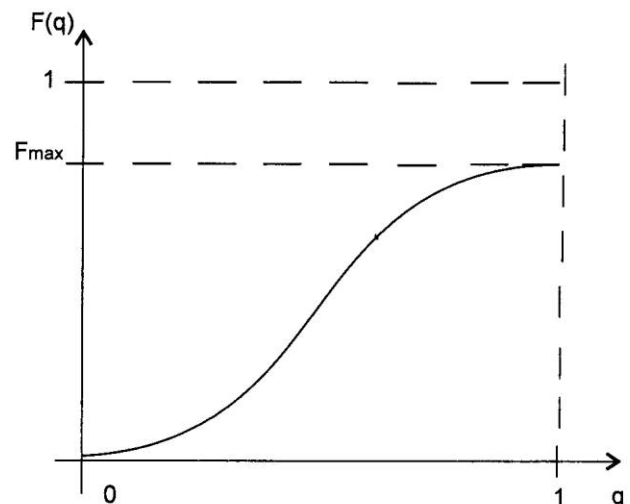


Рис. 1. Схематичний графік функції результативності праці залежно від кваліфікації

Для найбільш кваліфікованих працівників цієї групи  $F_{max} = 1$  – максимальна результативність праці для окремої категорії працівників. Це стосується робітників 6-го розряду, інженерно-технічних працівників вищої категорії та ін.

Підприємство зацікавлене у працівниках деякої кваліфікації. У працівниках низької кваліфікації підприємство слабо зацікавлене, адже вони дають невисоку результативність праці. У працівниках високої кваліфікації підприємство зацікавлене, але зростання кваліфікації робітників призводить до дедалі слабшого зростання зацікавленості в них у зв'язку із зростанням витрат на заробітну плату.

Тому зацікавленість працедавця у працівниках швидко зростає при низьких рівнях кваліфікації та повільно – при високих кваліфікаціях.

Відомо, що в установах і на підприємствах працюють співробітники з трьома рівнями освіти (професійної підготовки). Це, умовно кажучи, робітники, техніки й інженерно-технічні робітники. Аналогічно трирівнева підготовка повторюється в інших галузях: медицині, освіті та економіці.

Для всіх трьох рівнів підготовки (середнього, середньопрофесійного і вищого) повторюється така закономірність. Якщо кваліфікація працівників цього рівня підготовки висока, тоді зацікавленість підприємства в таких робітниках зростає дедалі повільніше.

Зацікавленість у робітниках деякого рівня кваліфікації є особливим видом попиту. Така функція попиту на працівників за їхнім рівнем кваліфікації, по суті, була описана вище. Її графік зображено на рис. 2.

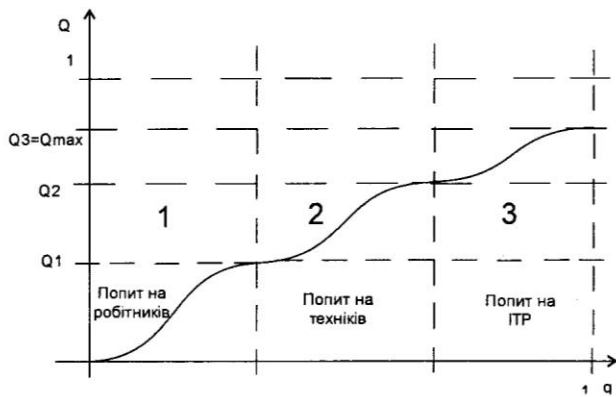


Рис. 2. Схематичний графік функції попиту  $Q(q)$  на кадри за їх кваліфікацією

На рис. 2 зображено типовий графік функції  $Q(q)$ . Ця функція не належить відріzkу  $[0, 1]$ :  $Q(q) \in [0, 1]$  і вона визначена на відріzkі  $[0, 1]$ . Її максимальне значення  $Q_{\max} \leq 1$  залежить від технологічних особливостей роботи підприємства. Наприклад, якщо на ньому не виконують робіт, що потребують інженерів вищої категорії і робітників 6-го розряду, тоді  $Q_{\max} < 1$ .

