УДК 621.311.1:519.8

Кутковецький В. Я.,
д-р техн. наук, професор, ЧДУ
ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна

ФІЗИЧНІ ЗАКОНИ ЕКОНОМІКИ

Пропонується в економіці застосовувати: фізично обґрунтовані закони, моделі оптимального використання ресурсів держави при максимальному збагаченні у часі, методи підтримки прийняття рішень із планування виробництва в динаміці, урахування залишкових ресурсів у рамках держави. Необґрунтовані економічні втрати в державі зумовлюються тим, що розв'язок матричного рівняння Леонтьєва визначається без оптимізації по меті і без урахування у його складі обмежень. Погіршує становище й те, що за методологією курсу «Дослідження операцій» кожне підприємство орієнтоване на використання власних залишкових ресурсів без їх обміну на залишкові ресурси інших підприємств.

Ключові слова: *фізичні закони економіки; модель оптимального використання ресурсів; мережа з потоками; максимальне збагачення у часі.*

Постановка проблеми. На перший погляд задачі дослідження операцій у масштабі держави спрямовані на системну організацію виробничих процесів при оптимальному використанні ресурсів, тому що по матричному рівнянню Леонтьєва випускаються взаємно узгоджені обсяги продукції в різних галузях народного господарства, а на кожному підприємстві використовуються функції мети, спрямовані на оптимізацію розв'язку проблем. Але такий аналіз має недоліки: матричне рівняння Леонтьєва вирішується за суб'єктивно визначеними експертами обсягами виробництва товарів накопичення без загальної функції мети, без урахування обмежень по виробничим потужностям галузей і по ринкових умовах; кожне підприємство окремо використовує власні залишкові ресурси без аналізу вигідності їх заміни на залишкові ресурси інших підприємств; при аналізі динаміки потоків товарів виникає проблема невизначеності роботи багаторівневої ієрархічної системи управління.

Метою роботи є розгляд питань оптимального використання ресурсів в державі.

Аналіз досліджень і публікацій. Економіку часто розглядають як граф, вузли якого (у вигляді галузі, підприємства, установи з обмеженою виробничою потужністю) споживають і виробляють обмежені за величиною *матеріальні потоки* послуг, а гілки з обмеженою пропускною здатністю служать для протікання цих потоків між вершинами з обмеженою пропускною здатністю [8; 9; 10]. Фізичний закон Кірхгофа про суму однорідних (однокольорових) потоків у вузлі застосовується в економічних моделях, *але не зветься законом*. Аналіз максимального збагачення у часі при математичному програмуванні виконаний у роботах [2; 4; 5]. Величину та розподіл максимального потоку можна визначити по моделях для орієнтованої [8] та неорієнтованої [10] мережі з обмеженням пропускної здатності вузлів [6; 7].

Виклад основного матеріалу. Показники економіки (прибуток, об'єми потоків товарів тощо) різко і непередбачувано змінюються у часі. Тому можна зробити хибний висновок, що відхилення від будь-яких правил є нормою для економічних процесів. Саме тому є важливим *урахування в економіці фізично і експериментально підтверджених жорстких законів*, яким підкоряються *матеріальні* економічні потоки.

У мережі по моделюванню економіки можна виділити наступні розглянуті нижче *фізичні закони*, які описують відповідні типи вузлів з ***матеріальними*** потоками.

1. Закон для вузла розподілу потоків розглядає розділ у вузлі однорідних однокольорових потоків однакової метрики у абсолютних, відносних чи у приведених одиницях виміру (товару, фінансів, нафти тощо; тут колір відповідає матеріальній сутності потоку) і *повторює закон Кірхгофа* для потоків у вузлі. Кількість вхідних або вихідних гілок вузла може бути довільною; гілки – орієнтованими, не орієнтованими, змішаними. Фізичний закон економіки для вузла розподілу потоків має вигляд [1; 6; 7]:

«*Для з'єднаних у вершині простих та складних гілок алгебраїчна сума добутків однорідних однокольорових потоків гілок (чи похідних від потоків по часу) на відповідні перемикаючі функції гілок дорівнює нулю*

$$\sum_{j_i=1}^{M_i} f_{ij_i} q_{ij_i} = 0, \quad \sum_{j_i=1}^{M_i} f_{ij_i} dq_{ij_i} / dt = 0\text{»}, \qquad (1)$$

де f_{ij_i} – перемикаюча функція, яка приймає значення 1, якщо гілка увімкнена, та 0, якщо вимкнена; t – час; $i = 1, 2, \ldots, n$ – порядковий номер вершини мережі; n – загальна кількість вершин у мережі; $j_i = 1, 2, \ldots, M_i$ – порядкові номери сусідніх вершину i – го вузла; M_i – загальна кількість сусідніх вершин у i – го вузла; q_{ij_i} – однорідні (*«однокольорові»*) матеріальні потоки між вершинами i та j_i.

