

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ВИРОБНИЧОГО ОБ'ЄДНАННЯ, ЯК ВЕРТИКАЛЬНО ІНТЕГРОВАНОЇ СИСТЕМИ

Шерстенников Ю.В., к. ф.-м. н.

Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара

Стаття присвячена дослідженню роботи вертикально інтегрованих систем у реальному часі. Розроблена модель виробничого об'єднання, яке є вертикально інтегрованою системою. На підставі розробленої моделі створені методики планування взаємоузгодженої роботи підприємств, які є складовими частинами виробничого об'єднання. Дослідженій вплив зовнішніх інвестицій на економічні показники роботи виробничого об'єднання. Виконане порівняння впливу рекламної компанії й ступені розгалуженості мережі роздрібної торгівлі на економічні показники роботи виробничого об'єднання.

Ключові слова: моделювання, виробниче об'єднання, вертикальна інтеграція, рекламна компанія, торговельна мережа.

The article is devoted to research of work of vertically integrated systems in real time. The model of production association which is vertically integrated system is developed. On the basis of the developed model planning techniques co-ordinated works of the enterprises which are production association components are created. Influence of external investments on economic indicators of work of production association is investigated. It is executed comparisons of influence of the advertising company and degree of a network branching of retail trade on economic indicators of work of production association.

Keywords: modelling, production association, vertical integration, the advertising company, a trading network.

Актуальність проблеми. Сучасним великим фірмам, виробничим об'єднанням, корпораціям, як правило, властива одночасно і вертикальна, і горизонтальна структури. Найбільший економічний результат при об'єднані декількох підприємств чи фірм досягається за умови, що вони утворюють вертикально інтегровану структуру. Саме такі виробничі об'єднання (ВО) будуть предметом дослідження в даній статті.

Фірма розглядається як вертикально інтегрована, якщо в її рамках ви-

користуються два (або більш) відносно замкнених виробничих процесу, причому: або весь обсяг виробництва проміжного продукту повністю або частково покриває потреба в одному з ресурсів, необхідних для виробництва кінцевого продукту; або потреба в одному з ресурсів, необхідних для виробництва кінцевого продукту, повністю покривається за рахунок повного або часткового використання виробленого проміжного продукту.

Стимули вертикальної інтеграції можуть бути розділені на п'ять класів [6]: економія на виробничих витратах (технологічна економія); економія на трансакційних витратах; недосконалість ринку; розширення монопольної влади (стратегічні переваги); зниження тиску державного регулювання.

Аналіз останніх наукових досліджень. Питанням роботи великих виробничих систем присвячені дослідження багатьох науковців: Б. Адамов, О. Амоша, Я. Берсуцький, Г. Білоус, Л. Буряк, З. Варналій, Л. Воротіна, А. Воронков, В. Геєць, М. Єрмошенко, О. Кириченко, Т. Клебанова, А. Козаченко, Т. Кондратюк, В. Кредісов, О. Кужель, І. Кузнецової, М. Лепа, Ю. Лисенко, Д. Ляпіна, В. Ляшенко, Ю. Макогон, Л. Матросов, О. Микитюк, В. Сахаров, В. Сизоненка, О. Стороженко, Л. Хмелевська, В. Христіановський, М. Чумаченко та інших.

В роботі [5] зазначається, що необхідність застосування системного аналізу в управлінні вертикально-інтегрованими системами обумовлена складністю й різноманіттям видів виробничої діяльності вертикально-інтегрованих систем, а також взаємозв'язком процесів діяльності вертикально-інтегрованих систем. Системний аналіз виробничої діяльності складних економічних систем виконувався в роботах [3, 4]. В цих роботах розроблена концептуальна схема оперативного регулювання виробництва, в якій викладені принципи узгодження роботи великої кількості підрозділів підприємства. На базі цієї концептуальна схеми розроблена низка моделей, які дозволяють вирішувати задачі оперативного управління складними економічними системами.

Не вирішеною лишається проблема розробки динамічних моделей вертикально-інтегрованих систем, які б давали змогу, з одного боку, досліджувати поточну діяльність системи у реальному часі, а з іншого – планувати стратегію розвитку вертикально-інтегрованих систем таких, як ВО, великі промислові комплекси, корпорації і т. ін. Оскільки для

вертикально інтегрованих структур існує тісна технологічна залежність між обсягами виробництва різних складових елементів (підприємств), то планування роботи, а тим більше розвитку, таких систем повинно включати два етапи: етап взаємоузгодженого планування роботи усіх складових елементів і етап планування роботи кожного виробничого елемента у відповідності із завданням, яке сформоване на першому етапі. Таке (двоетапне) планування має здійснюватись на підставі відповідних методик, які дозволяють досліджувати і планувати поточну діяльність ВО. Саме таке завдання ставилося в даній статті.

Метою роботи є розробка комплексу динамічних моделей, що описують роботу вертикально-інтегрованих систем у реальному часі і створення на їх основі методик планування інвестиційного розвитку вертикально-інтегрованих систем.

Викладення основного матеріалу дослідження. При розробці економіко-математичної моделі вертикально інтегрованої фірми має бути застосований двоїстий підхід до вивчення вертикально-інтегрованої системи: як відособленої складної динамічної системи, яка розвивається по характерних для таких систем закономірностях, і як частини відповідної ринкової структури. Вертикально-інтегрована економічна система схематично представлена на рис. 1.

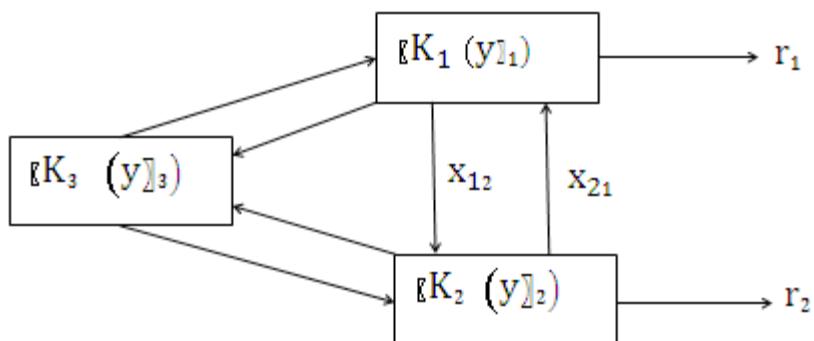


Рис. 1. Схема вертикально-інтегрованої економічної системи

Будемо вважати, що це є схема ВО, що містить три групи підприємств. Група підприємств, що позначено блоком K_3 , випускає проміжну продукцію, яка використовується у виробництві двох груп кінцевої продукції - r_1 та r_2 . Групи підприємств, що позначені блоками K_1 , K_2 , випускають поряд з кінцевою продукцією також і проміжну - x_{12} , x_{21} .

Надалі будемо вважати, що на рис. 1 схематично зображене ВО, що складається з трьох підприємств. На рис. 1 показані також потоки кінцевої і проміжної продукції між трьома підприємствами ВО. Темпи виробницт-

ва підприємств у вартісному вираженні є y_1, y_2, y_3 . Проміжну продукцію будемо визначати як $x_{ij} = a_{ij}y_j$, де коефіцієнти a_{ij} – означають витрати i -го продукту на виробництво одиниці j -го продукту у вартісному вираженні.