Значення  $Q_1, Q_2, Q_3$  відображають (приблизно) абсциси горизонтальних асимптот, котрі відповідають найвищій потрібній кваліфікації робітників, техніків, інженерно-технічних працівників у перерахунку на одного працюючого. Якщо на підприємстві зайнято  $n$  працівників, тоді попит на кадри залежно від їхньої кваліфікації описує добуток  $n \cdot Q(q)$ . Тобто функція  $Q(q)$  відображає структуру попиту на кадри залежно від кваліфікації в перерахунку на одного працюючого. Добуток  $n \cdot Q(q)$  відображає загальну структуру попиту на кадри.

Для одного працівника зацікавленість в отриманні роботи полягає у рівності попиту на його кваліфікацію  $Q(q)$  з результативністю його кваліфікації:

$$Q(q) = F(q). \quad (1)$$

Схематична ілюстрація до графічного розв'язку рівняння (1) показана на рис. 3.

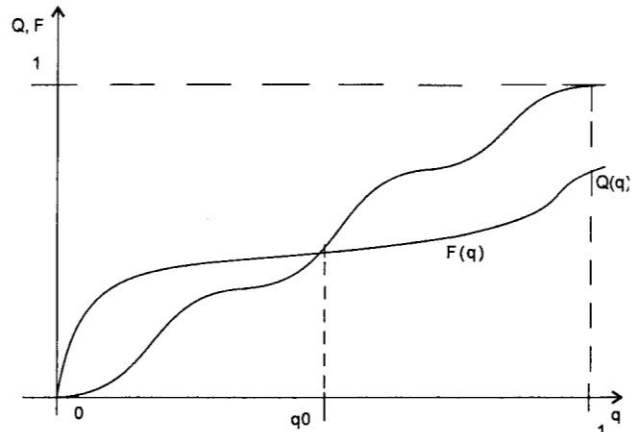


Рис. 3. Схематична ілюстрація до рівноваги попиту і пропозиції кадрів за їхньою кваліфікацією

На рис. 3 точка  $q_0$  позначає таку кваліфікацію, при якій окремий технічний працівник здатен виконувати роботу, якої потребує підприємство.

Якщо працівникові бракує кваліфікації для виконання роботи, він або підвищує її, або залишає місце роботи. Якщо працівник має надмірно високу кваліфікацію, котра перевищує виробничі потреби, тоді він або втрачає кваліфікацію внаслідок відсутності практики, або покидає місце роботи. Тому положення рівноваги, позначене на рис. 3 точкою  $q_0$ , котре є розв'язком рівняння (1), не є сталою величиною. Це положення рівноваги змінюється разом із зміною кваліфікації робітника та потребою в ній з боку підприємства. Тому замість умови рівноваги отримуємо диференціальне рівняння:

$$\frac{dq}{dt} = Q(Q(q) - F(q)), \quad (2)$$

де  $Q$  – коефіцієнт інерційності, який показує швидкість реакції ринку праці на зміни запитів щодо кваліфікації працівників.

Рівняння (2) описує динамічну зміну кваліфікації окремого працівника залежно від функцій результативності праці  $F(q)$  та запитів на працівників за кваліфікацією  $Q(q)$ .

Для того щоб ефективно управляти підприємством, необхідно привести структуру кваліфікації кадрів у відповідність з потребою у кадрах визначеної кваліфікації, що виражено функцією  $n \cdot Q(q)$ . Розглянемо цю відповідність детальніше.

Нехай збільшення кількості персоналу не призводить до організаційних і виробничих витрат. Тоді підприємство зацікавлене у такій структурі кваліфікації кадрів, при якій відхилення між потребою в

кадрах  $n \cdot Q(q)$  і пропозицією кваліфікації  $\sum_{i=1}^n F_i(q)$  було б мінімальним:

$$\min_{q_i \in [0,1]} \left( \sum_{i=1}^n F_i(q) - nQ(q) \right), \quad (3)$$

де  $F_i(q)$  – функція результативності роботи одного працівника,  $i = 1, \dots, n$ . Функції  $F_i$  є типовими для окремих груп професій.