Матричне рівняння Леонтьєва є особливим окремим випадком *вузлів розподілу потоків*, бо описує їх

взаємно пов'язану сукупність, причому кожне окреме рівняння стосується *потоку одного кольору* відповідної галузі (одного товару), але має додаткові ознаки *вузла однокольорової послуги* (див. нижче).

2. Закон для вузла однокольорової послуги розглядає «вузол виробництва *однієї* економічної послуги» *галуззю або окремим підприємством* з урахуванням обмеження об'єму послуги згідно з метою для ієрархічно вищої сукупності вузлів: у вузол входять *різнокольорові потоки* ресурсів, об'єми яких дорівнюють відповідним добуткам *норм витрат ресурсів* на кількість одиниць вихідного однорідного однокольорового потоку послуги. Усі гілки вузла однокольорової послуги – орієнтовані. Кількість вхідних гілок – довільна, вихідна гілка – одна. Тут *норма витрат ресурсів* – це узгоджений об'єм потоку ресурсу, який використовується для випуску одиниці вихідного потоку послуги.

Фізичний закон для вузла однокольорової послуги має вигляд: *будь-яка пара гілок має в кожній гілці однакову кількість норм потоків, узгоджених для виробництва одиниці вихідної послуги, та однакову похідну по часу від цієї кількості*.

Відповідна математична модель описується виразами:

$$N_i = \frac{q_{i1}}{q_{i1}^0} = \frac{q_{i2}}{q_{i2}^0} = \ldots = \frac{q_{iM_i-1}}{q_{iM_i-1}^0} = \frac{q_{iM_i}^i}{q_{iM_i}^{0i}} = \frac{q_{iM_i}}{q_{iM_i}^0}; \qquad (2)$$

$$\frac{dN_i}{dt} = \frac{dq_{i1}}{q_{i1}^0 dt} = \frac{dq_{i2}}{q_{i2}^0 dt} = \ldots = \frac{dq_{iM_i-1}}{q_{iM_i-1}^0 dt} = \frac{dq_{iM_i}^i}{q_{iM_i}^{0i} dt} = \frac{dq_{iM_i}}{q_{iM_i}^0 dt}; \qquad (3)$$

$$q_{ij_i} + \sum_{j_{i\gamma}=1}^{G_{j_{i\gamma}}} q_{ij_{i\lambda}} \le Q_{ij_i}; \qquad \frac{dq_{ij_i}}{dt} + \sum_{j_{i\gamma}=1}^{G_{j_{i\gamma}}} \frac{dq_{j_{i\gamma}}}{dt} \le \frac{dQ_{ij_i}}{dt}, \qquad (4)$$

де N_i – *кількість норм потоків* – неіменоване число, яке при $q_{iM_i}^0 = 1$ вказує кількість одиниць вихідного потоку послуг q_{iM_i}; $q_{ij_i}^0$ – нормований об'єм потоку ресурсу q_{ij_i}, який при $q_{iM_i}^{0i} = 1$ витрачається для випуску одиниці вихідної послуги q_{iM_i}; $q_{iM_i}^i$, $q_{iM_i}^{0i}$ – частка загального вихідного потоку послуги q_{iM_i} та нормований об'єм її витрати (при $q_{iM_i}^0 = 1$), що йдуть для виробництва послуги і розглядаються як потік вхідного ресурсу; $(q_{iM_i} - q_{iM_i}^i)$ – корисний об'єм потоку *i*-ої вихідної послуги, який використовується за межами виробництва даної послуги; $j_{i\gamma} = 1, 2, \ldots, G_{ji\gamma}$ – порядковий номер потоків одного кольору, які мають одне відповідне джерело ресурсів об'ємом $Q_{ji\gamma}$; $G_{ji\gamma}$ – загальна кількість потоків, яку має джерело ресурсів об'ємом $Q_{\gamma ji}$.

Фізичний закон (2) та (3) для вузла послуги може також розглядатись як варіант потоків вартостей у вигляді:

«Для «вузла послуги» вартість у відносних або абсолютних одиницях (чи її похідна) вихідного «однокольорового» потоку дорівнює підсумку вартостей (чи їх похідних) вхідних кольорових потоків ресурсів при однаковій кількості норм потоків у гілках, визначеної по найменшій кількості норм потоків будь-якої гілки».

