

ФІЗИЧНИЙ ЗАКОН ДЛЯ АНАЛІЗУ ЕКОНОМІКИ НА ОСНОВІ ТАБЛИЦЬ «ВИПУСК – ВИТРАТИ»

Показники економіки (прибуток, об'єми потоків товарів тощо) різко і не передбачувано змінюються у часі. Тому можна зробити хибний висновок, що відхилення від будь-яких законів та правил є нормою для економічних процесів. Але все ж в економіці є фізичний закон, який ніколи не порушувався та не порушуватиметься. Він має вигляд першого фізичного закону Кірхгофа для електричних мереж: «у вузлі алгебраїчний підсумок добутоків струмів простих чи складних гілок (чи їх похідних) та відповідних перемикаючих функцій цих гілок дорівнює нулю». В економіці замість «струмів» потрібно розглядати «потоки послуг». Образно кажучи: щоб отримати на вихідній гілці вузла «потік» у вигляді одного стільця, на вхідних гілках вузла потрібно мати відповідні нормовані «потоки» деревини, фарби, цвяхів, матерії, електричної енергії тощо. Без згадування Кірхгофа, цей фізичний закон часто використовується в економіці, він точно діє у заданий момент часу, охоплює в економіці статичний та динамічний режими, і його ніхто не зможе «відмінити». Але разом з тим вважається, що фізичні закони в економіці не існують (див. підручники та довідники з фізики). Найліпшим прикладом застосування закону Кірхгофа в економіці є матричне рівняння Леонт'єва у вигляді відомих таблиць «витрати – випуск»: кожен рядок цього матричного рівняння відповідає вимогам першого фізичного закону Кірхгофа.

Між тим нехтування накопиченим досвідом застосування закону Кірхгофа та його тлумачення приводить до небажаних обмежень аналізу в економіці і навіть може привести до помилкових висновків. Наприклад, рівняння не охоплюють фінансування, трудові ресурси, наявність вод і, корисних копалин, які не є «галузями», але суттєво впливають на виробництво продукції. Якщо не враховувати брак води в державі, то можна зробити хибний висновок стосовно розвитку атомної енергії.

Розглядається подальше удосконалення вказаних розрахунків з урахуванням функції мети, ресурсів (фінансам, трудовим ресурсам, корисним копалинам, об'ємів води тощо), часу, обмежень потоків у вузлах, та логістичним зв'язкам, які не відносяться до галузей виробництва послуг, але суттєво впливають на економіку.

Ключові слова: фізичні закони економіки; матриця Леонт'єва; мережа з потоками; максимальне збагачення у часі.

Постановка проблеми. Вважається, що в економіці не існує фізичних законів (див. підручники та довідники з фізики), бо в ній безперервно змінюються та не співпадають встановлені вченими «економічні закони», плани розвитку, виділені ресурси тощо. У світі не існує жодної економічної угоди, яка б не була під загрозою невиконання.

Але разом з тим у дійсності вся економіка діє на основі жорсткого фізичного закону, який ніколи не порушувався та не порушуватиметься. Він має вигляд першого фізичного закону Кірхгофа для електричних мереж: «у вузлі алгебраїчний підсумок добутоків струмів простих чи складних гілок (чи їх похідних) та відповідних перемикаючих функцій цих гілок дорівнює нулю» [1, 2]. Цей закон дозволяє розглядати як статичний так і динамічний режими аналізу економічних процесів. В економіці замість «струмів» можна розглядати «потоки послуг», або «потоки собівартості послуг».

Щоб отримати на вихідній гілці вузла мережі «потік» у вигляді одного стільця, на вхідних гілках потрібно мати відповідні нормовані «потоки» деревини, фарби, цвяхів, матерії, електричної енергії тощо. Аналогічні твердження є правильними стосовно задач дослідження операцій [3], якщо залишкові потоки спрямовувати на «склад». Цей закон є фізичним, і його ніхто не може скасувати.

Мета роботи. Закон Кірхгофа використовується для аналізу мереж з однорідними потоками в усіх гілках (струмів, нафти, газу, продуктопроводів, пасажиропотоків). Але в економіці його також можна поширити й на довільні мережі з різнокольоровими послугами у гілках (верстатами, автомобілями, літаками тощо), якщо розглядати, що нормовані різнокольорові вхідні потоки послуг вузла без їх зміни реалізуються у багатокольоровий вихідний потік. Такі вузли можна також розглядати як однорідні

фінансові потоки за собівартістю послуг в кожній гілці (зайві потоки можуть бути спрямованими на «склад»).

