

## ІНСТРУМЕНТАРІЙ ТЕОРІЇ ІГОР У ЦІНОУТВОРЕННІ НА ІНЖИНІРИНГОВІ ПРОДУКТИ

© 2014 КУЗЬМІН О. Є., ЖЕЖУХА В. Й., ГОРОДИСЬКА Н. А.

УДК 658.818.2:621

**Кузьмін О. Є., Жежуха В. Й., Городиська Н. А. Інструментарій теорії ігор у ціноутворенні на інжинірингові продукти**

Метою статті є характеристика понятійно-категоріального апарату й інструментарію теорії ігор у контексті встановлення структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингових проектів інжиніринговими компаніями. Процес ціноутворення на інжинірингові продукти з використанням теорії ігор розглянуто як гру, де беруть участь два учасника: інжинірингова компанія та середовище замовника інжинірингових послуг. Розглянуто варіанти формування «чистих» стратегій цих учасників. Указано на особливості формування варіантів імовірностей реалізації середовищем замовника інжинірингових послуг своїх «чистих» стратегій. Наведено методичні особливості побудови платіжних матриць. Охарактеризовано процес визначення залежності очікуваної величини сукупного доходу інжинірингової компанії та рівня ризику від структури інжинірингових платежів за умови застосування будь-якої «змішаної» стратегії. Розкрито методичні положення щодо встановлення параметрів оптимальної структури цих платежів шляхом максимізації функції корисності інжинірингової компанії та визначення абсолютних значень платежів, що відповідають такій структурі. Розглянуто причини коригування відносних структурних часток та абсолютних значень первісного та періодичних платежів інжинірингової компанії від реалізації інжинірингового проекту. Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку повинні полягати в обґрунтуванні положень щодо врахування вартості грошей у часі впродовж ціноутворення в інжиніринговій діяльності.

**Ключові слова:** дохід, інжиніринг, інжинірингова компанія, інжиніринговий проект, теорія ігор, ціноутворення

**Формул:** 17. **Бібл.:** 8.

**Кузьмін Олег Євгенович** – доктор економічних наук, професор, директор, Інститут економіки і менеджменту, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

**Email:** okuzmin@lp.edu.ua

**Жежуха Володимир Йосипович** – кандидат економічних наук, доцент, заступник декана, Навчально-науковий інститут економіки і менеджменту, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

**Email:** zezukhavj@gmail.com

**Городиська Наталія Андріївна** – асистент, кафедра зовнішньоекономічної та митної діяльності, Національний університет «Львівська політехніка» (вул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

**Email:** nataliagoroduska@mail.ru

УДК 658.818.2:621

UDC 658.818.2:621

**Кузьмин О. Е., Жежуха В. И., Городиская Н. А. Инструментарий теории игр в ценообразовании на инжиниринговые продукты****Kuzmin O. Ye., Zhezhukha V. Yo., Gorodyska N. A. Tools of Game Theory in Price Setting for Engineering Products**

Целью статьи является характеристика понятийно-категориального аппарата и инструментария теории игр в контексте установления структуры инжиниринговых платежей при реализации инжиниринговых проектов инжиниринговыми компаниями. Процесс ценообразования на инжиниринговые продукты с использованием теории игр рассмотрен как игра, где принимают участие два участника: инжиниринговая компания и среда заказчика инжиниринговых услуг. Рассмотрены варианты формирования «чистых» стратегий этих участников. Указаны особенности формирования вариантов вероятностей реализации средой заказчика инжиниринговых услуг своих «чистых» стратегий. Приведены методические особенности построения платежных матриц. Охарактеризован процесс определения зависимости ожидаемой величины совокупного дохода инжиниринговой компании и уровня риска от структуры инжиниринговых платежей при условии применения любой «смешанной» стратегии. Раскрыты методические положения по установке параметров оптимальной структуры этих платежей путем максимизации функции полезности инжиниринговой компании и определения абсолютных значений платежей, соответствующие такой структуре. Рассмотрены причины корректировки относительных структурных частей и абсолютных значений первоначального и периодических платежей инжиниринговой компании от реализации инжинирингового проекта. Перспективы дальнейших исследований в этом направлении должны заключаться в обосновании положений по учету стоимости денег во времени при ценообразовании в инжиниринговой деятельности.

