

УДК 339.138

DOI 10.33111/sedu.2019.44.091.101

*Горовий Дмитро Анатолійович\**  
*Чернобровкіна Світлана Віталіївна\*\**

## **ОПТИМІЗАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИТРАТ НА МАРКЕТИНГОВІ КОМУНІКАЦІЇ ДЛЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ**

**Анотація.** Виходячи з впливу маркетингових комунікацій на економічний ефект діяльності підприємства, визначено оптимальний розмір витрат на них. Проведено оптимізаційне моделювання витрат на маркетингові комунікації на прикладі машинобудівних підприємств України з точки зору їх чистого фінансового результату, частки ринку, об'ємів реалізації продукції та марочного капіталу. Визначено показники діяльності машинобудівних підприємств для виконання оптимізації витрат на маркетингові комунікації за шість періодів. За визначеними показниками побудовано лінії трендів і визначено їх функції. Проведено нормалізацію функцій трендів для уникнення різниці у порядку чисел у показниках. Для визначення оптимального розміру маркетингових комунікацій використано метод багатокритеріальної оптимізації.

**Ключові слова:** маркетингові комунікації, витрати, машинобудівні підприємства, оптимізаційне моделювання, багатокритеріальна оптимізація.

**Вступ.** Сучасний стан економічного розвитку країни значною мірою залежить від повноцінного функціонування промисловості. В структурі промисловості України велику питому вагу і досі займають галузі важкої індустрії, особливо машинобудування. Найбільш характерною ознакою промислового ринку машинобудівної галузі виступає великий обсяг закупівель і продажів, технічна складність товарів і способів їх просування на ринок. Тому майже усі промислові підприємства повинні доводити до споживачів необхідну інформацію щодо розробки та виведення товару на ринок шляхом комунікацій. Разом з цим у підприємств постає питання витрат на маркетингові комунікації і пошук зв'язку між цими витратами та кінцевим результатом діяльності підприємства (отриманням прибутку).

**Постановка завдання.** Вплив маркетингових комунікацій на економічний ефект діяльності підприємства відображено у роботах Д.В. Василенко [1], Л.О. Черної [2], Н.П. Карачиної [3], Н.І. Норіциної [4] та інших, проте в цих роботах не проводилися дослідження з визначення оптимального розміру цих витрат, що й стало об'єктом цього дослідження.

---

\* **Горовий Дмитро Анатолійович** – доктор. екон. наук, професор кафедри економіки та маркетингу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» [digoro@ukr.net](mailto:digoro@ukr.net)

\*\* **Чернобровкіна Світлана Віталіївна** – старший викладач кафедри економіки та маркетингу, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» [svetik.v.cher@gmail.com](mailto:svetik.v.cher@gmail.com)

**Результати.** Оптимізаційне моделювання витрат на маркетингові комунікації розглянуто на прикладі таких машинобудівних підприємств України: ПАТ «Турбоатом», ПАТ «Електромашина». Задачу оптимізації витрат на маркетингові комунікації змодельовано за методикою, викладеною у [5]:

$$\begin{cases} K_v \rightarrow opt \\ ЧФР \rightarrow max \\ Чр \rightarrow max \\ Ор \rightarrow max \\ МК \rightarrow max \end{cases}, \quad (1)$$

де  $K_v$  — комунікаційні витрати підприємства, тис. грн;

$ЧФР$  — чистий фінансовий результат діяльності підприємства, тис. грн;

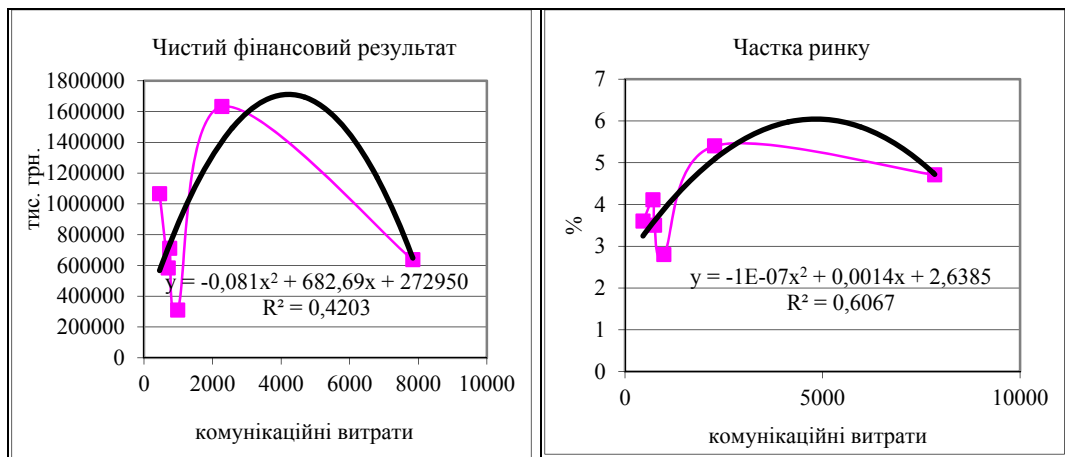
$Чр$  — частка ринку підприємства, %;