Подібний підхід до аналізу економіки дозволяє усунути деякі недоліки та обмеження, які стосуються матричного рівняння Леонт'єва:

- застосувати загальну функцію мети;
- урахувати обмеження, які хоча не є галузями економіки, але суттєво впливають на ефективність виробництва (фінансування, трудові ресурси, корисні копалини, вода тощо);
- урахувати обмеження за максимальним потоком окремих вузлів;
- розглядати рівняння Леонт'єва з прямокутною матрицею A – див. далі (1);

$$\text{де } X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix}; Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{bmatrix}; A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix};$$

$X = \{x_1, \dots, x_n\}$ – вектор валового випуску продукції у натуральному вимірі (для галузей за номерами $i=1 \dots n$);

$Y = \{y_1, \dots, y_n\}$ – вектор продукції у натуральному вимірі, яка йде на накопичення;

AX – вектор споживання продукції галузями у вигляді добутку двох матриць;

A – квадратна матриця матеріальних витрат (технологічна матриця) розмірністю $[n:n]$;

$a_{ij} = \Delta x_i / x_j$ – елемент матриці A , який оцінює відносні значення витрат i -ої галузі в натуральному вимірі на виробництво натуральної одиниці продукції j -ої галузі. Дані для матриці A накопичуються державними статистичними організаціями у вигляді таблиць;

E – одинична квадратна матриця з діагональними елементами, що дорівнюють одиниці, і з нульовими іншими елементами.

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 пропускнуою здатністю служать для протікання цих потоків між вершинами з обмеженою пропускнуою здатністю [4; 5; 6]. Фізичний

$$\sum_{j=1}^{M_i} f_{ij} q_{ij} = 0, \sum_{j=1}^{M_i} f_{ij} dq_{ij} / dt = 0 \quad (1)$$

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

$$N_i = \frac{q_{i1}}{q_{i1}^0} = \frac{q_{i2}}{q_{i2}^0} = \dots = \frac{q_{iM_i-1}}{q_{iM_i-1}^0} = \frac{q_{iM_i}^i}{q_{iM_i}^{0i}} = \frac{q_{iM_i}}{q_{iM_i}^0} \quad (2)$$

– розв'язати проблему невизначеності роботи багаторівневої ієрархічної системи управління.

Аналіз досліджень і публікацій. Згідно з моделлю В. В. Леонт'єва в державі працює n галузей за номерами $i=1 \dots n$, які випускають на продаж (накопичення) та споживання продукцію $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$. Вважають, що кожна галузь випускає лише один продукт і може споживати продукти інших галузей. Міжгалузева балансова модель В. В. Леонт'єва:

$X=Y+A \cdot X$, має розв'язок:

$$X - A X = Y; (E-A)X = Y; (E-A)^{-1} (E-A)X = (E-A)^{-1} Y; X = (E-A)^{-1} Y,$$

закон Кірхгофа щодо суми однорідних (однокольорових) потоків у вузлі застосовується в економічних моделях, але не називається законом. Аналіз максимального збагачення у часі при математичному програмуванні виконаний у роботі [7].

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

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

1. Фізичний закон економіки для вузла розподілу однорідних потоків має вигляд:

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

Рівняння у похідних можуть бути використані для аналізу економічних законів [8].

2. Фізичний закон для вузла однокольорової послуги має вигляд: «Будь-яка пара вхідних гілок має в кожній вхідній гілці однакову кількість норм потоків, узгоджених для виробництва одиниці послуги вихідної гілки, та однакову похідну у часі від цієї кількості».

Відповідна математична модель описується виразами:

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

$$q_{ij_i} + \sum_{j_{iy}=1}^{G_{j_{iy}}} q_{ij_{iz}} \leq Q_{ij_i}; \quad \frac{dq_{ij_i}}{dt} + \sum_{j_{iy}=1}^{G_{j_{iy}}} \frac{dq_{j_{iy}}}{dt} \leq \frac{dQ_{ij_i}}{dt}, \quad (4)$$

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 $q_{iM_i}^0 = 1$ 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; $(q_{iM_i}^0 - q_{iM_i}^i)$ – корисний об'єм потоку i -ої вихідної послуги, який використовується за межами виробництва цієї послуги; $j_{iy} = 1, 2, \dots, G_{j_{iy}}$ – порядковий номер потоків одного кольору, які мають одне відповідне джерело ресурсів об'ємом $Q_{j_{iy}}$; $G_{j_{iy}}$ – загальна кількість потоків, яку має джерело ресурсів об'ємом $Q_{j_{iy}}$.