**Ключевые слова:** доход, инжиниринг, инжиниринговая компания, инжиниринговый проект, теория игр, ценообразование

**Формул:** 17. **Библ.:** 8.

The paper investigates the conceptual and categorical structure as well as the tools of game theory in the frame of the structure evaluation of engineering payments during the implementation of engineering projects by engineering companies. The process of price setting for engineering products using game theory is considered as a game with two participants involved: an engineering company and the environment of an engineering service customer. The paper examines options for forming «pure» strategies of such participants and specifies the peculiarities of forming probable options for implementation of their «pure» strategies by the environment of an engineering service customer. The author outlines practical instructions for pay-off matrices. The article defines the process of determination of the dependence of the anticipated value of an engineering company's aggregate income and the level of risk on the structure of engineering payments on condition that any of «mixed» strategies is applied. The paper then goes on to present instructions for setting the parameters of these payments' optimal structure through maximization of the utility function of an engineering company and for determining the absolute values of payments which comply with such a structure. The author analyzes the causes for adjustment of relative structural particles and absolute values of an engineering company's initial and periodic payments according to engineering project implementation. The perspectives for further research in this direction should lie in the substantiation of the provision for money cost consideration in time throughout the price setting in engineering activities.

**Key words:** income, engineering, engineering company, engineering project, game theory, price setting

**Formulae:** 17. **Bibl.:** 8.

**Кузьмін Олег Євгеньєвич** – доктор економічних наук, професор, директор, Інститут економіки і менеджмента, Національний університет «Львівська політехніка» (ул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

Email: okuzmin@lp.edu.ua

**Жежуха Володимир Іосифович** – кандидат економічних наук, доцент, заступник декана, Учебно-научний інститут економіки і менеджмента, Національний університет «Львівська політехніка» (ул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

Email: zezukhavj@gmail.com

**Городиская Наталія Андрєєвна** – асистент, кафедра внешнеэкономической и таможенной деятельности, Національний університет «Львівська політехніка» (ул. Степана Бандери, 12, Львів, 79013, Україна)

Email: nataliagoroduska@mail.ru

**Kuzmin Oleh Ye.** – Doctor of Science (Economics), Professor, Director, Institute of Economics and Management, National University «Lviv Polytechnic» (vul. Stepana Bandery, 12, Lviv, 79013, Ukraine)

Email: okuzmin@lp.edu.ua

**Zhezhukha Volodymyr Yo.** – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Deputy Dean, Educational and Research Institute of Economics and Management, National University «Lviv Polytechnic» (vul. Stepana Bandery, 12, Lviv, 79013, Ukraine)

Email: zezukhavj@gmail.com

**Gorodyska Nataliia A.** – Assistant, Department of foreign trade and customs operations, National University «Lviv Polytechnic» (vul. Stepana Bandery, 12, Lviv, 79013, Ukraine)

Email: nataliagoroduska@mail.ru

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. Теорія і практика інжинірингу свідчать про можливість використання різних методів ціноутворення під час реалізації інжинірингових проектів: оплати за час виконання необхідних робіт, оплати фактично понесених витрат плюс фіксованої частини, фіксованої (недиференційованої) оплати, на засадах відсотку від результату, а також комбінований.

Вивчення вітчизняного ринку інжинірингу надає змогу зробити висновок, що на практиці використовуються всі з вищенаведених методів. Зокрема, ПрАТ «Львівський локомотиворемонтний завод» використовує переважно метод оплати за час виконання необхідних робіт під час визначення ціни в інжиніринговій угоді. Практика використання методу оплати фактично понесених витрат плюс фіксованої частини зустрічається в інжинірингових угодах ПАТ «Дрогобицький завод автомобільних кранів». Метод фіксованої (недиференційованої) оплати застосовує у своїй інжиніринговій діяльності ПАТ «Булат». ТОВ «Софт-Рейтинг Консалт» активно використовує метод відсотку від результату під час ціноутворення, а також часто поєднує цей метод із методом фіксованої оплати.