Тобто у цьому випадку повторюється математична модель (1) у вигляді

$$\sum_{j_i=1}^{M_i} s_{ij_i} = 0, \qquad \sum_{j_i=1}^{M_i} ds_{ij_i} / dt = 0, \qquad (5)$$

при обмеженнях

$$f_{ij_i} = 1; \qquad s_{ij_i} = s_{ij_i}^0 q_{ij_i}; \quad q_{ij_i} = N_i q_{ij_i}^0,$$

де s_{ij_i} – вартість потоку j_i-ої гілки, з'єднаною з *i*-ою вершиною; $s_{ij_i}^0$ – вартість одиниці потоку q_{ij_i}.

По значеннях потоків вартостей можна розрахувати реальні показники потоків, а ринкова вартість та прибуток вихідного потоку визначається ринком.

Усі гілки вузла послуги іменовані (мають «власний колір») і не змінюють напрямків потоків та «колір» потоку (його фізичну сутність). Модель закону (2) – (4) багаторазово підтверджена «фізичними експериментами» в минулому виробництві. Закон (2) – (4) повинен також застосовуватись у випадку визначення вартості виходу як *підсумку вартостей* потоків входів, а також коли на економічні потоки накладається нічим не обмежений процес керування у вигляді *«я так хочу; мені так вигідно; я у цьому впевнений»* без розрахунку вигоди держави. Саме тому для запобігання подібних розбіжностей виробництво у державі повинне мати математично визначену мету.

Для дотримання економетрічного закону (2) та (3), на математичну модель «*вузла послуги*» накладаються *додаткові правила*:

– для всіх гілок цього вузла кількість норм потоків N_i дорівнює найменшій кількості норм будь-якої гілки, а залишкові потоки ресурсів по вхідних гілках повинні бути спрямованими для зберігання у склади; всі додаткові логічні *обмеження величин потоків* (по умовах ринку, по зміні норм, за об'ємом послуг, по комплектності, по пропускним здатностям гілок та вузлів тощо) слід розглядати *як ієрархічно вищі керівні вказівки* по обмеженню потоку будь – якої гілки та вузла послуг, які, за законом (2) – (4), накладаються також на всі потоки гілок як даного, так і інших вузлів послуг;

– замість знаку рівності «=» *для підсумку потоків ресурсів слід використовувати знаки нерівності* «≤» або «≥», які ураховують можливість як рівності потоків так і наявності залишку об'єму потоку у

джерелах, бо вхідний потік будь-якого ресурсу з одного боку має жорсткі математичні залежності (2) та (3), а з іншого боку може обмежуватись по величині нерівністю (4) зі збереженням решти у складах (через розпорядження; внаслідок зміни потоку іншого ресурсу, або потоку виходу тощо).

З рівнянь (2) та (3) випливає, що всі *реальні потоки* вузла послуги можна привести до рівних між собою *приведених потоків*, кожний з яких дорівнює, наприклад, потоку виходу послуги.

Нехтування дискретним характером «кількості норм» N_i дає можливість застосовувати рівняння (1) – (5) для аналізу динаміки економічних процесів у часі.

3. Аналіз потоків вузла різнокольорових послуг стосується «підприємств» та «галузей», у яких ресурси розподіляються по кількох вихідних послугах (далі для скорочення згадується лише «підприємство»). Якщо підприємство має державне замовлення $q_{i\alpha Д}$, то потік виходу $q_{i\alpha}$ може визначатись через нерівність чи рівність:

$$q_{i\alpha} \geq q_{i\alpha Д}\,,\; q_{i\alpha} = q_{i\alpha Д} \qquad (6)$$

де $\alpha = 1, 2, \ldots, A$ – порядковий номер вихідного потоку послуг підприємства.

За методами курсу «Дослідження операцій» відомо, що розв'язок подібної задачі залежить від функції мети. При цьому слід ураховувати, що навіть однакові за вмістом функції мети для держави та підприємства (максимального збагачення у часі, максимального прибутку тощо) *є неадекватними, взаємно суперечливими і несумісними*: неможливо отримати одночасно максимальне збагачення держави (яка збагачується за рахунок підприємства) та максимальне збагачення підприємства. Тут потрібно приймати *компромісне рішення*. За основу такого компромісного рішення, яке може змінюватись, приймемо, що підприємство виконує держзамовлення (6). Далі підприємство з урахуванням умови (6) та ***за власною функцією мети*** визначає потрібні об'єми багатокольорових потоків послуг $q_{i\alpha Д}$, за якими розраховуються відповідні вхідні потоки ресурсів та їх розподіл по потоках вихідних послуг.