$Ор$  — обсяги реалізації продукції, тис. грн;

$МК$  — марочний капітал підприємства, од.

Побудовано залежність кожного визначеного у формулі (1) показника від часу. Побудова залежності охоплює шість періодів (років).

За визначеними показниками було побудовано лінії трендів і визначено їх функції. Для оптимізаційної моделі використано параболічні тренди, оскільки вони мають лише єдиний оптимальний критерій — екстремум функції [5]. Розрахунок параметрів кривих і вибір оптимальних ліній трендів проводився із застосуванням електронних таблиць Microsoft Excel. Динаміку показників, визначених для оптимізаційних моделей на прикладі двох машинобудівних підприємств, наведено на рис. 1 і 2. (Складено авторами на основі даних [6–9]). На рисунках також вказані відповідні функції та розраховані величини імовірності апроксимації ( $R^2$ ), які засвідчують взаємозв'язок між реальними та трендовими даними за більшістю показників, що підтверджує надійність використання цих функцій для подальших розрахунків.



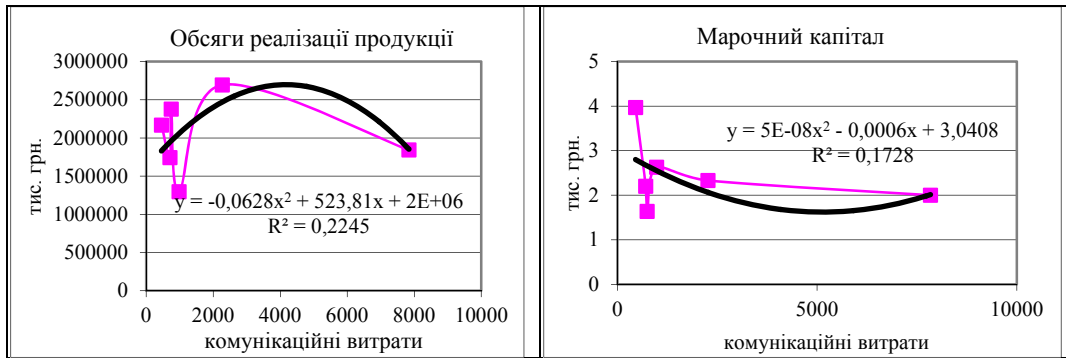


Рис. 1. Динаміка показників, визначених для оптимізаційної моделі на ПАТ «Турбоатом»