Зрозуміло, що підвищення попиту на кожний кінцевий продукт веде до збільшення випуску всіх видів продукції. Процес взаємоузгодження випуску для підприємств ВО, що має структуру зображену на рис. 1, може бути представлений системою диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{dy_1}{dt} = a_{12}y_2(t) + a_{13}y_3(t) + r_1(t) - y_1(t), \\ \frac{dy_2}{dt} = a_{21}y_1(t) + a_{23}y_3(t) + r_2(t) - y_2(t), \\ \frac{dy_3}{dt} = a_{31}y_1(t) + a_{32}y_2(t) - y_3(t). \end{cases} \quad (1)$$

В загальному випадку, коли ВО складається з N підприємств ця система може бути записана в матричному вигляді:

$$\frac{dY}{dt} = (A - E)Y + D, \quad (2)$$

де A – квадратна матриця $N \times N$, діагональні елементи якої дорівнюють 0;

$$D \text{ – вектор кінцевої продукції: } D = \begin{pmatrix} r_1 \\ r_2 \\ \vdots \\ r_N \end{pmatrix}.$$

Розглянемо постановку задачі інвестиційного розвитку ВО в загальному виді. Припустимо, що портфель замовлень на кожний вид кінцевої продукції – r_1 і r_2 сформований на весь плановий період (рік, квартал, місяць). Тоді на підставі системи (1) можна розрахувати випуски продукції кожного з підприємств – y_1, y_2, y_3 , як певні функції часу.

Динаміка розвитку основних виробничих фондів (ОВФ) $K_1(t), K_2(t), K_3(t)$ трьох підприємств визначається на підставі трьох систем рівнянь ($i = 1, 2, 3$) :

$$y_i(t) = f_i(t) * K_i(t), \quad (3)$$

$$\frac{dK_i}{dt} = s_i(t) * M(t) + I_i(t), \quad (4)$$

де $f_i(t)$ – фондовіддача для ОВФ i -го підприємства в періоді t , $M(t)$ – прибуток ВО в періоді t , $s_i(t)$ – коефіцієнт реінвестування для i -го

підприємства в періоді t , $I_i(t)$ – прямі в i -те підприємство інвестиції в періоді t . Замість рівняння (4) може мати місце рівняння:

$$\frac{dK_i}{dt} = s_i(t) * M_i(t) + I_i(t), \quad (4a)$$

де $M_i(t)$ – прибуток i -го підприємства в періоді t . Яке з рівнянь (4) або (4a) треба використовувати залежить від того, яким чином відбувається реінвестування. Якщо кожне підприємство самостійно забезпечує себе коштами для розвитку, то має місце рівняння (4a). У разі коли керівництво ВО централізовано розподіляє певну частину загального прибутку ВО на для потреб розвитку, то треба використовувати рівняння (4).

Виходячи з відомих функцій часу $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$, з системи рівнянь (3), (4) отримуємо динаміку економічних показників $K_i(t)$, $f_i(t)$ і $I_i(t)$, які забезпечують необхідні випуски продукції кожним підприємством. При цьому треба мати на увазі, що фондовіддача $f_i(t)$ має складну залежність від багатьох параметрів виробництва:

$$f_i(t) = \tilde{f}\left(K_i(t), I_i^{(in)}(t), \omega_i(t), t\right), \quad (5)$$

де $I_i^{(in)}$ – інноваційно орієнтована частина загальних інвестицій I_{zi} ($I_{zi} = s_i * M + I_i$), $\omega_i(t)$ – параметр, що описує зміну технології в часі.

Система рівнянь (1) (або (2)), (3) – (5) в загальному виді вирішує проблему планування економічного розвитку виробництва, ціль якого забезпечити виконання портфелю замовлень на плановий період. Якщо залежність (5) відома, то розв'язок задачі планування не викликає великих труднощів. Залежність (5) не завжди буває відома, оскільки зробити висновок про зростання фондовіддачі в часі, як правило, можна лише з певним запізненням. В тому разі, коли треба виконати якісний прогноз розвитку ОВФ на плановий період можна скористатися наступними міркуваннями.

З рівняння (3) (індекс i поки що опускаємо) маємо:

$$\Delta y = \Delta f * K(0) + f(0) * \Delta K$$

Вважаємо, що відносне покращення якості виробничих фондів, тобто відносне збільшення фондовіддачі, за порядком величини збігається з відносним збільшенням вартості ОВФ: $\frac{\Delta f}{f} \sim \frac{\Delta K}{K}$. Тоді можна записати:

$$\Delta f = g \frac{f}{K}, \quad (6)$$

де $\bar{g} \sim 1$, \bar{f} і \bar{K} – середні очікувані значення фондовіддачі і вартості ОВФ. Тепер з рівняння (5) маємо

$$\Delta y = (1 + g) * f(0) * \Delta K . \quad (7)$$

Загальна сума інвестиції $I_s = \sum [(s)_i * M + I_i(t)]$ розподіляється на дві частини $I_s = I_K + I_f$. Одна частина I_K йде на збільшення вартості ОВФ, інша частина I_f на вдосконалення виробництва i , можливо, на впровадження інноваційних технологій. Розподіл інвестицій визначається особливістю технологічного процесу. Цей розподіл будимо описувати параметром $g_1 g_1$:

$$IS = I_K + I_f = g_1 * I_s + (1 - g_1) * I_s . \quad (8)$$

Це означає, що

$$\Delta K = I_K = g_1 * IS . \quad (9)$$

Якщо керівництво ВО визначилося із загальною сумою інвестицій IS , а також виходячи з відомої (планової) динаміки технології $\omega(t)$ має можливість зробити кількісну оцінку параметрів g і g_1 , то рівняння (5) – (8) вирішують проблему планування економічного розвитку ВО.

Виконаємо кількісний розрахунок обсягів інвестиційного забезпечення виробництва на ВО, організаційна структура якого відповідає рис. 1. Цей розрахунок виконується в два етапи. На першому етапі на підставі системи (1) розраховуються темпи планового випуску трьох підприємств $y_1(t), y_2(t), y_3(t)$. Оскільки на цьому етапі не з'ясовуються причини зміни темпів $y_1(t), y_2(t), y_3(t)$, а розраховується лише бажана їх величина, то цей етап може бути названий “кінематичним”. На другому етапі виходячи з рівнянь (3), (4) розраховуються терміни і обсяги інвестиції, які мають забезпечити необхідні темпи випуску. Оскільки на цьому етапі явним образом враховуються причини (інвестиції), що визивають зміну темпів виробництва $y_1(t), y_2(t), y_3(t)$, то цей етап будемо назвати “динамічним”.

Вважаємо, що ВО складається з трьох підприємств, кожне з яких випускає один вид продукції. Зауважимо, що наші розрахунки будуть справедливими і для ВО, що складається з трьох підприємств, і для окремого підприємства, що має три цехи, робота яких відповідає схемі на рис. 1. Припустимо, що портфель замовлень щодо двох видів кінцевої продукції сформований на рік вперед і може бути представлений наступними функціями часу:

$$r_1(t) = \begin{cases} 21,74, & \text{якщо } 0 < t \leq 184, \\ 23,91, & \text{якщо } 184 < t \leq 276, \\ 30,43, & \text{якщо } 276 < t \leq 365, \end{cases} \quad r_2(t) = \begin{cases} 17,39, & \text{якщо } 0 < t \leq 92, \\ 26,1, & \text{якщо } 92 < t \leq 184, \\ 28,26, & \text{якщо } 184 < t \leq 365, \end{cases} \quad (10)$$

На першому (кінематичному) етапі знаходимо плановий випуск трьох підприємств $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$ (що забезпечить потребу в кінцевій продукції відповідно до (10)), як розв'язок системи (1). Систему (1) розв'язуємо в скінчено-різницевій формі з параметром дискретизації 1 день. Значення технологічних параметрів в системі (1) обрані наступними: $a_{12} = 0,6$, $a_{13} = 0,1$, $a_{21} = 0,3$, $a_{23} = 0,15$, $a_{31} = 0,3$, $a_{32} = 0,5$. Результати розрахунків показані на рис. 2.