При такій організації підприємство з випуском кількох послуг можна розділити на окремі «умовні підприємства», кожне з яких має лише один вихідний потік послуги власного кольору та власні вхідні потоки ресурсів. Хоча аналіз цих «умовних підприємств» виконується окремо з використанням для кожного «умовного підприємства» *закону для вузла однокольорової послуги*, але потрібно ураховувати, що ієрархічно вищий логістичний рівень (у вигляді вузлів: послуг, однієї галузі, галузей – держави) пов'язує їх вихідні потоки власними функціями мети.

4. Оптимізація економічних процесів підприємства за рахунок оптимального використання залишкових ресурсів. Демонстраційна математична модель розв'язку задачі дослідження операцій наведена на рис. 1, на якій урахована сума в грошах $y1 + y2 + y3 = 100$ усіх наявних ресурсів підприємства. Норми виділених ресурсів на виробництво продукції теж вказані в грошах. На підставі отриманого рішення в MathCAD (рис. 1) прибуток згідно з функцією мети дорівнює $F2(x1, x2, y1, y2, y3) := 5x1 + 10x2 = 0 + 10 \cdot 11 = 110$.

ORIGIN:=1

$F2(x1, x2, y1, y2, y3) := 5x1 + 10x2$

$x1 := 0 \quad x2 := 0 \; y1 := 0 \quad y2 := 0 \quad y3 := 0$

GIVEN

$y1 + y2 + y3 = 100 \; 5x1 + 2x2 \leq y1 \; x1 + 4x2 \leq y2 \; 20x1 + 3x2 \leq y3$

$x1 \geq 0 \quad x2 \geq 0 \; y1 \geq 0 \quad y2 \geq 0 \quad y3 \geq 0$ P2:= maximize (F2, x1, x2, y1, y2, y3)

$P2^T =$

1	2	3	4	6
x1	x2	y1	y2	y3
0	11	22	44	33

Рис. 1. Розв'язок задачі оптимального використання ресурсів на підприємстві (MathCAD)

На рис. 2 наведена математична модель вирішення цієї ж задачі рис. 1, але при випадковому розподілі ресурсів.

ORIGIN:=1

$F3(x1, x2) := 5x1 + 10x2 \; x1 := 0 \quad x2 := 0$

GIVEN

$5x1 + 2x2 \leq 30 \; x1 + 4x2 \leq 30 \; 20x1 + 3x2 \leq 40$

$x1 \geq 0 \quad x2 \geq 0$ P3:= maximize (F3, x1, x2)

$P3^T =$

1	2
x1	x2
0,91	7,27

Рис. 2. Модель задачі з дослідження операцій для підприємства при випадковому розподілі ресурсів (MathCAD)

Згідно з рис. 2 прибуток по функції мети зменшується до величини $F3(x1,x2) := 5x1 + 10x2 = = 5 \cdot 0{,}91 + 10 \cdot 7{,}27 = 77{,}3$ (це менше значення *F2 = 110* згідно з рис. 1). Таким чином, резервом збільшення прибутку є надання підприємствам інформації про надлишки ресурсів з метою їх оптимального використання в державі.

5. Матричне рівняння Леонтьєва для товарного балансу. Для аналізу економіки держави може бути використаний *відомий варіант матричного рівняння Леонтьєва*, в якому порядок матричного рівняння дорівнює *не кількості галузей, а кількості товарів і півфабрикатів*:

$$X = Y + AX, \tag{7}$$

де $X^T = \{x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots, x_n\}$ – транспонований вектор потоків усіх вузлів економіки; $i = 1, 2, \ldots, n$ – порядковий номер потоку вузла; n – загальна кількість потоків економіки; $Y^T = \{y_1, y_2, \ldots, y_i, \ldots, y_n\}$ – транспонований вектор об'ємів потоків, які йдуть на продаж (накопичення); A – квадратна матриця матеріальних витрат розмірністю [n: n]; AX – частина потоків, яка йде на виробництво послуг, а також на інші потреби.

Рішення рівняння (7) при заданому обсязі накопиченої продукції Y має відомий вид

$$X = (E - A)^{-1} Y, \tag{8}$$

де E – одинична квадратна матриця розмірністю [n: n] з рівними 1 діагональними елементами і нульовими іншими елементами.

Діагональні елементи квадратної матриці A можна вважати рівними

$$A_{ii} = a_{ii} + \beta_{i1} + \beta_{i2} + \ldots + \beta_{ik} + \ldots + \beta_{iK}, \tag{9}$$

де α_{ii} – коефіцієнт, який враховує витрати на виробництво одиниці продукції x_i; $k = 1, 2, \ldots, K$ – порядковий номер додаткових витрат на виробництво продукції x_j; K – загальна кількість додаткових витрат. До «додаткових витрат» відносимо: амортизацію; податки на утримання соціальної системи, держапарату та армії; зарплату робітникам; оплату інвестицій і т. д.; β_{ik} – коефіцієнт, який враховує «додаткові витрати» k-го порядкового номера на виробництво одиниці продукції x_i.