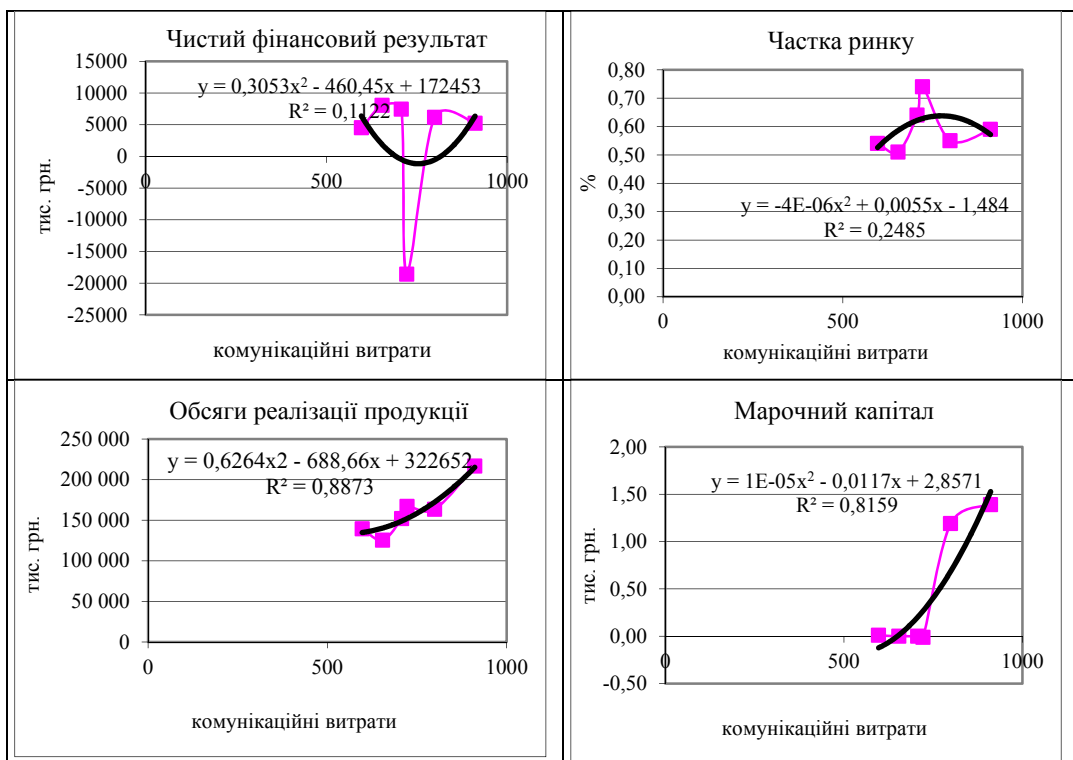


Рис. 2. Динаміка показників, визначених для оптимізаційної моделі на ПАТ «Електромашина»

Оскільки показники, обрані для оптимізаційної моделі, мають різні одиниці виміру (гривні, відсотки, одиниці), то для визначення функції тренду необхідно провести їх нормалізацію для уникнення різниці у порядку чисел у показниках.

Для проведення нормалізації було додатково визначено середньоквадратичне відхилення та середнє значення числового ряду по кожному з обраних показників для кожного з розглянутих підприємств.

Динаміку нормалізованих показників, визначених для оптимізаційної моделі, зображено на рис. 3 і 4. На цих же рисунках вказано відповідні функції та розрахункові величини імовірності апроксимації ( $R^2$ ) для підтвердження достовірності більшості з отриманих трендів.

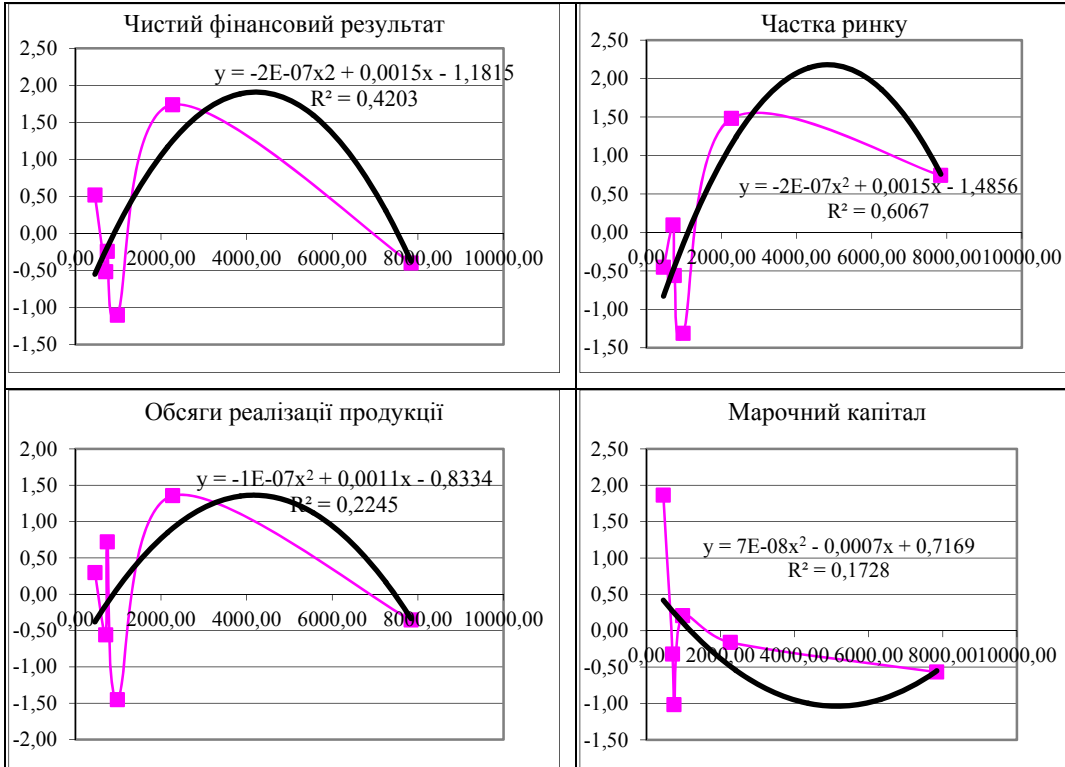
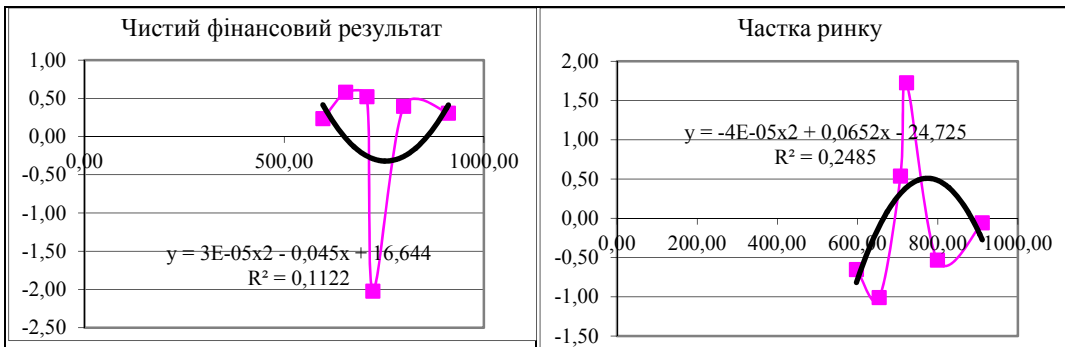