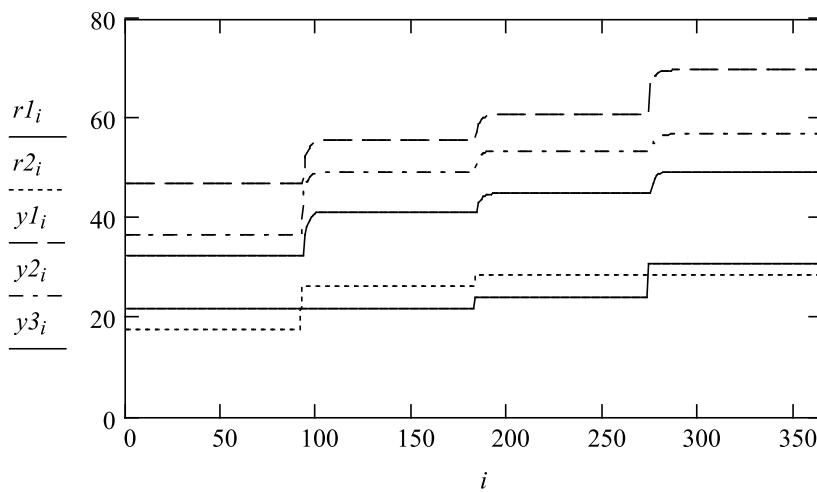


Рис. 2. Темпи планового випуску трьох підприємств $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$, що забезпечують темпи планового продажу (9)

На рис. 2 двома нижніми ломаними показані також темпи продажів r_{1i} і r_{2i} (при переході до скінчено-різницевої форми робимо заміну по-значень: $r_1(t) \rightarrow r_{1i}$ і т. д.).

Після того, як темпи планового випуску трьох підприємств $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$ визначені переходимо до динамічного етапу розв'язку. Вважаємо, що реінвестиції відсутні, тобто $s_i(t) = 0$. На підставі системи рівнянь (3), (4) визначаємо терміни і обсяги інвестиції, що забезпечать часову динаміку темпів $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$, яка показана на рис. 2. При цьому вважаємо, що інвестиції, які зроблені наприкінці першого кварталу ($i = 92$) використовуються для нарощування обсягів (вартості) ОВФ, а інвестиції (I_1), які зроблені наприкінці другого (I_2) та третього (I_3) кварталів ($i = 184, 276$) використовуються для вдосконалення технології, тобто збільшують фондовіддачу при незмінній вартості ОВФ. При цих розрахунках параметр $g_1 g_1$ у формулі (8) був обраний рівним 0,5. Результати розв'язку

представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Розподіл інвестицій по кварталах.

Квартал	Номер підприємства		
	1	2	3
1	$1,717 \cdot 10^3$	$2,196 \cdot 10^3$	$1,54 \cdot 10^3$
2	236,4	170,7	528,9
3	366,5	126,6	167,9
Всього інвестиційних витрат	$2,32 \cdot 10^3$	$2,494 \cdot 10^3$	$2,236 \cdot 10^3$

Обсяги інвестицій, що наведені в табл. 1, забезпечують зростання темпів планового випуску $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$ відповідно до рис. 2. Треба зауважити, що обсяги випуску, які будуть отримані при вирішенні системи рівнянь (3), (4) (і які ми будемо позначати up_1 , up_2 , up_3) при умові, що обсяги інвестицій відповідають табл. 1 дещо відрізняються від планових випусків $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_3(t)$. Ця відмінність пов'язана із лагом додаткових потужностей виробництва. Вивід додаткових ОВФ $k(t)$ на проектну потужність будемо описувати за допомогою рівнянь запізнювання першого порядку (див. [7, 8]):

$$k_{i+1} = \frac{levY_i}{dA0}, \quad Ip_{i+1} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } i < iy - 1, \\ I, & \text{інакше,} \end{cases}$$

$$levY_{i+1} = levY_i + T \cdot \left(Ip_i - \frac{levY_i}{dA0} \right). \quad (11)$$

де $levY_i$ - рівень, що перебуває в запізнюванні, тобто рівень уведення в експлуатацію додаткових потужностей; Ip_i - вхідний темп для рівня $levY_i$; iy - момент початку "включення" додаткових потужностей; I - максимальне значення додаткових потужностей, тобто обсяг інвестицій; $dA0$ - запізнювання.

При цьому рівняння (4) має бути замінено на рівняння:

$$K_{i+1} = K_i + (k_{i+1} - k_i), \quad (12)$$

де k_i – визначено за (11).

Нагадаємо, що параметр реінвестування вважаємо рівним нулю. На приклад, з рівнянь (11), (12) для першого підприємства знаходимо динаміку ОВФ K_{1i} , яка показана на рис. 3. На рис. 3 показаний також масштаб інвестицій в першому кварталі.

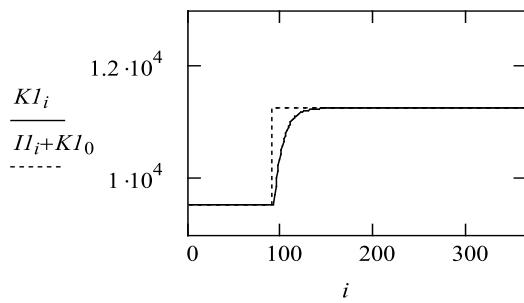


Рис. 3. Динаміка ОВФ для першого підприємства

Виходячи з системи рівнянь (3), (11), (12), а також беручі до уваги щоквартальні інвестиції для першого підприємства (див. табл. 1) знаходимо динаміку обсягів реального виробництва для першого підприємства y_{p1_i} , яка показана на рис. 4.

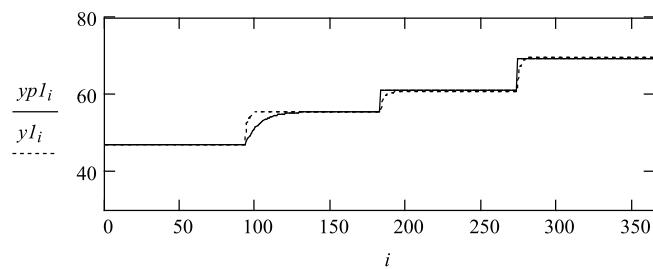


Рис. 4. Динаміка обсягів реального виробництва y_{p1_i} та планового y_{1_i} для першого підприємства

Для порівняння на рис. 1 представлена також динаміка обсягів планового виробництва y_{1_i} для першого підприємства. З рис. 4 видно, що інвестиції, наведені в першому стовпці таблиці, визначені вірно, оскільки вони забезпечують збігання поточного виробництва з плановим.

Визначимо економічні показники роботи ВО для першого підприємства. Чистий прибуток першого підприємства в ($i+1$) періоді розраховуємо за формулою:

$$M_{1_{i+1}} = (1 - kp) * [(1 - kad) * p1 * r1_i - c1 * p1 * y_{p1_i}], \quad (13)$$

де kp – ставка податку на прибуток, kad – ставка податку на додану вартість, $p1$ – ціна товару, $c1$ – частка собівартості в ціні продукції. Прибутки.