Для аналізу динамічних процесів в економіці держави можна використати будь-який із методів числового інтегрування диференціальних рівнянь. Наприклад, застосування методу Ейлера дає рішення у вигляді [7]

$$X_2 = X_1 + \Delta X = X_1 + \frac{\Delta X}{\Delta t}\Delta t \approx X_1 + (E - A)^{-1}\frac{\Delta Y}{\Delta t}\Delta t, \tag{10}$$

де $\Delta X = (E-A)^{-1}\Delta Y$ – загальний приріст потоку випуску товарів за час Δt; ΔY – задане *керуючою системою* накопичення потоку товарів за час Δt; X_1, X_2 – вектори валового випуску товарів на початку і в кінці кроку Δt.

На початку процесу числового інтегрування вважаємо, що $X_1 = S_0$, де S_0 – вектор постійних витрат, елементи якого розподілені по типах продукції x_j, які випускаються і перелічені у векторі X. Розрахунки показали, що матричне рівняння Леонтьєва можна удосконалити введенням умовних «галузей», які мають обмеження і у яких дорівнюють нулю накопичена вартість (гроші, трудові ресурси, вода тощо; воду можна розглядати, як «галузь», у якій дорівнюють нулю накопичена вартість та власні витрати).

6. Модель оптимального використання ресурсів держави (рис. 3) має всі переваги матричного рівняння Леонтьєва, але ураховує функцію мети та обмеження по об'єму послуг *x1 ≤ 100, x2 ≤ 300, x3 ≤ 200*. Обмеження можуть ураховувати виробничу потужність (загальну, по якості, по дотриманню стандартів), пропускну здатність мережі, виділені квоти на товари тощо. Модель складена за законом «бета» [3; 5; 6] для потоків у всіх *n = 3* вузлах (для держави *n = 500 ... 2500*) з функцією мети F1 = 25y1 + 2y2 + 3y3, *спрямованою на максимальне збагачення у часі* (її коефіцієнти «25», «2», «3» при змінних накопиченої продукції дорівнюють статистично визначеному відношенню прибутку за одиницю товару до часу отримання прибутку [2]).

ORIGIN:=1

$$F1(y1, y2, y3, x1, x2, x3) := 25y1 + 2y2 + 3y3$$

$$x1 := 0 \quad x2 := 0 \quad x3 := 0 \quad y1 := 0 \quad y2 := 0 \quad y3 := 0$$

GIVEN

$$x1 - y1 - 0.056x1 - 0.074x2 - 0.045x3 = 0$$

$$x2 - y2 - 0.081x1 - 0.027x2 - 0.064x3 = 0$$

$$x3 - y3 - 0.073x1 - 0.055x2 - 0.032x3 = 0$$

$$x1 \le 100 \quad x2 \le 300 \quad x3 \le 200 \; x1 \ge 0 \quad x2 \ge 0 \quad x3 \ge 0$$

$$y1 \le x1 \quad y2 \le x2 \quad y3 \le x3 \; y1 \ge 0 \quad y2 \ge 0 \quad y3 \ge 0$$

P1: = maximize (F1, y1, y2, y3, x1, x2, x3)

$P1^T =$

1	2	3	4	5	6
y1	y2	y3	x1	x2	x3
83,8	0	185,1	100	21,5	200

Рис. 3. Модель оптимального використання ресурсів держави (MathCAD)

За статистичними даними в моделі можна використовувати різні функції мети: з максимізацією прибутку, кількості випущеної продукції, збагачення у часі і т. д.

Розрахунки також довели можливість урахування таких *«галузей», як часу, води, трудових ресурсів, фінансів* тощо, які не мають накопиченої економічної вартості (а час та вода не мають витрат і на власну «галузь»); але всі вони мають обмеження, які впливають на кінцеве рішення. Для проміжних вузлів (*після попередньо отриманого в MathCAD рішення*) в модель можна ввести обмеження їх пропускних здатностей. У складних мережах обмеження можуть надходити: для «вузла послуги» – від «вузла послуг» (та від галузі чи галузей); для «вузла послуг» – від галузі (та від галузей); для окремої галузі – від галузей. Тут під «галузями» розуміється «держава».