Рис. 3. Динаміка показників, визначених для оптимізаційної моделі на ПАТ «Турбоатом» після їх нормалізації



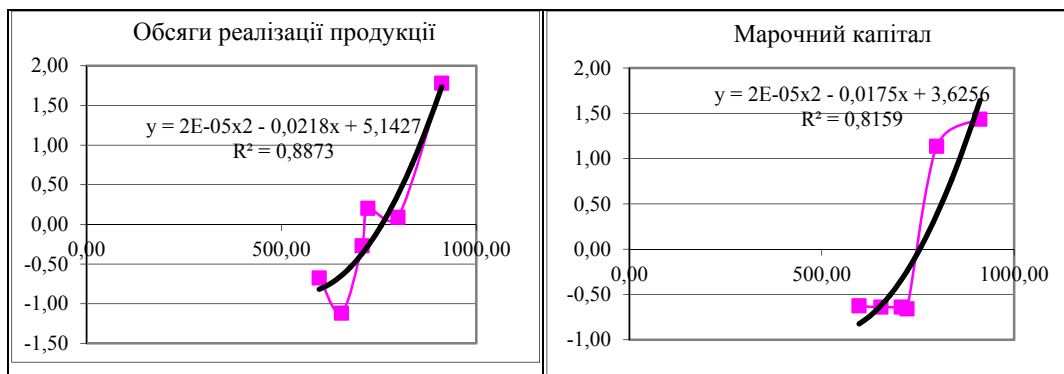


Рис. 4. Динаміка показників, визначених для оптимізаційної моделі на ПАТ «Електромашина» після їх нормалізації

Наведені на рис. 3 і 4 тренди показників, визначених для оптимізаційної моделі після їх нормалізації, вказують на їх різноспрямованість, тобто кожна функція досягає свого екстремуму у різний час. Оскільки кожна з цих функцій має свій оптимум, і визначення єдиного переважного критерію неможливо, то задачу можна вирішити за допомогою методу багатокритеріальної (векторної) оптимізації [10].

У якості методу рішення багатокритеріальної задачі було використано найбільш розповсюджений метод згортання векторного критерію. Його сутність полягає у перебудові багатокритеріальної (векторної) функції у монотонну (скалярну) за допомогою певного критерію поєднання часткових критеріїв оптимальності з використанням вагових коефіцієнтів відносної важливості цих критеріїв [5].