Фонд нагромадження з урахуванням ліквідності ОВФ у випадку коли інвестиції залучаються є:

$$F_{1_i} = \sum_{k=0}^{i} M_{1_k} + ld1 * (K_{1_i} - K_{1_0}), \quad (14)$$

де $ld1$ – коефіцієнт ліквідності ОВФ першого підприємства.

Якщо інвестиції не залучаються, то фонд нагромадження є:

$$F_{10i} = M_{10} * i. \quad (15)$$

Економічні показники другого та третього підприємств розраховуються аналогічно. Як грошова одиниця прийнята вартість одиниці кінцевої продукції першого виду ($p_1 = 1$), вартість одиниці кінцевої продукції другого виду визначена як $p_2 = 1.1$. За цієї грошової одиниці собівартості одиниці продукції трьох видів є: $c_1 = 0.2$, $c_2 = 0.25$, $c_3 = 0.18$. Відповідні ліквідності вважаються рівними: $ld_1 = 0.8$, $ld_2 = 0.7$, $ld_3 = 0.75$.

Динаміка прибутку для первого підприємства, обсяги реального виробництва Up_{1i} якого відповідають рис. 4, наведена на рис. 5. Горизонт планування обраний $T = 2$ роки.

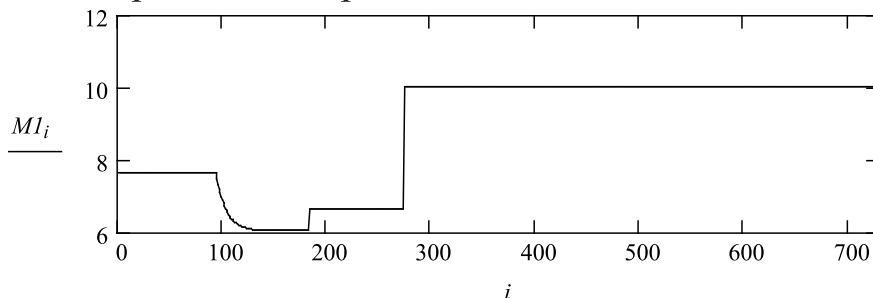


Рис. 5. Динаміка прибутку для первого підприємства

Якщо визначити загальний прибуток ВО як $MS = m_1 + M_2 + M_3$, загальний фонд нагромадження – $FS = F_1 + F_2 + F_3$, фонд нагромадження, якщо інвестиції не залучаються $F_0 = F_{10} + F_{20} + F_{30}$, то будуть отримані результати, які представлені на рис. 6 і 7.

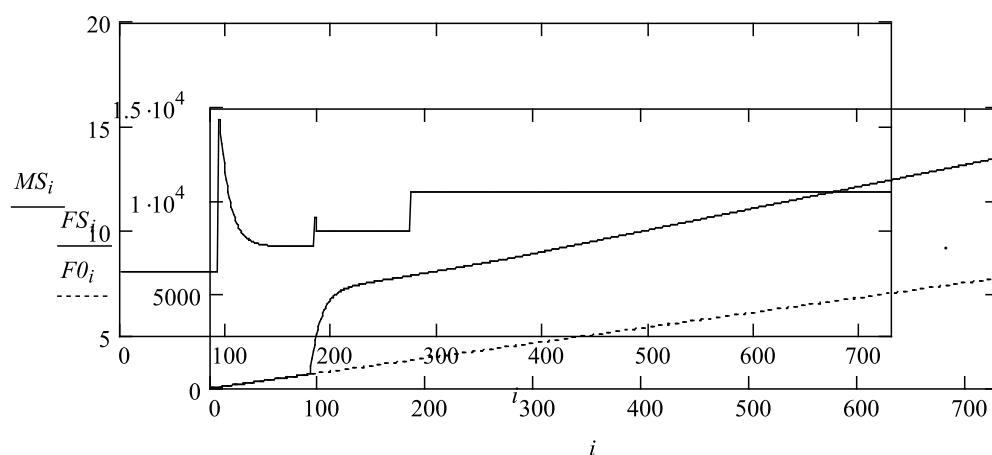


Рис. 6. Динаміка загального прибутку ВО та динаміка загальних фондів нагромадження ВО

Розрахунки приводять до наступних висновків: $\frac{MS_{730}}{MS_0} = 1.472$ – загальний прибуток ВО зростає в 1,47 раз, $\frac{FS_{730}}{FS_0} = 2.092$ – за рахунок інвестицій фонд нагромадження до кінця планового періоду зростає в 2,1 рази, термін

окупності інвестицій складе $t = 674$ днів, тобто в наслідок інвестиційної програми всі економічні показники суттєво покращились.

Вище (перша частина статті) була розроблена методика дослідження впливу зовнішніх інвестицій на економічні показники роботи ВО; реінвестиції вважались відсутніми. Відомо, що основна частина коштів, що йдуть на розвиток вітчизняних підприємств це власні кошти підприємств. Тобто розвиток підприємств, зокрема ВО йде за реінвестиційним механізмом. В другій частині статті, до якої ми зараз переходимо, буде викладена методика планування роботи ВО, яке є вертикально інтегрованою системою, при застосуванні реінвестиційного механізму розвитку.

Вважаємо, що ВО має в своєму складі два підприємства. Структура ВО показана на рис. 7. Наприклад, ВО може складатися з горно збагачувального комбінату (ГЗК) (ОВФ K_1) і металургійного комбінату (ОВФ K_2).

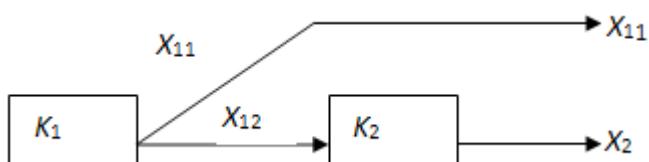


Рис. 7. Схематичне зображення структури ВО і потоків продукції

При цьому частина v продукції ГЗК направляється на металургійний комбінат (МК), а інша безпосередньо надходить на ринок (надлишкова продукція).

ВО виконує моніторинг ринку й фіксує динаміку зміни попиту на продукцію ГЗК й МК за п'ять років 2007 – 2011, що презентовано в табл. 2 (умовні одиниці).

Таблиця 2. Фактичні та прогнозні дані ринкової потреби в продукції ВО

Роки	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Потреба в продукції ГЗК,	0,75	0,81	0,911	1,085	1,155	1,154	1,21	1,288	1,293
Потреба в продукції МК	2,1	2,2	2,5	2,7	3,1	3,3	3,7	3,8	4

Виконавши прогнозування розвитку потреби в продукції на чотири роки вперед за допомогою функції predict у середовищі Mathcad, ВО одержує результати наведені в табл. 2 для 2012 – 2015 рр. У зв'язку із цим виникає необхідність виробити обґрунтований план розвитку ОВФ для кожного з підприємств ПО. Для вирішення цього завдання необхідно розробити математичну модель роботи ВО. Як модель ВО приймаємо наступну систему рівнянь, яка містить основні економічні показники

підприємств ВО:

$$X_1 = f_1 K_1, \quad X_2 = f_2 K_2, \quad (16)$$

$$X_1 = X_{11} + X_{12}, \quad X_{12} = v X_1, \quad X_{11} = (1 - v) X_1, \quad (17)$$

$$X_2 = g X_{12} \quad (18)$$

$$M_{tot} = p_1 X_1 + p_2 X_2 - C_1 X_1 - C_2 X_2, \quad (19)$$

$$M = M_{tot} - N, \quad N = \tau \cdot M, \quad (20)$$

$$\frac{dK_1}{dt} = s_1 M + I_1(t), \quad \frac{dK_2}{dt} = s_2 M + I_2(t), \quad (21)$$

де X_1, X_2 - обсяг виробництва продукції ГЗК й МК, відповідно, за один період (рік) у натуральнім вираженні (кількість одиниць);

X_{11}, X_{12} - частина продукції ГЗК, яка, відповідно, надходить на ринок і споживається металургійним комбінатом;

g - кількість одиниць продукції МК на одну одиницю X_{12} ;

p_1, p_2 - ціна одиниці продукції ГЗК й МК, відповідно;

C_1, C_2 - собівартість одиниці продукції ГЗК й МК, відповідно;

M_{tot}, M - повний і чистий прибуток ПО, відповідно;

τ - ставка податку на прибуток;

s_1, s_2 - параметри реінвестування для ГЗК й МК, відповідно;

$I_1(t), I_2(t)$ - обсяги інвестування для ГЗК й МК у періоді t , відповідно.