Фізичний закон (2) та (3) для вузла послуги може також розглядатися як варіант потоків собівартостей потоків послуг.

3. Аналіз потоків вузла різнокольорових послуг стосується «підприємств» та «галузей», у яких ресурси розподіляються за кількома вихідними послугами (далі для скорочення згадується лише «підприємство»). Якщо підприємство має державне замовлення $q_{i\alpha D}$, то потік виходу $q_{i\alpha}$ може визначатися через нерівність чи рівність:

$$q_{i\alpha} \geq q_{i\alpha D} \cdot q_{i\alpha} = q_{i\alpha D} \quad (5)$$

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

За методами курсу «Дослідження операцій» відомо, що розв'язок подібної задачі залежить від функції мети. При цьому варто враховувати, 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 змінюватися, приймаємо, що підприємство виконує держзамовлення (5). Далі підприємство з урахуванням умови (5) та **за власною функцією мети** визначає потрібні об'єми багатокольорових потоків послуг $q_{i\alpha D}$, за якими розраховуються відповідні вхідні потоки ресурсів та їх розподіл за потоками вихідних послуг.

Під час такої 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.

4. Модель оптимального використання ресурсів держави (рис. 1) має всі рівняння Леонт'єва з обмеженнями з об'ємом послуг $x1 \leq 100$, $x2 \leq 300$, $x3 \leq 200$, але додатково урахує функцію мети. Модель складена для потоків у всіх $n=3$ вузлах (для держави n є значно більшим: $n=500 \dots 2500$). Функція мети $F1=25y1+2y2+3y3$ спрямована 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 [3]).

У моделі рис. 1 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 усі вони є обмеженнями, які впливають на кінцеве рішення. Для проміжних вузлів (після попередньо отриманого в MathCAD рішення) в модель можна ввести обмеження їх пропускних здатностей.

5. Логістика – це системна наука оптимізації кінцевих результатів підтримки рішень під час їх планування, теоретичній та практичній підтримці, контролюванні і керуванні в часі і в просторі у вигляді безперервного «конвеєрного» процесу створення і переміщення потоків послуг від постачальника до одержувача за повним або неповним логістичним маршрутом з урахуванням впливу: різних рівнів логістики; військових, економічних, організаційних та інформаційних показників; вимог користувача (якості, ціни, часу, місця). Без показників логістики не може бути прийнято рішення щодо планування економічних процесів у державі [5, 6].

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.

Наразі 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 певні 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 економічних 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**.