Для переведення багатокритеріальної задачі в монотонну використаємо мультиплікативний критерій оптимальності, тому що «істотну роль відіграє зміна абсолютних значень часткових критеріїв оптимальності при варіації параметра  $x$ » [11]:

$$F(w, Q(x)) = \prod_{i=1}^n Q_i^{w_i}(x). \quad (2)$$

У такому випадку вирішення задачі знаходження максимального значення кожного часткового критерію оптимальності  $\max^{ЧФР(x)}$ ,  $\max^{Чр(x)}$ ,  $\max^{Ор(x)}$ ,  $\max^{МК(x)}$  може бути зведено до максимізації мультиплікативної функції [5].

По кожному частковому критерію оптимальності обчислюється коефіцієнт відносного розкиду за формулою:

$$\delta_i = \frac{\max Q_i(x) - \min Q_i(x)}{\max Q_i(x)} = 1 - \frac{\min Q_i(x)}{\max Q_i(x)}. \quad (3)$$

Він визначає максимально важливе відхилення по  $i$ -му частковому критерію. Тобто вагові коефіцієнти  $w_i$  набувають максимального значення для тих критеріїв, відносний розкид яких є більш ваговим.

За дослідженими підприємствами у табл. 1 наведено результати та порядок розрахунків вагових коефіцієнтів  $w_i$  функцій показників, визначених для оптимізаційної моделі.

Таблиця 1

РОЗРАХУНКИ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ  $w_i$ 

Формула	Комунікаційні витрати для ПАТ «Турбоатом», тис. грн						Показники			
	454,92	708,42	745,98	981,12	2268,57	7839,03	$\max Q_i(x)$	$\min Q_i(x)$	$\delta_i$	$w_i$
$\text{ЧФР}(x)$ $y = -0,0000002x^2 + 0,0015x - 1,1815$	-0,54	-0,22	-0,17	0,10	1,19	-1,71	1,19	-1,71	2,4370	0,1124
$\text{Чр}(x)$ $y = -0,000002x^2 + 0,0015x - 1,4856$	-0,84	-0,52	-0,48	-0,21	0,89	-2,02	0,89	-2,02	3,2716	0,151
$\text{Ор}(x)$ $y = -0,0000001x^2 + 0,0011x - 0,8334$	-0,35	-0,10	-0,07	0,15	1,15	1,64	1,64	-0,35	1,2151	0,0561
$\text{МК}(x)$ $y = 0,00000007x^2 - 0,0007x + 0,7169$	0,41	0,26	0,23	0,10	-0,51	-0,47	0,41	-0,51	2,2371	0,1032
П									21,6725	0,0000
Формула	Комунікаційні витрати для ПАТ «Електромашина», тис. грн						Показники			
	597,00	654,00	707,00	722,00	799,00	911,00	$\max Q_i(x)$	$\min Q_i(x)$	$\delta_i$	$w_i$
$\text{ЧФР}(x)$ $y = 0,00003x^2 - 0,045x + 16,644$	0,47	0,05	-0,18	-0,21	-0,16	0,55	0,55	-0,21	1,3796	0,7486
$\text{Чр}(x)$ $y = -0,00004x^2 + 0,0652x - 24,725$	-0,06	0,81	1,38	1,50	1,83	1,48	1,83	-0,06	1,0311	0,5595
$\text{Ор}(x)$ $y = 0,00002x^2 - 0,0218x + 5,1427$	-0,74	-0,56	-0,27	-0,17	0,49	1,88	1,88	-0,74	1,3953	0,7572
$\text{МК}(x)$ $y = 0,00002x^2 - 0,0175x + 3,6256$	0,31	0,73	1,25	1,42	2,41	4,28	4,28	0,31	0,9285	0,5038
П									1,8427	0,1598

У результаті введення розрахованих вагових коефіцієнтів і нормалізованих функцій було отримано узагальнюючі скалярні функції  $F$  для розглянутих підприємств (табл. 2).