У квадратичній матриці умова (3) зводиться до критерію:

$$\min_{F_i} \left( \int_0^1 \left( \sum_{i=1}^n F_i(q) - n \cdot Q(q) \right) \right)^2 dq, \quad (4)$$

в якому мінімум необхідно шукати, підбираючи співвідношення між функціями  $F_i$ , які описують результативність роботи одного працівника. В умові (4) доданок  $n \cdot Q(q)$  заданий заздалегідь – він встановлений на основі відомих потреб у працівниках відповідної кваліфікації. Dodanok  $\sum_{i=1}^n F_i(q)$  – невідомий.

Встановити його найкраще значення – це завдання кадрової служби.

Здійснити управління на основі критерію (4) можна, наприклад, на основі методу простого перебору, або евристичного пошуку. Для управління за критерієм (4) також придатні генетичні алгоритми.

Уточнимо критерій (4). Відомо, що при збільшенні кількості працюючих та при зниженні результативності їх праці збільшуються витрати на управління персоналом, на організацію його роботи. Це призводить до зниження загальної продуктивності кадрового складу. Таке зниження імітує спадна експонента:

$$x(u) = \alpha \exp(-\beta u), \quad (5)$$

де  $\alpha, \beta$  – додатні параметри, які описують інтенсивність збільшення управлінських витрат при збільшенні кількості персоналу.

З урахуванням рівняння (5) критерій оптимальної структури кадрового складу набуває вигляду:

$$\min_{F_i} \left( \int_0^1 \alpha \exp(-\beta u) \sum_{i=1}^n F_i(q) - nQ(q) \right)^2 dq. \quad (6)$$

Ще одне уточнення стосується того, що працівники з вищою кваліфікацією можуть виконувати роботу, яка відповідає їхній кваліфікації, а також усю менш кваліфіковану роботу. Тому результативність їх праці описує інтеграл:

$$V(q) = \int_0^q (Q(q) - F(q)) dq, \quad (7)$$

який відображає корисність від кваліфікації працівника, якщо він може бути зайнятий на роботі з нижчою кваліфікацією.

З урахуванням рівняння (7) критерій (6) набуває вигляду:

$$\min_{F_i} \left( \int_0^1 \int_0^x \alpha \exp(-\beta y) \sum_{i=1}^n F_i(y) - nQ(y) \right)^2 dy dx. \quad (8)$$

Критерії (6) і (8) ідентичні щодо їхнього практичного застосування. Вони задають правила підбору функції  $F_i (i=1, \dots, n)$  при різних умовах: якщо кваліфіковані працівники замінюють менш кваліфікованих (умова (8)) і якщо такої зміни не передбачено (умова (6)).

Критерій оптимального управління (4), (6) і (8) придатні для динамічного управління структурою кадрів. Рівняння (2), записане для всіх працівників ( $i=1, \dots, n$ ), надає змогу отримати систему  $n$  диференціальних рівнянь:

$$\frac{dq_i}{dt} = Q(Q(q) - F_i(q_i)) \quad (i=1, \dots, n), \quad (9)$$

де  $q_i$  – кваліфікації  $i$ -го працівника;

$F_i$  – відповідна йому функція результативності (залежить від професійної групи).

Рівняння (9) з критеріями (4), або (6), або (8) описують оптимальне управління динамічною системою (9) з урахуванням зміни кваліфікації окремих робітників у ході виробничої діяльності.

Таким чином, описана модель надає засоби для розроблення програмного інструменту підтримки прийняття рішень при управлінні структурою кадрів з погляду їхньої кваліфікації. Моделі (4) – (9) описують один показник кваліфікації. Для реального управління штатом працівників потрібно додатково врахувати декілька показників кваліфікації, які також описують рівняння виду (4) – (9). У такому випадку критерії (4), (6), (8), записані для різних кваліфікаційних характеристик, приведуть до багатокритеріальної задачі оптимального управління.