Разом із тим доволі часто інжиніринговим компаніям доводиться приймати рішення як відповідь на запитання: яким чином побудувати структуру інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингових проектів? Наприклад, які відносні структурні частки первісного та періодичних платежів мають бути? Які абсолютні значення цих платежів? Чи варто використовувати лише одноразовий платіж, чи його поєднання із періодичними? Які критерії використовувати під час ціноутворення в інжиніринговій діяльності тощо? У попередніх працях авторів було обґрунтовано доцільність використання інструментарію теорії ігор для вирішення завдання встановлення структури інжинірингових платежів інжиніринговій компанії під час реалізації інжинірингового проекту. Попри це, важливим та актуальним завданням сьогодення залишається характеристика понятійно-категоріального апарату й інструментарію теорії ігор у контексті досліджуваної проблематики. Це допоможе інжиніринговій компанії вирішувати завдання ціноутворення під час здійснення операційної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми, виокремлення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Значний внесок у формування і розвиток теоретико-прикладних положень щодо ціноутворення в інжиніринговій діяльності зробило чимало вітчизняних і зарубіжних науковців, серед яких варто виокремити праці І. Александрова, І. Альтшулера, І. Балабанова, В. Бандурова, В. Белінської, Р. Бірбраера, І. Боярко, Ю. Гончарова, В. Захарченка, М. Кизима, В. Кондратьєва, К. Литвинова, Б. Малиновського, В. Мясникова, М. Окаандера, О. Орлова, В. Павлова, О. Редькіна, А. Савчука, В. Соловйова, А. Федулової та багатьох інших. Проблеми використання теорії ігор для вирішення різноманітних економічних завдань розглядали у своїх працях Л. Бусень, В. Віталінський, Т. Мирончук, Н. Писарук, Н. Садовін, Т. Садовіна, У. Сухорська, А. Шиян та інші. Основними науковими доробками авторів у цих сферах є обґрунтування сутності поняття «інжинірингові платежі», типологія видів інжинірингових платежів, класифікація витрат, пов'язаних із реалізацією інжинірингових проектів, характеристика методів устанавлення доходу від надання інжинірингових послуг, розкриття методичних особливостей визначення його структури, опис етапів використання теорії ігор під час вирішення різноманітних завдань управління тощо. Попри це, низка важливих завдань із вказаної тематики досі не розв'язана. Зокрема, не охарактеризований понятійно-категоріальний апарат та інструментарій теорії ігор у контексті устанавлення структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингових проектів інжиніринговими компаніями. Все це свідчить про актуальність обраної тематики та її важливість для інноваційних зрушень у вітчизняній економіці.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Завданням дослідження є характеристика понятійно-категоріального апарату й інструментарію теорії ігор у контексті встановлення структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингових проектів інжиніринговими компаніями.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Вирішуючи завдання устанавлення структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингового проекту,

а також враховуючи класичні позначення теорії ігор, можемо вказати, що маємо гру, де беруть участь два учасники: інжинірингова компанія та середовище замовника інжинірингових послуг, тобто множина «невизначених чинників», які впливають на ефективність рішення, що приймається» [7, с. 72].

Альтернативні варіанти «чистих» стратегій інжинірингової компанії, тобто першого гравця, який приймає управлінські рішення, згідно із загальноприйнятою термінологією і позначеннями можна описати таким чином:

$$S = (s_1; s_2), \quad (1)$$

де  $S$  – варіанти «чистих» стратегій інжинірингової компанії;

$s_1$  – стратегія стягнення всього доходу від реалізації інжинірингового проекту одноразовим платежем;

$s_2$  – стратегія стягнення всього доходу від реалізації інжинірингового проекту періодичними платежами залежно від значення результуючого показника.

У свою чергу середовище замовника інжинірингових послуг як другий гравець має теж свої «чисті» стратегії, що можна представити математично таким чином:

$$\Theta = (\theta_1; \dots; \theta_n), \quad (2)$$

де  $\Theta$  – варіанти «чистих» стратегій середовища замовника інжинірингових послуг;

$\theta_1; \dots; \theta_n$  – «чисті» стратегії середовища замовника інжинірингових послуг (результуючий показник «утвореного» під час реалізації інжинірингового проекту об'єкта).

Зрозуміло, що наперед чітко спрогнозувати значення результуючого показника, «утвореного» під час реалізації інжинірингового проекту об'єкта, складно, відтак у літературі пропонується враховувати інтервали потенційних значень [8, с. 56]. Причому, за твердженням науковців, достатньо виокремити 7 – 10 таких інтервалів [7, с. 72].

Визначивши гравців та унаочивши варіанти їхніх «чистих» стратегій, доцільно відобразити ймовірність того, що середовище замовника інжинірингових послуг зможе реалізувати такі стратегії. Математичне представлення цього наступне:

$$Q = (q_1; \dots; q_n), \quad \sum_{j=1}^n q_j = 1, \quad q_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad (3)$$

де  $Q$  – варіанти ймовірності реалізації середовищем замовника інжинірингових послуг своїх «чистих» стратегій (іншими словами, варіанти ймовірності того, що завдяки утвореному під час реалізації інжинірингового проекту об'єкту буде можливим досягти встановленого значення результуючого показника);

$q_1; \dots; q_n$  – ймовірність реалізації середовищем замовника інжинірингових послуг своїх «чистих» стратегій, коефіцієнт.