Із рівнянь (21) зрозуміло, що ми приймаємо схему реінвестування, яка відповідає рівнянню (4).

Якщо ВО ставить метою свого розвитку досягти обсягів виробництва, які відповідають лише загальній (трендовій) тенденції зміни попиту, то достатньо для випусків кожного підприємства вибрati лінійні функції часу. У якості цих функцій природно вибирati тренди часових рядів з табл. 2:

$$X_1 = 0,070 * t + 0,726 \quad (R^2 = 0,931),$$

$$X_2 = 0,257 * t + 1,76 \quad (R^2 = 0,988). \quad (22)$$

Вихідні й прогнозні дані, а також тренди (22) показані на рис. 8.

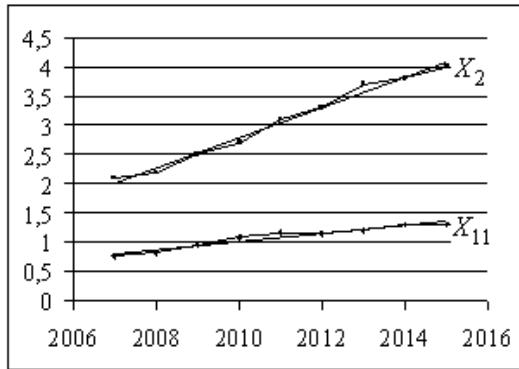


Рис. 8. Динаміка фактичних та прогнозних даних ринкової потреби

Рівняння (21) з урахуванням (16) і (17) можна представити у вигляді:

$$\frac{1}{f_1(1-v)} \frac{dX_{11}}{dt} = s_1 M + I_1(t), \quad \frac{1}{f_2} \frac{dX_2}{dt} = s_2 M + I_2(t), \quad (23)$$

Важаємо, що інвестиції не залучаються: $I_1 = I_2 = 0$. Тоді з (22) і (23) отримуємо:

$$s_1(t) \equiv s_1(t) = \frac{0,07}{(1-v) \cdot f_1 \cdot M(t)}, \quad s_2(t) \equiv s_2(t) = \frac{0,257}{f_2 \cdot M(t)}. \quad (24)$$

На рис. 9 показані результати розрахунків необхідних часток чистого прибутку $s_1(t)$ та $s_2(t)$, які отримані на підставі (24) і які забезпечують зростання темпів постачання продукції на ринок у відповідності із залежностями (22). При розрахунках використовувалися наступні значення параметрів: $v = 0,5$, $g = 1$, $f_1 = 0,75$, $f_2 = 0,85$, $p_1 = 10$, $p_2 = 8$, $C_1 = p_1 * 0,5$, $C_2 = p_2 * 0,4$.

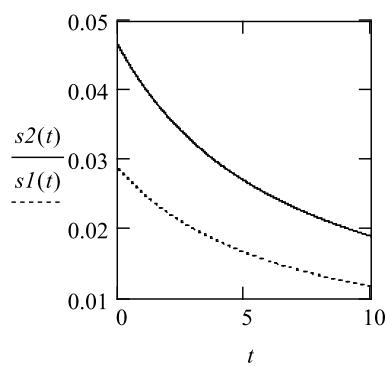


Рис. 9. Часові залежності параметрів реінвестицій для першого та другого підприємств

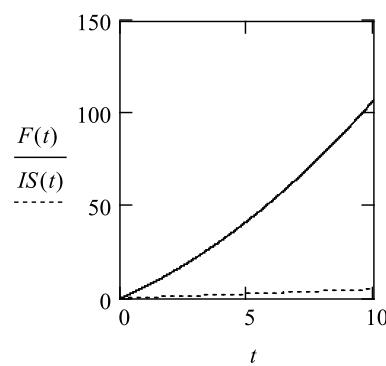


Рис. 10. Динаміка фонду нагромадження та загальних інвестицій

Основний економічний результат діяльності підприємства це його

фонд нагромадження:

$$F(T) = \int_0^T (1 - s_1(t) - s_2(t)) M(t) dt$$

Якщо проект закінчується в момент часу T (горизонт планування), то загальна сума інвестицій складе:

$$IS(T) = \int_0^T (s_1(t) + s_2(t)) M(t) dt.$$

На рис. 10 показані поточні значення фонду нагромадження та загальних інвестицій. Видно, що загальні інвестиції становлять незначну частку фонду нагромадження. Це означає, проект має високу рентабельність за інвестиціями.

Вище були розглянуті випадки, коли ВО пристосовувалось до зростаючих потреб ринка. Тепер розглянемо ситуацію, коли портфель замовлень, що сформований на два роки вперед перевищує виробничі можливості ВО. Тобто ВО має певний запас потенційного попиту і вирішує реалізувати інвестиційний проект для підвищення виробничих потужностей. При цьому вважаємо, що ринкових обмежень не існує і ВО виходить лише з власних інвестиційних можливостей. Зауважимо, що таке припущення в неявному виді робиться в більшості методик по складанню календарних планів інвестиційних проектів.

Нехай керівництво ВО вирішує реалізувати інвестиційний проект протягом трьох кварталів починаючи з періоду $i = 0$. Нагадаємо, що один період це один день; один квартал складає $tk = 92$ періодів. Вважаємо, що ВО має структуру, яка відповідає рис. 1. Во має можливості зробити інвестиції в три етапи в обсягах: 1 квартал - $I1 = 3 * 01^3$, 2 квартал - $I2 = 2,5 * 01^3$, 3 квартал - $I3 = 2 * 01^3$; кожний квартал відповідає окремому етапу. Ці обсяги інвестицій мають бути розподілені між трьома підприємствами 1, 2 і 3, що входять у ВО. Зрозуміло, що інвестиції не можуть бути поділені між підприємствами у довільних пропорціях. Ці пропорції мають бути визначені з використанням системи рівнянь (1). При цьому, на кожному етапі має бути реалізована якась певна ціль. Розглянемо два можливі проекти. Проект П1: на першому етапі (перший квартал) ставиться завдання максимально наростили випуск кінцевої продукції першого підприємства, випуск кінцевої продукції дру-

гого підприємства лишаються незмінними; на другому етапі (другий квартал) навпаки – максимально наростили випуск кінцевої продукції другого підприємства, випуск кінцевої продукції першого підприємства лишаються незмінними; на третьому етапі повторюється ціль первого етапу. Проект П2: на першому етапі ставиться завдання наростили випуск кінцевої продукції первого і другого підприємств пропорційно відповідним початковим значенням випуску цих підприємств; на другому етапі – максимально наростили випуск кінцевої продукції первого підприємства, випуск кінцевої продукції другого підприємства лишаються незмінним; на третьому етапі повторюється ціль первого етапу.