**Література:** 1. Савченко В. Методологічні основи визначення потреби у кваліфікованих кадрах / В. Савченко // Україна: аспекти праці. – 2003. – № 4. – С. 23–29. 2. Алексеев І. В. Управління ресурсним забезпеченням промислово-фінансових груп : монографія / І. В. Алексеев, М. К. Колісник, А. С. Мороз. – Львів : Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2007. – 132 с. 3. Балабанова Л. В. Управління персоналом / Л. В. Балабанова, О. В. Сардак. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 468 с.

**References:** 1. Savchenko V. Metodologichni osnovy vyznachennia potreby u kvalifikovanykh kadrah / V. Savchenko // Ukraina: aspekty pratsi. – 2003. – No. 4. – Pp. 23–29. 2. Aliksieiev I. V. Upravlinnia resursnym zabezpechen-

niam promyslovo-finansovykh hrup : monohrafiia / I. V. Aliieksieiev, M. K. Kolisnyk, A. S. Moroz. – Lviv : Vydavnytstvo Natsionalnoho universytetu "Lvivcka politekhnik", 2007. – 132 p. 3. Balabanova L. B. Upravlinnia personalom / L. B. Balabanova, O. V. Sardak. – K. : Tsentр uchbovoi literatury, 2011. – 468 p.

#### Інформація про автора

**Смачило Тетяна Володарівна** – доцент кафедри економічної кібернетики та інформатики Тернопільського національного економічного університету (46020, м. Тернопіль, вул. Львівська, 11, e-mail: [smtanya@ukr.net](mailto:smtanya@ukr.net)).

#### Інформация об авторе

**Смачило Татьяна Володаровна** – доцент кафедры экономической кибернетики и информатики Терно-

польского национального экономического университета (46020, Тернополь, ул. Львовская, 11, e-mail: [smtanya@ukr.net](mailto:smtanya@ukr.net)).

#### Information about the author

**T. Smachylo** – Associate Professor of Economic Cybernetics and Informatics Department, Ternopil National Economic University (11, Lvivska Str., 46020, Ternopil, e-mail: [smtanya@ukr.net](mailto:smtanya@ukr.net)).

*Рецензент*  
канд. екон. наук,  
професор Афанасьев М. В.

*Стаття надійшла до ред.*  
13.04.2012 р.

## ЕКСПОРТНИЙ ПОТЕНЦІАЛ МАШИНОБУДІВНОГО КОМПЛЕКСУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ В КОНТЕКСТІ ВИКЛИКІВ ГЛОБАЛЬНОЇ КОНКУРЕНЦІЇ

УДК 339.564:621(477.54)

*Піддубна Л. І.*

Проаналізовано сучасний стан експортного потенціалу та конкурентоспроможності машинобудівного комплексу Харківської області України в контексті викликів глобальної конкуренції, розкрито головні причини погіршення його міжнародних конкурентних позицій в останні роки у площині технологічної складності експорту, його диверсифікації та інфраструктурного забезпечення. Обґрунтовано стратегічні напрями розвитку експортного потенціалу та підвищення міжнародної конкурентоспроможності машинобудівних підприємств області.

*Ключові слова:* експортний потенціал, конкурентоспроможність, технологічний рівень, диверсифікація, інфраструктурне забезпечення.

## ЭКСПОРТНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ УКРАИНЫ В КОНТЕКСТЕ ВЫЗОВОВ ГЛОБАЛЬНОЙ КОНКУРЕНЦИИ

УДК 339.564:621(477.54)

*Піддубна Л. І.*

Проанализировано современное состояние экспортного потенциала и конкурентоспособности машиностроительного комплекса Харьковской области Украины в контексте вызовов глобальной конкуренции, раскрыты главные причины