Важливо звернути увагу на те, що під час установа ймовірності реалізації середовищем замовника інжинірингових послуг своїх «чистих» стратегій доцільно враховувати аналогічні інжинірингові проекти і їхні результати. Визначивши відсоткове значення розподілу частоти можливих подій, доцільно таке значення трансформувати

у розподіл ймовірності їхнього настання. Оскільки результати інжинірингових проектів переважно мають тривале застосування (адже у більшості випадків є основними засобами) [1, с. 44], слід враховувати також можливий вплив інших чинників, які зможуть вплинути на ймовірність реалізації середовищем замовника інжинірингових послуг своїх «чистих» стратегій у майбутньому. Як наслідок, під час визначення варіантів ймовірності того, що завдяки утвореному під час реалізації інжинірингового проекту об'єкту буде можливим досягти встановленого значення результуючого показника, доцільно брати до уваги не лише емпіричні дані, але й прогнозувати майбутню ситуацію та враховувати відповідні чинники [6, с. 212].

На другому етапі застосування теорії ігор під час установа структури інжинірингових платежів протягом реалізації інжинірингового проекту слід побудувати згідно з теорією ігор платіжну матрицю (або іншими словами – функціонал оцінювання). Математичне представлення цього таке:

$$F = \begin{pmatrix} f_{11} & \dots & f_{1j} & \dots & f_{1n} \\ f_{21} & \dots & f_{2j} & \dots & f_{2n} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

де  $f_{kj}$  – рівень ефективності застосування інжиніринговою компанією «чистої» стратегії  $s_k$  в умовах стану  $\theta_j$  середовища замовника інжинірингових послуг.

Варто зауважити, що  $f_{kj}$  – не що інше, як величина доходу інжинірингової компанії від реалізації інжинірингового проекту у разі використання нею стратегії  $s_k$  і значення  $\theta_j$  результуючого показника, «утвореного» під час реалізації інжинірингового проекту об'єкта за розрахунковий період. Перший вектор платіжної матриці  $F(s_1) = (f_{11}; \dots; f_{1n})$  фактично є вектором оцінювання й дає змогу оцінити рівень ефективності першої «чистої» стратегії інжинірингової компанії за умови настання будь-якого із станів середовища замовника інжинірингових послуг. Рівень ефективності другої «чистої» стратегії інжинірингової компанії за таких самих умов дає змогу оцінити другий вектор платіжної матриці:  $F(s_2) = (f_{21}; \dots; f_{2n})$ . Із вищевказаного зрозуміло, що за умови, якщо інжинірингова компанія обере стратегію  $S_1$ , розмір можливого її доходу від реалізації інжинірингового проекту не залежатиме від значення результуючого показника, який досягається утвореним під час реалізації інжинірингового проекту об'єктом. У такому випадку математичний вираз цього матиме вигляд:

$$f_{11} = \dots = f_{1j} = \dots = f_{1n} = V = V_0, \quad (5)$$

де  $V$  – величина доходу інжинірингової компанії, який вона очікує отримати від реалізації інжинірингового проекту, грн.;

$V_0$  – дохід інжинірингової компанії від реалізації інжинірингового проекту, сформований одноразовим платежем, грн.

Якщо інжинірингова компанія обере другу «чисту» стратегію  $S_2$ , тоді елементи відповідної платіжної матриці обчислюватимуться за формулою:

$$f_{2j} = D \cdot K, \quad (6)$$

де  $D$  – коефіцієнт отримання очікуваної інжиніринговою компанією величини доходу при умові використання нею «чистої» стратегії  $s_2$ ;

$K$  – значення результуючого показника, «утвореного» під час реалізації інжинірингового проекту об'єкта відповідно до  $j$ -тої стратегії середовища замовника інжинірингових послуг за розрахунковий період.

Після побудови платіжної матриці згідно з теорією ігор на наступному етапі слід здійснити збирання й аналізування інформації, що характеризує середовище замовника інжинірингових послуг. Зрозуміло, що залежно від існування ризику чи невизначеності інжинірингова компанія прийматиме інші рішення щодо величини інжинірингового доходу і структури інжинірингових платежів. Окрім того, на вибір рішення суттєво впливає достовірне інформаційне забезпечення щодо наявного стану середовища замовника інжинірингових послуг [4, с. 24].