Для складання календарного плану інвестицій для кожного з підприємств треба використовувати систему рівнянь, що складається з трьох рівнянь (1), з 6 рівнянь (3) і (4) (по 2 для кожного підприємства) та 3 рівнянь для чистих прибутків типу (13) (по 1 для кожного підприємства). Цю систему з 12 рівнянь далі будемо позначати – (С1).

Сформульовані вище завдання вирішуються при наступних значеннях параметрів в системі (1): $a_{11} = 0,3$, $a_{13} = 0,05$, $a_{21} = 0,15$, $a_{23} = 0,07$, $a_{31} = 0,15$, $a_{32} = 0,25$. Інші параметри незмінні. Розрахований за системою (С1) розподіл інвестицій для кожного з проектів П1 и П2 по підприємствах для трьох кварталів наведений в табл. 3.

Таблиця 3. Розподіл інвестицій по підприємствах для трьох кварталів

Проект	Підприємство	Квартал		
		I	II	III
П1	1	2287	1040	1832,6
	2	320,2	744,4	585
	3	392,8	671,6	802,4
Всього		$3 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$
П2	1	1521	1906	1014
	2	1009	267	673
	3	470	327	313
Всього		$3 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^3$

На рис. 11 представлена динаміка виробничих потужностей (y) та випусків (r), які буде мати ВО в разі реалізації проекту П1.

Аналогічна картина буде мати місце і для проекту П2. Зауважимо, що при розрахунках за системою (С1) не враховувалось запізнювання у вводі додаткових виробничих потужностей, на відміну від того, як це робилося раніше (див рис. 4). Тому на рис. 11 фактично представлена планові (за проектом П1) виробничі потужності.

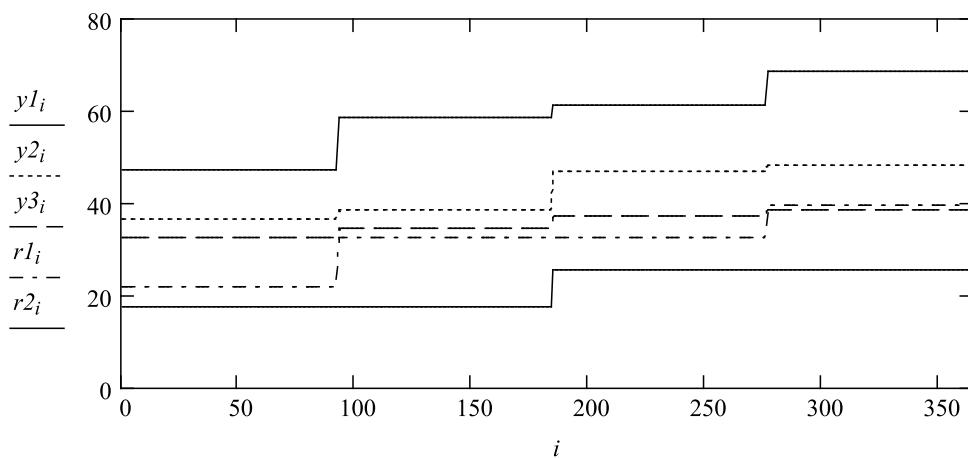


Рис. 11. Динаміка виробничих потужностей та випусків підприємств ВО для проекту П1

Для порівняння економічної ефективності проектів П1 і П2 треба розраховувати загальний прибуток ВО: $MS = M1 + M2 + M3$. На рис. 12 представлені результати розрахунків за системою рівнянь (С1) загального прибутку ВО для проектів П1 та П2.

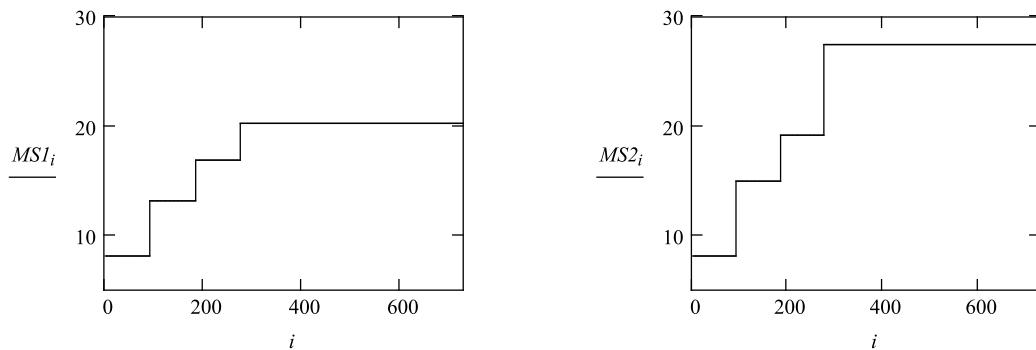


Рис. 12. Динаміка поточного загального прибутку ВО для проектів П1 (ліворуч) та П2 (праворуч)

Розрахунки приводять до висновку, що в результаті реалізації інвестиційного проекту П1 поточний прибуток ВО зростає у 2,5 рази; при реалізації інвестиційного проекту П2 він зростає у 3,4 рази. Ці результати переконливо доводять, що інвестиційний проект П2 є значно ефективніший за проект П1. Зауважимо, що загальні інвестиції по кожному кварталу для обох проектів вважалися однаковими. Це означає, що при розробці інвестиційних проектів для ВО, як і взагалі для будь якої вертикально інтегрованої системи, треба ретельно обирати напрями інвестування і використовувати надійні економіко-математичні методики порівняння

економічної ефективності проектів.

Для з'ясування питання про термін окупності проектів визначимо величину перевищення накопиченого прибутку за наявності інвестицій над накопиченим прибутком при відсутності інвестицій: $Mt_i = \sum_k MS_k - Ms_0 * i$. Тоді термін окупності проектів буде визначатися, як розв'язок рівняння: $Mt_i = IS \equiv I_1 + I_2 + I_3$. На рис. 13 ця задача проілюстрована графічно для первого (ліворуч) та другого (праворуч) проектів.

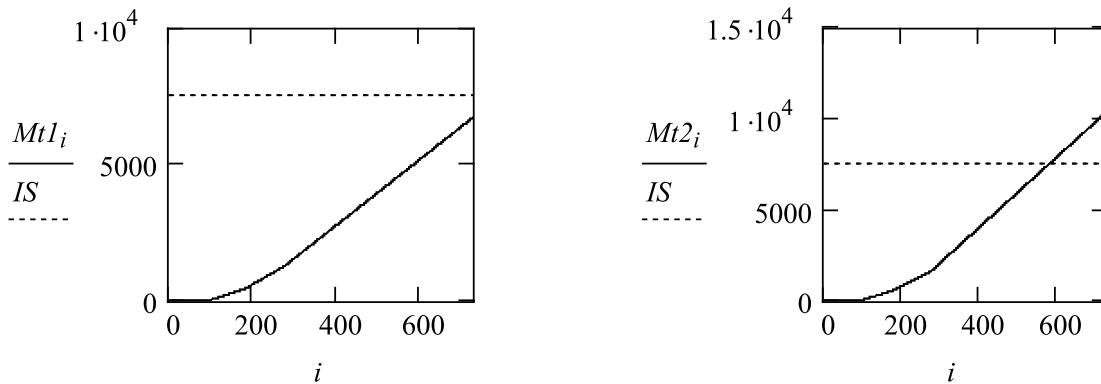


Рис. 13. Розв'язок задачі про термін окупності проектів

Чисельні розрахунки приводять до висновку, що термін окупності первого проекту є 791(день), другого – 578. Це ще раз підтверджує більшу ефективність другого проекту.