7. Аналіз динамічних процесів накопичення продукції держави. Теоретично можна вважати, що за заданий час t_1 вся економічна вартість, визначена за рівнянням (8) або (10), зростає прямолінійно від 0 до X. Але у дійсності елементи вектора X повинні збільшуватися у часі нелінійно при взаємній їх залежності. При цьому випуск продукції можна визначити за формулою (10), для якої значення ΔY за час Δt задається *керуючою системою*, що використовує методи динамічних експертних систем.

Можливий і інший шлях: використати можливості методів електротехніки при відомих початкових і кінцевих об'ємах послуг X для заданого періоду часу t_1: для кожного окремого потоку послуг можна отримати схему заміщення з введеними *керованими у часі* «електричними» ERLC – елементами з відстеженням *керуючою експертною системою* оптимальності взаємно узгодженої послідовності випуску продукції і зміною структури такої мережі за методами, описаними в [1].

8. Вартість часу в економіці. Час потрібно враховувати в задачах дослідження операцій як ресурс, що впливає на прибуток і має власну вартість (подібно вартості сировини, матеріалів, фінансових ресурсів). Частина вартості «часу – ресурсу» можна оцінити по збільшенню ризику у витрачанні коштів, за природного убутку, по фізичному і моральному старінню товару, по втраті попиту, за витратами на зберігання. Наприклад, *витрати* через природний убуток, старіння товару і витрати на зберігання можна представити формулою $d_{T2} = St/T_0$, де S – початкова вартість товару; $t = 0 \ldots T_0$ – зміна часу; T_0 – час, за який товар цілком знецінюється.

Вартість «часу – ресурсу» зростає також внаслідок дисконтування (знецінення) грошей, яким управляють банки [7]. *Дисконтування* – це одноосібно встановлюваний банками ні з ким не узгоджений *щорічний «податок» на користь банківської системи* з усього населення та всіх виробників товарів (у числі інших показників дисконтування). Величина цього «податку» одноосібно визначається великими гравцями банківської системи, яким до того ж надзвичайно вигідні інфляція і фінансові кризи, тому що в гострій фінансовій боротьбі перемагає найбільш багатий, який має засоби впливу на неї та повну інформацію про процеси у фінансовій сфері; крім того, додаткові гроші, що випускаються при інфляції *належать тому, хто їх випускає* (чим більша інфляція, тим більша частина економічної вартості присвоюється; виникаючі проблеми держава і банки перекладають на виробників товарної продукції, тобто в результаті – на населення). Загальну величину цього вже виплаченого «податку» можна приблизно оцінити по збільшенню, наприклад, за десятиліття вартості унції золота у валюті цієї держави (включаючи «міжнародні» валюти). Тому природно було б оцінити вплив часу на випуск продукції введенням, наприклад, в діагональні елементи матриці A матричного рівняння Леонтьєва (1) коефіцієнта часу β_{jk}, що враховує споживання ресурсів на користь держави – виробника паперової «цінності».

9. Логістика – це системна наука оптимізації кінцевих результатів прийняття рішень при плануванні, при теоретичній та практичній підтримці, контролюванні і керуванні в часі і в просторі безперервного «конвеєрного» процесу створення і переміщення *потоків послуг* від постачальника до одержувача по повному або неповному логістичному маршруту з урахуванням впливу: різних рівнів логістики; військових, економічних, організаційних та інформаційних показників; вимог користувача (якості, ціни, часу, місця). Без даних логістики не може бути прийнято рішення щодо планування економічних процесів у державі [7].

У логістичний цикл (логістичний конвеєр) можуть бути включені не тільки ряд окремих підприємств однієї держави, а й самі держави з частковим підпорядкуванням економічних (національних) інтересів держав спільним інтересам транснаціональних логістичних зв'язків. Прикладом може бути об'єднання європейських держав та держав – постачальників нафти.

На сьогодні деякі галузі економіки охоплюють і пов'язують між собою окремі держави взаємною економічною зацікавленістю. Це підштовхує до об'єднання держав або до створення транснаціональних корпорацій, що мають деякі власні позадержавні інтереси. Наприклад, об'єднання будь-яких двох держав з трьох рівноцінних дозволить їм у конкурентній боротьбі задовольняти свої «апетити» за рахунок третьої держави. Недоліком багатьох економетричних систем є те, що вони не розглядають ***повні ієрархічні логістичні цикли*** з урахуванням впливу вищих логістичних рівнів на нижчі та *не враховують максимальне збагачення підприємця в часі з впливом на прибуток* ***часу, як ресурсу*** [7].