Огляд та узагальнення літературних джерел дає змогу виокремити різні підходи до класифікації можливих інформаційних ситуацій, за яких можуть приймати рішення гравці в межах теорії ігор. Для визначення об'єктивного критерію вибору варіанта рішення щодо структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингового проекту слід звернути увагу на те, що оптимальною (за інших рівних умов) для інжинірингової компанії буде така стратегія (і відповідно така структура доходу), яка дозволить одержати їй при мінімальному рівні ризику найбільшу грошову винагороду [5]. З урахуванням цього варто наголосити, що інжинірингова компанія під час обрання варіанта управлінського рішення щодо структури так званого інжинірингового доходу переважно керується двома основними критеріями: очікуваною величиною сукупного доходу від реалізації інжинірингового проекту та рівнем очікуваного ризику.

Огляд та узагальнення літературних джерел дає змогу зробити висновок, що очікувану величину сукупного доходу інжинірингової компанії від реалізації інжинірингового проекту можна оцінити шляхом розрахунку величини математичного сподівання такого доходу (який фактично є випадковою величиною). Натомість, рівень очікуваного ризику за умови обрання інжиніринговою компанією будь-якої стратегії поведінки найчастіш є оцінюється за допомогою дисперсії (іншими словами, дисперсія дає змогу визначити у межах кожної стратегії рівень відхилення елементів вектора оцінювання). Враховуючи вищенаведене, математичне сподівання ( $m$ ) для  $k$ -ої «чистої» стратегії інжинірингової компанії та дисперсію ( $\sigma^2$ ) слід обчислювати таким чином [2, с. 140 – 147]:

$$m_k = \sum_{j=1}^n q_j \cdot f_{kj}; \quad (7)$$

$$\sigma_k^2 = \sum_{j=1}^n (q_j (f_{kj} - m_k)^2), \quad (8)$$

де  $m_k$  – математичне сподівання очікуваної величини сукупного доходу інжинірингової компанії від реалізації

інжинірингового проекту за умови використання  $k$ -ої «чистої» стратегії;

$\sigma_k^2$  – дисперсія рівня очікуваного ризику одержання величини сукупного доходу інжинірингової компанії від реалізації інжинірингового проекту за умови використання як центру групування величини математичного сподівання.

Усе вищенаведене стосувалось виключно «чистих» стратегій інжинірингової компанії. Однак вивчення теорії і практики інжинірингової діяльності дає можливість стверджувати щодо існування поряд із «чистими» і «змішаними» стратегій ( $s_p$ ), тобто таких, які поєднують у різній комбінації елементи векторів оцінювання «чистих» стратегій. Враховуючи це, вектор оцінювання для інжинірингової компанії «змішаної» стратегії ( $F(s_p)$ ) математично можна представити так:

$$F(s_p) = p_1 \cdot F(s_1) + p_2 \cdot F(s_2), \quad p_1 + p_2 = 1, \quad p_1 \geq 0, \quad p_2 \geq 0, \quad (9)$$

де  $F(s_p)$  – вектор оцінювання для інжинірингової компанії «змішаної» стратегії;

$p_1, p_2$  – відносні структурні частки відповідно первісного та періодичних інжинірингових платежів інжинірингової компанії, коефіцієнт.

Зрозуміло, що за допомогою формули (9) можна представити не тільки будь-яку «змішану» стратегію інжинірингової компанії, але й згадані вище «чисті» стратегії. У такому випадку для першої «чистої» стратегії (стратегія стягнення одноразового доходу від реалізації інжинірингового проекту) відносні структурні частки первісного та періодичних інжинірингових платежів становитимуть:  $p_1 = 1, p_2 = 0$ . Якщо матиме місце стратегія стягнення усього доходу інжинірингової компанії від реалізації інжинірингового проекту періодичними платежами залежно від результуючого показника, тоді відносні структурні частки становитимуть:  $p_1 = 0, p_2 = 1$ . Відтак, завдання установлення оптимальної структури інжинірингових платежів протягом реалізації інжинірингового проекту фактично можна звести до пошуку відносних структурних часток  $p_1, p_2$  будь-якої «змішаної» стратегії.