Вище була розглянута ситуація коли ВО мало вільну нішу для розвитку, тобто був резерв ненасиченого потенційного попиту. В ринковій економіці частіше трапляється ситуація, коли для забезпечення умов для власного розвитку ВО, фірма має вдатися до певних засобів для збільшення темпу продажів кінцевої продукції. В заключній частині статті розглянемо питання про те, яким чином ВО може збільшити темпу продажів власної продукції і, таким чином, забезпечити собі можливості для нарощування виробничих потужностей.

Основними механізмами збільшення темпу продажів продукції є: рекламна компанія, розширення мережі роздрібної торгівлі (МРТ), оптимізація цінової політики. Останній механізм (цінова політика) в даній статті не розглядається, хоча модель, яка буде представлена нижче, дозволяє це зробити. Однак питання про оптимізацію цінової політики потребує окремого дослідження.

Далі будемо розглядати виробництво і збут продукції повсякденного споживання. При розробці моделі використовуємо ідеї з роботи [2], хоча суттєво їх модифікуємо.

Побудову моделі починаємо з модельного опису впливу рекламної компанії на потенційний попит Q . Будемо вважати, що вплив рекламної компанії на поточний потенційний попит $Q(t)$ описується моделлю Мальтуса (див. [1]):

$$Q_i(t) = Qm_i - (Qm_i - Q_{0i}) * \exp\{-\alpha_i * t\}, \quad (25)$$

де i – номер кінцевої продукції, Q_{0i} – початкове значення потенційного попиту; Qm_i – значення попиту, який може бути досягнутий завдяки рекламній компанії; α_i – параметр, що характеризує інтенсивність рекламної компанії.

Тепер запишемо шість рівнянь моделі, які характеризують ситуацію на ринку:

$$r_i(t) = n_i * N_i(t) * [Q_i(t) - V_i(t)], \quad (26)$$

$$\frac{dV_i}{dt} = r_i(t) - k1_i * V_i(t), \quad (27)$$

де i – номер кінцевої продукції (1, 2); r – темп продажу товару; N - кількість торгових точок в МРТ; n – середній коефіцієнт швидкості продажу товару на одній торговій точці; V - кількість товару у споживачів (ще не спожитого); $k1$ - темп споживання товару (відносний коефіцієнт споживання придбаного товару в одиницю часу).

Система рівнянь (C1) доповнена рівняннями (25) – (27) утворює систему рівнянь (C2), яка далі буде використовуватись. Розрахунки за системою (C2) будуть виконуватись при таких значеннях параметрів (якщо їм не присвоєні інші): $k11 = 0.3$, $k12 = 0.5$, $k21 = 0.01$, $k22 = 0.012$, $a11 = 0.02$, $a12 = 0.015$, $Q1_0 = 450$, $Q2_0 = 350$, $Qm1 = qm11 * q1_0$, $Qm2 = qm12 * Q2_0$, $qm11 = 1.3$, $qm12 = 1.6$, $N1_0 = 100$, $N2_0 = 50$.

На рис. 14 і 15 показані результати розрахунків за системою рівнянь (C2) для рекламної компанії, яка відповідає значенням параметрів $qm11 = 1.3$, $qm12 = 1.6$, тобто відносно помірної рекламної компанії.

З рис. 15 видно, рекламна компанія веде до зростання попиту на продукцію ВО, що проявляється в зростанні товару у споживачів ($V1, V2$) і в зростанні темпів продажів ($r1, r2$). Для забезпечення зростанні темпів продажів відповідно до системи рівнянь (1) мають бути збільшені виробничі потужності підприємств ВО, що відповідає результатам представленим на рис. 14.

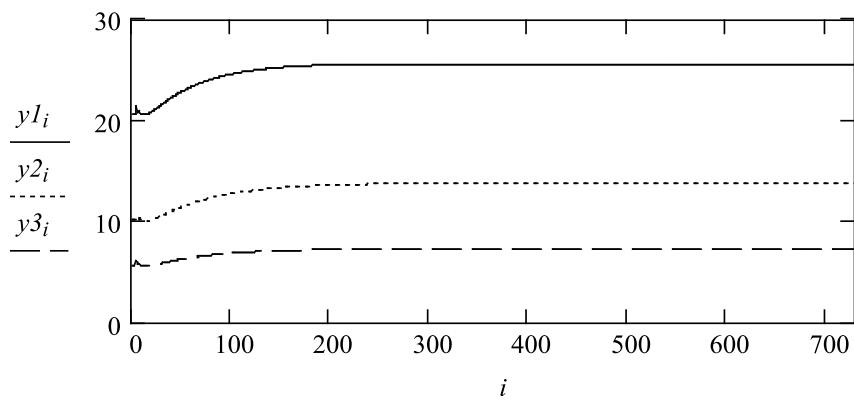


Рис. 14. Динаміка виробничих потужностей підприємств ВО для помірної рекламної компанії

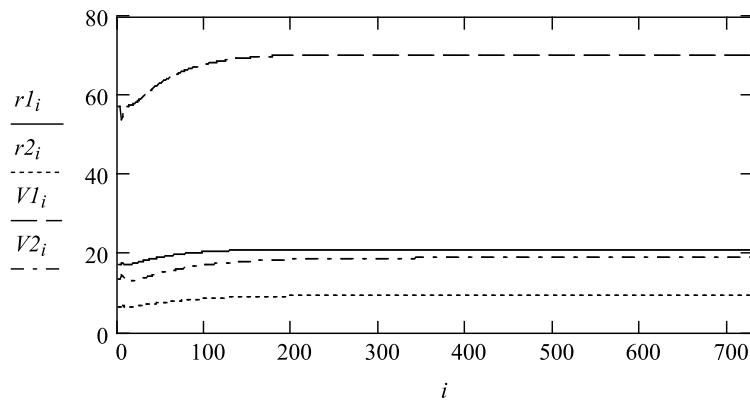


Рис. 15. Динаміка темпів продажів кінцевої продукції ВО і відповідних запасів у споживачів для помірної рекламної компанії

На рис. 16 представлені результати впливу рекламної компанії на динаміку поточного загального прибутку ВО для помірної рекламної компанії ($qm11 = 1.3$, $qm21 = 1.6$) і для інтенсивної рекламної компанії ($qm12 = 1.6$, $qm22 = 2$).

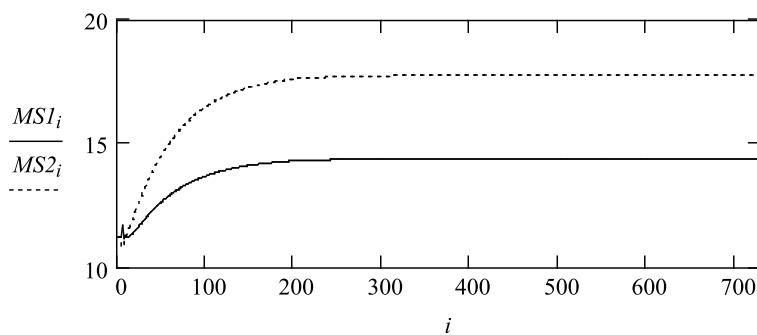


Рис. 16. Динаміка поточного загального прибутку ВО для помірної рекламної компанії (MS1) і для інтенсивної рекламної компанії (MS2)

Розрахунки доводять, що в першому випадку поточний прибуток зростає в 1,28 раз, в другому – в 1,53. Таким чином, можна зробити висновок, про ефективність рекламної компанії. Повний чистий прибуток $MP = \sum MS_i$

складе відповідно:

$$MP_1 = 10294, MP_2 = 12556. \quad (28)$$

Тепер розглянемо другий механізмом збільшення темпу продажів – розширення МРТ. Керівництво ВО вирішує для збільшення темпу продажів вдатися до розширення МРТ. Оскільки вирішення цього завдання потребує певного часу, то припустимо, що розширення МРТ для продукції першого підприємства в 1,5 раз може бути здійсненим починаючи з 100 періоду, а для другого підприємства в 1,4 рази починаючи з 200 періоду.