Таблиця 2

**УЗАГАЛЬНЮЮЧІ СКАЛЯРНІ ФУНКЦІЇ F РОЗРАХУНКУ ОПТИМАЛЬНОГО  
ОБСЯГУ ВИТРАТ НА МАРКЕТИНГОВІ КОМУНІКАЦІЇ**

Підприємство	Узагальнюючі скалярні функції F
ПАТ «Турбоатом»	$F(x) = (-0,0000002x^2 + 0,0015x - 1,1815)^{0,1124} - (-0,000002x^2 + 0,0015x - 1,4856)^{0,151} - (-0,0000001x^2 + 0,0011x - 0,8334)^{0,0561} - (0,00000007x^2 - 0,0007x + 0,7169)^{0,1032}$
ПАТ «Електромашина»	$F(x) = (0,00003x^2 - 0,045x + 16,644)^{0,7486} - (-0,00004x^2 + 0,0652x - 24,725)^{0,5595} - (0,00002x^2 - 0,0218x + 5,1427)^{0,7572} - (0,00002x^2 - 0,0175x + 3,6256)^{0,5038}$

*Джерело:* Розраховано авторами на основі даних табл. 1 та електронних таблиць Microsoft Excel.

Знаходження оптимального рішення багатокритеріальної оптимізації полягає в необхідності отримання екстремуму скалярної функції  $F$  і вирішенні рівняння:  $F'(x)=0$ . Його рішення і означає обсяг витрат на маркетингові комунікації, при яких підприємство отримує максимальний прибуток, максимальну частку ринку, максимальні об'єми реалізації продукції та максимальний марочний капітал.

Результати розрахунків задачі багатокритеріальної оптимізації засвідчують відсутність на кожному з досліджених машинобудівних підприємств єдиного оптимального рішення  $x^*$ , але по кожному підприємству було отримано сім ефективних точок (рішень, оптимальних за Парето)  $x^0$ . Результати розрахунків наведено у табл. 3.

Таблиця 3

**РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ПОШУКУ ОПТИМАЛЬНОГО ОБСЯГУ ВИТРАТ НА МАРКЕТИНГОВІ  
КОМУНІКАЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА (ОПТИМАЛЬНІ ЗА ПАРЕТО), ТИС. ГРН**

	ПАТ «Турбоатом»	ПАТ «Електромашина»
$x_1^0$	880,30	111,22
$x_2^0$	1073,18	340,15
$x_3^0$	1165,25	449,00
$x_4^0$	4507,32	568,17
$x_5^0$	6484,13	683,79
$x_6^0$	7791,53	957,20
$x_7^0$	9150,95	1343,02

*Джерело:* Розраховано авторами на основі даних табл. 2 та програмного пакету Mathcad 14 фірми MathSoft.

Наведені результати засвідчують відсутність єдиного оптимального обсягу витрат на маркетингові комунікації на кожному з досліджуваних підприємств. По кожному з підприємств було отримано сім результатів, проте не по кожному з них існує сім обсягів витрат на маркетингові комунікації, за яких виконується більшість з вказаних тенденцій.

У результаті введення розрахованих значень рішення багатокритеріальної оптимізації  $x^0$  у вихідні функції, наведені на рис. 1 — 2, було отримано оптимальні значення визначених для дослідження показників. Ці значення наведено у табл. 4.

Таблиця 4

**ОПТИМАЛЬНІ ЗНАЧЕННЯ ВИТРАТ НА МАРКЕТИНГОВІ КОМУНІКАЦІЇ ТА ВІДПОВІДНІ ЗНАЧЕННЯ ВИЗНАЧЕНИХ ПОКАЗНИКІВ НА ДОСЛІДЖЕНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ**

Показники	$x_1^0$	$x_2^0$	$x_3^0$	$x_4^0$	$x_5^0$	$x_6^0$	$x_7^0$
ПАТ «Гурбоатом»							
х, тис.грн	880,30	1073,18	1165,25	4507,32	6484,13	7791,53	9150,95
ЧФР(x)	-0,02	0,20	0,29	1,52	0,14	-1,64	-4,20
Чр(x)	-0,32	-0,11	-0,01	1,21	-0,17	-1,94	-4,51
Ор(x)	0,06	0,23	0,31	2,09	2,09	1,67	0,86
МК(x)	0,15	0,05	0,00	-1,02	-0,88	-0,49	0,17
ПАТ «Електромашина»							
х, тис.грн	111,22	340,15	449,00	568,17	683,79	957,20	1343,02
ЧФР(x)	12,01	4,81	2,49	0,76	-0,10	1,06	10,32
Чр(x)	-17,97	-7,18	-3,51	-0,59	1,16	1,04	-9,31
Ор(x)	2,97	0,04	-0,61	-0,79	-0,41	2,60	11,94
МК(x)	1,93	-0,01	-0,20	0,14	1,01	5,20	16,20

*Джерело:* Розраховано авторами на основі даних табл.3 та програмного пакету Mathcad 14 фірми MathSoft.