Згідно з дослідженнями В. Вітлінського [2, с. 168], існують певні уточнення під час обчислення математичного сподівання очікуваної величини сукупного доходу інжинірингової компанії від реалізації інжинірингового проекту за умови використання «змішаної» стратегії. Формула для цього така:

$$m_p = \sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n p_k \cdot q_j \cdot f_{kj}; \quad (10)$$

$$\sigma_p^2 = \sum_{k=1}^m \sum_{l=1}^m p_k \cdot p_l \cdot \sigma_k \cdot \sigma_l \cdot \rho_{kl}, \quad (11)$$

де  $m_p$  – математичне сподівання очікуваної величини сукупного доходу інжинірингової компанії за умови використання «змішаної» стратегії;

$\sigma_k^2$  – дисперсія рівня очікуваного ризику одержання величини сукупного доходу інжинірингової компанії за умови використання «змішаної» стратегії;

$m$  – кількість «чистих» стратегій інжинірингової компанії;

$\sigma_k, \sigma_l$  – середньоквадратичне відхилення щодо математичного сподівання відповідно  $m_k$  та  $m_l$  елементів вектора оцінювання аналогічних «чистих» стратегій інжинірингової компанії ( $k$ -ої та  $l$ -ої);

$\rho_{kl}$  – коефіцієнт кореляції елементів векторів оцінювання  $k$ -ої та  $l$ -ої «чистих» стратегій інжинірингової компанії.

Враховуючи результати досліджень [3, с. 45 – 64; 7, с. 76 – 77], представимо формули (10) та (11) у дещо іншому вигляді. Слід указати на те, що інжинірингова компанія, як зазначалось вище, для встановлення структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингового проекту розглядає дві «чисті» стратегії, відповідно  $m = 2$ . Має місце також співвідношення  $m_1 = V$ , де  $V$ , як уже зазначалось вище, – це величина сукупного доходу інжинірингової компанії, який вона очікує отримати від реалізації інжинірингового проекту. Причому, в такому випадку  $\sigma_1^2 = 0$ , адже за умови першої «чистої» стратегії інжинірингової компанії стан середовища замовника інжинірингових послуг не береться до уваги, оскільки має місце лише одноразовий платіж на користь надавача інжинірингових послуг. Оскільки  $\sigma_1^2 = 0$ , відповідно й  $\sigma_1 = 0$ , адже  $\sigma_k = \sqrt{\sigma_k^2}$ .

Варто наголосити на тому, що  $\rho_{11} = \rho_{22} = 1$ , що впливає із властивостей коефіцієнта кореляції елементів векторів оцінювання  $k$ -ої та  $l$ -ої «чистих» стратегій інжинірингової компанії. Також не слід забувати, що  $\rho_1 + \rho_2 = 1$ ,  $\rho_1 \geq 0$ ,  $\rho_2 \geq 0$ . Враховуючи вищенаведене та виразивши  $\rho_1$  через  $x$  (відповідно  $\rho_2 = 1 - x$ ), формули (10) та (11) представимо таким чином:

$$m_p = x \cdot V + (1 - x) \cdot \sum_{j=1}^n q_j \cdot f_{2j} = x \cdot V + (1 - x) \cdot m_2, \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \sigma_p^2 &= \rho_1 \cdot \rho_1 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_1 \cdot \rho_{11} + \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot \sigma_1 \cdot \sigma_2 \cdot \rho_{12} + \rho_2 \cdot \rho_1 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_1 \cdot \rho_{21} + \\ &+ \rho_2 \cdot \rho_2 \cdot \sigma_2 \cdot \sigma_2 \cdot \rho_{22} = 0 + 0 + 0 + \rho_2^2 \cdot \sigma_2^2 = \rho_2^2 \cdot \sigma_2^2 = (1 - x)^2 \cdot \sigma_2^2. \end{aligned} \quad (13)$$

Беручи до уваги наведене вище припущення про те, що інжинірингову компанію найбільше цікавить співвідношення «максимальна вигода – мінімальний ризик», стратегія встановлення нею структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингового проекту повинна це враховувати. З огляду на вищесказане, математично це можна описати за допомогою задачі із двома критеріями:

$$\begin{cases} m_p = x \cdot V + (1 - x) \cdot m_2 \rightarrow \max \\ \sigma_p^2 = (1 - x)^2 \cdot \sigma_2^2 \rightarrow \min \end{cases} \quad (14)$$

Математичне представлення формули (14) дає змогу зробити висновок, що її практичне застосування у діяль-

ності інжинірингових компаній дещо ускладнюється. Це пов'язано перш за все із тим, що вказане завдання може мати однозначний розв'язок лише у випадку використання цими суб'єктами господарювання першої «чистої» стратегії, для якої властивий нульовий ризик. У такому випадку значення  $m_p$  буде максимальним. В інших випадках однозначні висновки щодо структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингового проекту зробити складно. Справа в тому, що у більшості випадків трапляється так, що за умови покращення одного критерію інший погіршується. Відтак, лише при використанні різних стратегій інжиніринговою компанією найчастіше можна встановити оптимальні значення обох вищезгаданих критеріїв. Тому можемо говорити про те, що інжинірингова організація оптимальної стратегії щодо структури інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингового проекту повинна знаходити у зоні компромісу (а не у зоні згоди, де обрання тієї чи іншої стратегії не приводить до погіршення значення будь-якого з критеріїв). Враховуючи це, з практичної точки зору можна обрати менший сегмент можливих стратегій, відкинувши значну їхню частину (що належить до зони згоди).