На рис. 17 і 18 показані результати розрахунків за системою рівнянь (С2) при розширенні МРТ. Порівняння з рис. 14 і 15 приводить до висновку, що вплив розширенні МРТ приводить до економічних наслідків порівняних з наслідками рекламиної компанії.

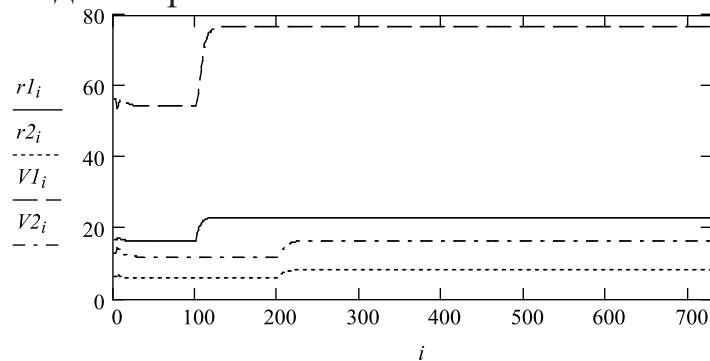


Рис. 17. Динаміка темпів продажів кінцевої продукції ВО і відповідних запасів у споживачів при розширенні МРТ

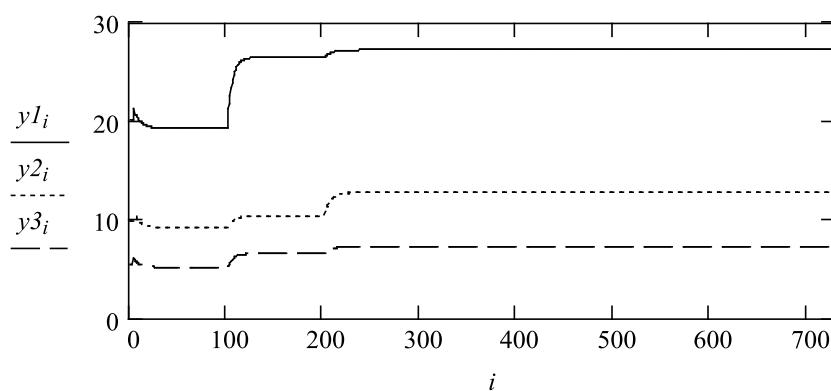


Рис. 18. Динаміка виробничих потужностей підприємств ВО при розширенні МРТ

Динаміка поточного загального прибутку ВО показана на рис. 19. Повний чистий прибуток в цьому випадку становить:

$$MP_{MPT} = 10229, \quad (29)$$

що є близьким до значень які будуть отримані при застосуванні рекламиної компанії, і які наведені в (28).

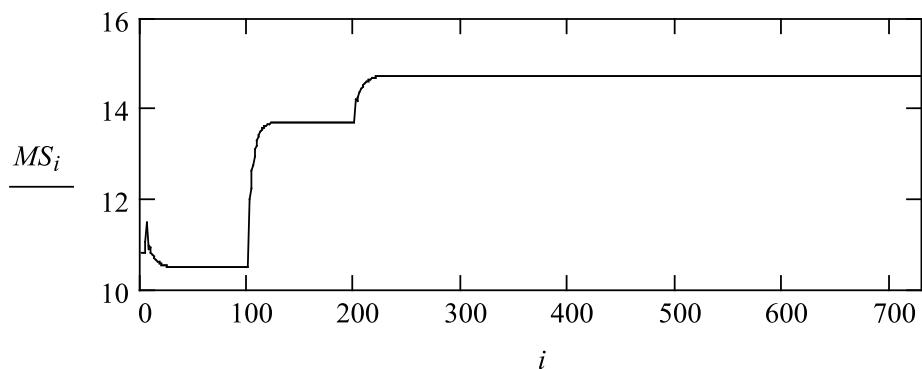


Рис. 19. Динаміка поточного загального прибутку ВО при розширенні МРТ

Якщо відомі витрати на рекламну компанію C_{PK} і витрати на розширення МРТ C_{MPT} , то застосовуючи розроблену вище методику, можна порівняти економічні результати від рекламної компанії і від розширення МРТ виходячи з (28) і (29): якщо $MP_{PK} - C_{PK} > MP_{MPT} - C_{MPT}$, то слід віддати перевагу рекламній компанії, в протилежному випадку – розширенню МРТ.

Висновки. Підсумовуючи вище викладене можна зробити такі висновки.

1) Розроблена модель роботи ВО, яке є вертикально інтегрованою системою. 2) На підставі розробленої моделі створені методики планування взаємоузгодженої роботи підприємств, які є складовими частинами ВО. 3) Досліджений вплив зовнішніх інвестицій на економічні показники роботи ВО. 4) Досліджений реінвестиційний механізм розвитку ВО. 5) Виконано порівняння впливу рекламної компанії і ступені розгалуженості МРТ на економічні показники роботи ВО.

Розроблена в статті модель дозволяє досліджувати вплив цінової політики на економічні результати ВО, а також враховувати обмеження пов’язані з логістикою ВО.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Вітлінський В.В. Моделювання економіки: Навч. посібник. – КНЕУ, 2005. – 408 с.
2. Горский А. А. Динамическая модель процесса производства, хранения и сбыта товара повседневного спроса / А. А. Горский, И. Г. Колпакова, Б. Я. Локшин // Известия РАН. Теория и системы управления. – 1998, № 1. – С. 144-148.
3. Лепа Н.Н. Модели оперативного регулирования производства в условиях изменения рыночного спроса // Економічна кібернетика. – 2005. - № 1-2. – С. 13 – 21.
4. Лепа Р.Н., Тимохин В.М. Прийняття управлінських рішень на підприємстві: теорія

та практика / НАН України, Інститут економіки промисловості. - Донецьк: ТОВ „Юго-Восток Лтд», 2004. - 262 с.

5. Подкорытов А.Л. Системный анализ вертикально-интегрированного предприятия /А.Л. Подкорытов ,А.В. Филиппов//Економічна кібернетика. Міжнародний журнал; Донецький нац. ун-т.–2011. – № 1-2 (55-56). – С. 67-72.
6. Уильямсон О.И. Вертикальная интеграция производства: соображения по поводу неудач рынка // Теория фирмы. – СПб, 1995. – С. 33 – 53.
7. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика): Пер. с англ. / Под ред. Д.М. Гвишиани.–М.: Прогресс, 1971.–340 с.
8. Шерстенников Ю.В. Імітаційна модель інвестиційного розвитку малого підприємства // Економічний простір: Збірник наукових праць. – № 58. – Дніпропетровськ: ПДА-БА, 2012. – С. 266 – 274.