Перевірка отриманих оптимальних значень відповідно до вихідних умов ( $x_i \geq 0$ ) дозволяє відкинути деякі з рішень, оптимальних за Парето. Оптимальні значення часткових критеріїв оптимальності в цих рішеннях не вдовольняють припустимим вимогам, оскільки мають від'ємне значення. Також відкинемо значення  $x_i$ , за яких показники прибутку, частки ринку, об'ємів реалізації продукції та марочного капіталу будуть мати від'ємне значення, оскільки метою оптимізації є отримання максимальних результатів [5].

**Висновки.** Проведене оптимізаційне моделювання витрат на маркетингові комунікації на прикладі машинобудівних підприємств України враховує показники, які характеризують збільшення чистого фінансового результату діяль-



ності підприємства, а саме: збільшення частки ринку, збільшення товарообігу, збільшення марочного капіталу машинобудівного підприємства, що дозволяє визначити оптимальний рівень витрат на маркетингові комунікації для підприємства.

У досліджених підприємств є єдине оптимальне за Парето рішення, яке забезпечує оптимальний обсяг витрат на маркетингові комунікації з точки зору його чистого фінансового результату, частки ринку, об'ємів реалізації продукції та марочного капіталу.

Для ПАТ «Турбоатом» оптимальним є обсяг витрат на маркетингові комунікації у розмірі 4507,32 тис. грн, для ПАТ «Електромашина» — 957,20 тис. грн.

Подальших досліджень потребує вивчення впливу маркетингових комунікацій машинобудівних підприємств України на збут їх продукції на міжнародних ринках.

### **Література**

1. Василенко Д. В. Підвищення ефективності діяльності підприємств машинобудування. Наукові праці Кіровоградського національного технічного університету. Економічні науки. 2012. №22. С. 43–51.
2. Чорна Л. О., Чорна Н. Ю., Білоус К. В. Дослідження факторів покращення прибутковості машинобудівного підприємства. Ефективна економіка. 2014. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3399>. (дата звернення: 07.03.2019)
3. Карачина Н. П. Машинобудування України: сучасний стан, тенденції та перспективи розвитку за умов економічної кризи. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". 2009. С. 64–70.
4. Норіцина Н. І. Маркетингова політика комунікацій. К: МАУП, 2003. 120 с.
5. Горовий Д. А. Віртуальний капітал підприємства: проблеми і перспективи його використання: монографія. Х.: ХНАДУ, 2013. 280 с.
6. Звіт про фінансові результати. URL: <http://www.turboatom.com.ua/>. (дата звернення: 17.03.2019)
7. Звіт про фінансові результати. URL: <https://electromashina.com.ua/>. (дата звернення: 17.03.2019)
8. Ринкові ціни на акції підприємств. Режим доступу до ресурсу: <http://investfunds.ua/markets/stocks/>. (дата звернення: 10.04.2019)
9. Українська біржа. URL: <http://www.ux.ua/a7080>. (дата звернення: 10.04.2019)
10. Цыпкин Я. З., Красненкер А. С. Стабильные адаптивные алгоритмы векторной оптимизации. Экономика и математические методы. 1978. С. 1181–1188.
11. Банди Б. Методы оптимизации. Вводный курс: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1988. 128 с.

### **References**

1. Vasylenko, D. V. «Pidvyshchennia efektyvnosti diialnosti pidpriumstv mashynobuduvannia» [«Increasing the efficiency of the enterprises of mechanical engineering»]. *Naukovi pratsi Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. Ekonomichni nauky*. 22, (2012). [in Ukrainian]
2. Chorna, L. O. «Doslidzhennia faktoriv pokrashchennia prybutkovosti mashynobudivnoho pidpriumstva» [«Investigation of the factors of improving the profitability of the

machine-building enterprise»] URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3399>. (accessed 07.03.2019) [in Ukrainian]

3. Karachyna, N. P. «Mashynobuduvannia Ukrainy: suchasnyi stan, tendentsii ta perspektyvy rozvytku za umov ekonomichnoi kryzy» [«Machine-building in Ukraine: the current state, trends and prospects of development in the conditions of the economic crisis»] *Visnyk Natsionalnoho universytetu "Lvivska politekhnika"*. (2009). [in Ukrainian]

4. Noritsyna, N. I. *Marketynhova polityka komunikatsii* [Marketing Communications Policy]. K: MAUP, 2003. [in Ukrainian]