Огляд та узагальнення літературних джерел дає змогу зробити висновок, що після математичного вираження задачі з двома критеріями для встановлення оптимальної структури інжинірингових платежів інжинірингових компаній цим суб'єктам господарювання слід для вирішення вищевказаних проблем визначити прийнятні для таких організацій рівні пріоритетності для кожного з обох критеріїв. Ці рівні пріоритетності фактично є рівнями важливості таких критеріїв або, іншими словами, – є коефіцієнтами вагомості математичного сподівання та дисперсії.

Коефіцієнт вагомості для дисперсії доходу інжинірингових компаній від реалізації інжинірингових проектів ( $\lambda$ ) інакше можемо трактувати як коефіцієнт, що свідчить про несхильність інжинірингової компанії до ризику під час установаження величини такого доходу. Чим більше його значення, тим схильність ризикувати зменшується, і навпаки.

Зрозуміло, що оскільки коефіцієнт вагомості для дисперсії доходу інжинірингових компаній становить  $\lambda$ , то коефіцієнт вагомості для математичного сподівання очікуваної величини такого доходу становитиме  $1 - \lambda$ . Враховуючи можливість існування  $\lambda$  та  $1 - \lambda$ , інжинірингова компанія має змогу обрати оптимальну для себе стратегію з урахуванням двох критеріїв: схильності до ризику та очікуваної величини доходу від реалізації інжинірингових проектів.

Враховуючи огляд літературних джерел із теорії портфельного аналізування, економетрії та економіко-математичного моделювання, можна зробити висновок про те, що наведене вище завдання з двома критеріями можна скорелювати з максимізацією функції корисності для інжинірингової компанії під час реалізації інжинірингових проектів. У такому випадку математичне представлення цього матиме наступний вигляд:

$$\begin{aligned} U(x) &= (1 - \lambda) \cdot m_p - \lambda \cdot \sigma_p^2 = \\ &= (1 - \lambda)(x \cdot V + (1 - x)m_2) - \lambda((1 - x)^2 \cdot \sigma_2^2) \rightarrow \max. \end{aligned} \quad (15)$$

Як відомо із теорії корисності, якщо перша похідна функції  $U(x)$  становитиме 0, тоді така функція сягатиме максимуму. Враховуючи це твердження, а також вищенаведену норму про те, що  $x = p_1$ , слід зауважити, що знайдене значення  $p_1$ , тобто первісного платежу, за умови досягнення максимуму функцією 15, є фактично оптимальною відносною структурною часткою такого платежу. Відтак, оптимальна величина первісного платежу інжиніринговій компанії, згідно з вищенаведеним, може бути обчислена за формулою:

$$V_o^{opt} = x \cdot V, \quad (16)$$

де  $V_o^{opt}$  – оптимальна величина первісного платежу інжиніринговій компанії під час реалізації інжинірингового проекту.

У свою чергу, оптимальний для інжинірингової компанії коефіцієнт отримання очікуваного розміру доходу від реалізації інжинірингового проекту у межах структури інжинірингової винагороди доцільно обчислювати за формулою (враховуючи, що  $p_2 = (1 - x)$ ):

$$D^{opt} = (1 - x) \cdot D, \quad (17)$$

де  $D^{opt}$  – оптимальний для інжинірингової компанії коефіцієнт отримання очікуваного розміру доходу від реалізації інжинірингового проекту.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.** Отже, вищенаведені положення надають змогу інжиніринговій компанії встановити структуру інжинірингових платежів під час реалізації інжинірингового проекту. Однак слід зауважити, що при цьому необхідно також урахувувати й можливі існуючі обмеження як з боку такого суб'єкта, так і з боку замовника цих послуг. Першим таким обмеженням є готовність і зацікавленість останнього обирати структуру інжинірингових платежів у вигляді первісного й періодичних платежів. У такому випадку слід скоригувати відносні структурні частки первісної винагороди та періодичних платежів, тобто  $p_1$  і  $p_2$ , які набудуть вигляду  $p_1'$  і  $p_2'$ .