10. Випуск продукції державою за повний логістичний цикл. Повний логістичний цикл по продажу товарів розділимо на два етапи:

1. На першому етапі за математичною «*моделлю оптимального використання ресурсів держави*» (при функції мети «максимального збагачення у часі» за статистичними даними) визначається випуск продукції державою з відповідним розподілом держзамовлень по нижчих ієрархічних рівнях.

2. Другий етап логістичного циклу має вигляд транспортної задачі (Т-задачі), у якій «постачальниками» накопиченої продукції Y є галузі держави, кожна з яких випускає один однокольоровий товар. Але «ринки – користувачі» отримують *різнокольорову продук-*

цію. Тому що Т-задача застосовує «*закон для вузла розподілу потоків*», який розглядає вузли для потоків однакової метрики, ми повинні привести усі різнокольорові потоки галузей до єдиної метрики у вигляді «вартості». При цьому тарифи перевезень одиниць потоків Т-задачі *повинні відповідати поставленій функції мети «моделі оптимального використання ресурсів держави»*. На рис. 4 та рис. 5 наведений приклад такої Т-задачі для розподілу потоків трьох галузей $y_{Г1}$, $y_{Г2}$, $y_{Г3}$.

Р И Н К И	Ціна S_{Pj}, *грн*			40	30	25
	Час t_{Pj}, *хв*			5	7	2
	Витрати ΔS_{Pj}, *грн*			4	10	2
	Потоки y_{Pj}, *грн*			20	120	60
Г А Л У З І	3	4	100	2; 10; –23; –23/11; $\boxed{20}$	5; 7; –10; –10/16; $\boxed{20}$	7; 3; –17; –17/13; $\boxed{60}$
	5	2	30	6; 12; –19; –19/13;	15; 4; –11; –11/24; $\boxed{30}$	1; 14; –4; –4/5;
	7	10	70	8; 9; –20; –20/23;	4; 6; –7; –7/21; $\boxed{70}$	10; 12; –4; –4/22;
	Вартість $S_{Гi}$, *грн*	Час $t_{Гi}$, *хв*	Потоки, $y_{Гi}$, *грн*			

Рис. 4. Другий етап логістичного циклу (Т-задача)

t_{ij}; S_{ij}; P_{qij};
P_{Tij}; $\boxed{y_{ij}}$;

Рис. 5.

Формат запису у комірці (i, j) Т-задачі (t_{ij} – час перевезення послуги; S_{ij} – витрати на перевезення одиниці послуги; $P_{qij} = (S_{Pj} - S_{ij} - S_{Гi})$ прибуток за одиницю послуги; $P_{Tij} = P_{qij} / (t_{Гi} + t_{ij} + t_{Pj})$ – інтенсифікація прибутку на одиницю послуги); $\boxed{y_{ij}}$ – отриманий розв'язок потоків перевезення при максимальному збагаченні у часі по даних ($-P_{Tij}$).

На рис. 4 та рис. 5 для трьох галузей на вході до Т-задачі наведені вартість $S_{Гi}$ та час $t_{Гi}$, які стосуються всіх витрат у грошах та витрат часу на виготовлення, зберігання та перевезення одиниці *однокольорових* товарів галузей ($y_{Г1}$, $y_{Г2}$, $y_{Г3}$) до початку перевезення їх на ринки. Для ринків з їх вимогами товарів (y_{P1}, y_{P2}, y_{P3}) наведені витрати в грошах ΔS_{Pj}, витрати часу t_{Pj} та ціна S_{Pj} для одиниці *різнокольорових* товарів галузей. На рис. 4 показані в прямокутниках отримані оптимальні потоки перевезень Т-задачі при максимальному збагаченні у часі (дані «$-P_{Tij}$» взяті зі знаком «–» для узгодження зі спрямуванням на мінімізацію функції мети Т-задачі [2; 4; 5; 7]).

Як бачимо з рис. 4, у цьому випадку виникає суперечлива вимога визначення характеристик ринку стосовно різнокольорових потоків постачання для потоку ринку y_{P2} = 120. Точно ця суперечливість може бути розв'язана визначенням однокольорових ринків (штучним «поділом» існуючого ринку на кілька «однокольорових»), коли на кожний товар галузі приходиться кілька ринків однакового з товаром кольору з наступним обранням серед них оптимальних ринків для товару галузі.

Висновки. 1. Введення в економіку *фізичних законів матеріальних потоків* буде сприяти удосконаленню якості економічного аналізу.

2. Запропонована «*модель оптимального використання ресурсів держави*» має усі переваги матричного рівняння Леонтьєва, але додатково ураховує:

– розраховану за статистичними даними обрану загальну логістичну функцію мети (серед функцій мети головною є *максимальне збагачення держави у часі* [2]);

– обмеження (по виробничій потужності; по угодах; по ринкових квотах; по пропускним здатностям гілок та вузлів; по фінансах; по обмеженням об'ємів води, трудових ресурсів, термінів у часі тощо).