5. Horovyi, D.A. *Virtualnyi kapital pidpriemstva: problemy i perspektyvy yoho vykorystannia: monohrafiia* [Virtual capital of the enterprise: problems and prospects of its use] Kh.: KhNADU, 2013. [in Ukrainian]

6. Zvit pro finansovi rezultaty [Statement of financial results] URL: <http://www.turboatom.com.ua/>. (accessed 17.03.2019) [in Ukrainian]

7. Zvit pro finansovi rezultaty [Statement of financial results] URL: <https://electromashina.com.ua/>. (accessed 17.03.2019) [in Ukrainian]

8. Rynkovi tsyny na aksii pidpriemstv [Market prices for shares of enterprises] URL: <http://investfunds.ua/markets/stocks/>. (accessed 10.04.2019) [in Ukrainian]

9. Ukrainska birzha [Ukrainian Exchange] URL: <http://www.ux.ua/a7080>. (accessed 10.04.2019) [in Ukrainian]

10. Tsvipkin, Ya.Z. «Stabilnyie adaptivnyie algoritmy vektornoy optimizatsii» [«Stable adaptive algorithms for vector optimization»] *Ekonomika i matematicheskie metody*. (1978). [in Russian]

11. Bandi, B. *Metody optimizatsii. Vvodnyv kurs: per. s angl.* [Optimization methods. Introductory course]. M.: Radio i svyaz. (1988). [in Russian]

## **ОПТИМИЗАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТРАТ НА МАРКЕТИНГОВЫЕ КОММУНИКАЦИИ ДЛЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ УКРАИНЫ**

**Дмитрий Анатольевич Горовой,**

доктор экон. наук, профессор кафедры  
экономики и маркетинга,

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»

**Светлана Витальевна Чернобровкина,**

старший преподаватель кафедры экономики  
и маркетинга,

Национальный технический университет  
«Харьковский политехнический институт»

**Аннотация.** Исходя из влияния маркетинговых коммуникаций на экономический эффект деятельности предприятия, определен оптимальный размер затрат на них. Проведено оптимизационное моделирование затрат на маркетинговые коммуникации на примере машиностроительных предприятий Украины с точки зрения их чистого финансового результата, доли рынка, объемов реализации продукции и марочного капитала. Определены

показатели деятельности машиностроительных предприятий для выполнения оптимизации затрат на маркетинговые коммуникации за шесть периодов. По полученным показателям построены линии трендов и определены их функции. Проведено нормализацию функций трендов во избежание разницы в порядке цифр в показателях. Для определения оптимального размера маркетинговых коммуникаций использован метод многокритериальной оптимизации.

**Ключевые слова:** маркетинговые коммуникации, затраты, машиностроительные предприятия, оптимизационное моделирование, многокритериальная оптимизация.

## OPTIMIZING MODELING OF COSTS ON MARKETING COMMUNICATIONS FOR ENGINEERING ENTERPRISES OF UKRAINE

**Dmytro A. Gorovyi,**

Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Department of Economics and Marketing,  
National Technical University "Kharkiv  
Polytechnic Institute"

**Svitlana V. Chernobrovkina,**

Senior Lecturer, Department of Economics and Marketing,  
National Technical University  
"Kharkiv Polytechnic Institute"

**Abstract.** Among the means, which allow to increase profit of the company, use marketing communications, the task of which is to increase sales volumes, change the attitude of potential consumers to the enterprise, etc. Based on the influence of marketing communications on the economic effect of the enterprise, the optimal amount of expenses for them is determined. Parabolic trends are used, since they have only one optimal criterion — the extremum of the function for the optimization model. The optimization modeling of marketing communications costs is carried out on the example of machine-building enterprises of Ukraine in terms of their net financial result, market share, sales volumes and brand equity. The indexes of activity of machine-building enterprises for performance of optimization of expenses for marketing communications for six periods are determined. Trend lines are constructed according to the determined indicators and their functions are determined. The normalization of trend functions is carried out to avoid the difference in the order of numbers in the indicators. To determine the optimal size of marketing communications, the method of multi-criteria optimization is used. The investigated companies have the only optimal solution for Pareto, which provides the optimal cost of marketing communications in terms of its net financial result, market share, sales volumes and brand equity.

**Keywords:** marketing communications, costs, engineering enterprises, optimization modeling, multi-criteria optimization.

*Стаття надійшла до редакції 15.04.2019*