Може бути і так, що замовник інжинірингових послуг сам виступатиме ініціатором поділу інжинірингових платежів на дві частини: первісну та періодичні. Одна з причин цього – неможливість через фінансово-економічний стан разової оплати вартості інжинірингових послуг. З іншого боку, завдяки такій структуризації інжинірингова компанія може здобувати конкурентні переваги на ринку, позиціонуючи себе саме так.

Вивчення теорії і практики інжинірингової діяльності надає змогу виокремити ще один чинник, який може впливати на коригування первісного та періодичних інжинірингових платежів інжиніринговій компанії. Таким чинником є прийняті у галузі норми щодо реалізації подібних проектів. У такому випадку значення  $p_1$  і  $p_2$  слід також коригувати.

Перспективи подальших досліджень у цьому напрямку повинні полягати в обґрунтуванні положень щодо врахування вартості грошей у часі протягом ціноутворення в інжиніринговій діяльності.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Виноградова О. В. Рейнжиніринг бізнес-процесів у сучасному менеджменті: монографія / О. В. Виноградова. – Донецьк: ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2005. – 195 с.
2. Вітлінський В. В. Економічний ризик: ігрові моделі : навч. посібник / В. В. Вітлінський та ін. – К. : КНЕУ, 2002. – 446 с.
3. Вітлінський В. В. Ризикологія в економіці та підприємстві : монографія / В. В. Вітлінський. – К. : КНЕУ, 2004. – 480 с.
4. Исмагилов И. И. Принятие решений при количественных и качественных критериях описания альтернатив / И. И. Исмагилов // Исследования по информатике. – 2003. – № 6. – С. 21 – 28.
5. Как устанавливаются цены на консалтинговые услуги / М. В. Коробова, И. А. Горичина [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://www.cfn.ru/consulting/consult\\_price.shtml](http://www.cfn.ru/consulting/consult_price.shtml)
6. Кондратьев В. Даешь инжиниринг! Методология организации проектного бизнеса : навч. посібник / В. Кондратьев, В. Лоренц. – М. : Эксмо, 2007. – 446 с.
7. Кузьмін О. Є. Франчайзинг у підприємницькій діяльності : навч. посібник / О. Є. Кузьмін, У. Р. Сухорська, Т. В. Мирончук. – Львів: Видавництво «Вільна Україна», 2007. – 144 с.
8. Шиян А. А. Теорія ігор: основи та застосування в економіці та менеджменті : навч. посібник / А. А. Шиян. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 164 с.

## REFERENCES

- Ismagilov, I. I. "Priniatie resheniy pri kolichestvennykh i kachestvennykh kriteriakh opisaniia alternativ" [Decision-making in both quantitative and qualitative criteria describe alternatives]. *Issledovaniia po informatike*, no. 6 (2003): 21-28.
- Korobova, M. V., and Goritsyna, I. A. "Kak ustanavlivaiutsia tseny na konsaltingovie uslugi" [How are prices for consulting services]. [http://www.cfn.ru/consulting/consult\\_price.shtml](http://www.cfn.ru/consulting/consult_price.shtml)
- Kondratiev, V., and Lorents, V. *Daesh inzhiniring! Metodologiya organizatsii proektnogo biznesa* [Give engineering! Methodology for organizing project business]. Moscow: Eksmo, 2007.
- Kuzmin, O. Ie., Sukhorska, U. R., and Myronchuk, T. V. *Franchaizynh u pidpriemnytskii diialnosti* [Franchising in business]. Lviv: Vilna Ukraina, 2007.
- Shyian, A. A. *Teoriia ihor: osnovy ta zastosuvannia v ekonomitsi ta menedzhmenti* [Game Theory: Fundamentals and Applications in economics and management]. Vinnytsia: VNTU, 2009.
- Vitlinskyi, V. V. *Ryzykolohiia v ekonomitsi ta pidpriemnytstvi* [Ryzykolohiia in economics and business]. Kyiv: KNEU, 2004.
- Vynohradova, O. V. *Reinzhyrynynh biznes-protsevis u suchasnomu menedzhmenti* [Business process reengineering in modern management]. Donetsk: DonDUET, 2005.
- Vitlinskyi, V. V. *Ekonomichniy ryzyk: ihrovi modeli* [Economic risk: game model]. Kyiv: KNEU, 2002.