3. Обмеження по часу, трудових ресурсах, воді, фінансах тощо також може бути ураховане і в матричному рівнянні Леонтьєва.

4. Логістичний цикл переміщення товарів від виробника до користувача можна виконати з *єдиною функцією мети* при розділі циклу на два етапи: *виробництво послуг* (яке описується «моделлю оптимального використання ресурсів держави») та *продаж послуг* (яке описується, як модель Т-задачі).

5. Економічний розвиток держави можна прискорити сукупністю заходів:

– застосуванням моделі оптимального використання ресурсів держави;

– оптимальним використанням залишкових ресурсів держави;

– підтримкою прийняття оптимальних економічних рішень у динаміці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Кутковецкий В. Я. Обобщенные методы переключающих функций и их применение для расчета электромагнитных процессов в вентильных цепях : автореферат диссертации на соискание ученой степени д-р техн. наук : Специальности : 05.09.12 – полупроводниковые преобразователи электроэнергии; 05.09.5 – теоретическая электротехника. – Киев : Институт электродинамики АН Украины, 1992. – 30 с.

2. Кутковецький В. Я. Дослідження операцій : [підручник] / В. Я. Кутковецький. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили. – 2007. – Т. 1. – 312 с. – Т. 2. – 272 с.
3. Кутковецький В. Я. Теоретичні основи мереж потоків / В. Я. Кутковецький // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ їм. Петра Могили. – 2011. – Вип. 148. Т. 160. – Комп'ютерні технології. – С. 173–183.
4. Кутковецький В. Я. Оптимізація економічних показників комплексної логістики при максимальному збагаченні у часі / В. Я. Кутковецький // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ їм. Петра Могили. – 2012. – Вип. 179. Т. 191. – Комп'ютерні технології. – С. 32–38.
5. Кутковецький В. Я. Закони потоків мереж при максимальному збагаченні у часі / В. Я. Кутковецький // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили. – 2013. – Вип. 201. Т. 213. – Комп'ютерні технології. – С. 73–38.
6. Кутковецький В. Я. Закони аналізу електротехнічних мереж / В. Я. Кутковецький // Електротехніка і електромеханіка. – 2014. – № 1. – С. 58–61.
7. Кутковецкий В. Я. Законы физики для анализа динамики экономических процессов при максимальном обогащении во времени / В. Я. Кутковецкий // Управление в социальных и экономических системах: материалы международной научно-практической конференции / под ред. Ю. С. Руденко. – М. : Изд. ЧОУВО «МУ им. С. Ю. Витте», 2015.
8. Орлов А. И. Организационно-экономическое моделирование / А. И. Орлов. – М. : КНОРУС, 2011. – 568 с.
9. Чаленко А. Ю. Экономические потоки и антикризисное управление / А. Ю. Чаленко // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 4. – С. 7–15.

Кутковецкий В. Я.,
Черноморский государственный университет им. Петра Могилы, г. Николаев, Украина

Физические законы экономики

Предлагается применить в экономике: физически обоснованные законы, модели оптимального использования ресурсов при максимальном обогащении во времени государства, методы поддержки принятия решений в динамике, учет остаточных ресурсов в рамках государства. Необоснованные экономические потери в государстве обусловлены тем, что решение матричного уравнения Леонтьева определяется без оптимизации по цели и без учета в его составе ограничений. Ухудшает положение и то, что по методологии курса «Исследование операций» каждое предприятие ориентировано на использование собственных остаточных ресурсов без их замены на остаточные ресурсы других предприятий.

Ключевые слова: *физические законы экономики; модель оптимального использования ресурсов; сеть с потоками; максимальное обогащение во времени.*

Kutkovetskyi V. Y.,
Peter Mogyla Black Sea State University, Mykolaiv, Ukraine

Physical laws of economics

It is proposed to apply in the economy: physically based laws, models of optimal resource utilization by the maximum of state's enrichment in time, decision support methods in dynamics, accounting of residual resources in the state. The unreasonable economic losses in the state are due to the fact that the solution of Leontief's matrix equation is determined without using optimal goal and without consideration of the restrictions. The methodology of «Operations Research» course worsens the situation by focusing every company on the use of their own resources without their replacement by the remaining of resources of other companies.

Key words: *econometric physical laws; the model for optimal use of resources; network with flows; the maximal enrichment in time.*

© Кутковецький В. Я., 2015 *Дата надходження статті до редколегії 18.05.2015*