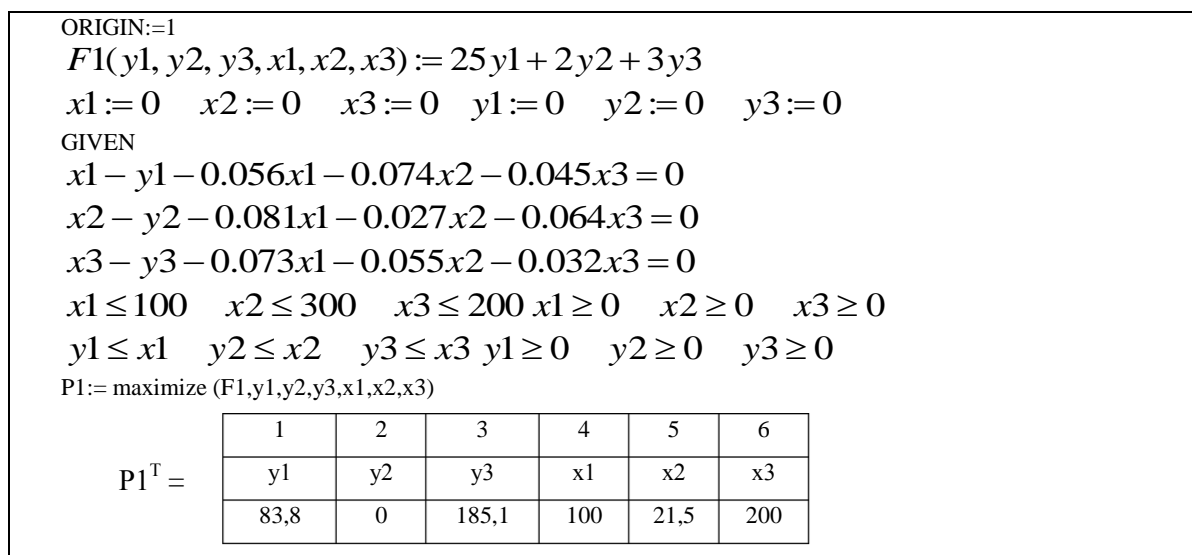


Рис. 1. Модель оптимального використання ресурсів держави (MathCAD)

6. Випуск продукції державою за повний логістичний цикл [7]. Повний логістичний цикл з продажу товарів розділимо на два етапи:

1. На першому етапі визначається випуск продукції державою з відповідним розподілом держзамовлень за нижчими ієрархічними рівнями.

2. Другий етап логістичного циклу має вигляд транспортної задачі (Т-задачі) із завершальною операцією «продажу послуг». При цьому тарифи перевезень одиниць потоків Т – задачі повинні відповідати поставленій функції мети «моделі оптимального використання ресурсів держави».

Висновки. 1. Стосовно матеріальних потоків в економіці діє фізичний закон, який точно діє у заданий момент часу, охоплює в економіці статичний та

динамічний режими, і його ніхто не зможе «відмінити». Він має вигляд першого фізичного закону Кірхгофа для електричних мереж: «у вузлі алгебраїчний підсумок добутків струмів простих чи складних гілок (чи їх похідних) та відповідних перемикаючих функцій цих гілок дорівнює нулю». У економіці замість «струмів» потрібно розглядати «потоки послуг».

2. «Матеріальні» потоки, пов'язані з інтелектуальними технологіями, або потоки інтелектуальних технологій можна аналізувати як фінансові витрати.

3. Закон дозволяє розглядати як статичний так і динамічний режими аналізу економічних процесів. Особливістю вказаного закону є зміна його математичного опису, пов'язана зі зміною параметрів у часі (але це стосується всіх існуючих фізичних законів).

Список використаних джерел

1. Кутковецкий В. Я. Обобщенные методы переключающих функций и их применение для расчета электромагнитных процессов в вентильных цепях. Специальности : 05.09.12 – полупроводниковые преобразователи электроэнергии ; 05.09.5 – теоретическая электротехника. Автореф. дис. ... д-р техн. наук – Киев : Институт электродинамики АН Украины. 1992. – 30 с.
2. Кутковецкий В. Я. Законы анализа электротехнических сетей // Электротехника і електромеханіка. 2014. № 1. С. 58–61.
3. Кутковецкий В. Я. Дослідження операцій : Підручник. – Миколаїв : Вид-во МДГУ ім. Петра Могили. – 2007. – Т. 1. – 312 с. – Т. 2. – 272 с.
4. Кутковецкий В. Я. Теоретичні основи мереж потоків // Наукові праці : науково-методичний журнал. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили. – 2011. – Вип. 148. – Т. 160. – Комп'ютерні технології. – С.173–183.
5. Орлов А. И. Организационно – экономическое моделирование. – М. : КНОРУС, 2011. – 568 с.
6. Чаленко А. Ю. Экономические потоки и антикризисное управление // Проблемы современной экономики. – 2009. – № 4. – С. 7–15.
7. Кутковецкий В. Я. Оптимізація економічних показників комплексної логістики при максимальному збагаченні у часі // Наукові праці : науково-методичний журнал. Миколаїв : Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили. 2012. Вип. 179. Т. 191. Комп'ютерні технології. С.32–38.
8. Кутковецкий В. Я. Законы физики для анализа динамики экономических процессов при максимальном обогащении во времени. // Управление в социальных и экономических системах : материалы международной научно-практической конференции 21 мая 2015 г. – М. : изд. ЧОУВО «МУ им. С. Ю. Витте», 2015. – 553 с. – С. 91–103.

В. Я. Кутковецкий,

ЧНУ ім. Петра Могили, г. Николаев, Україна

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭКОНОМИКИ НА ОСНОВЕ ТАБЛИЦ «ВЫПУСК – РАСХОДЫ»

Показатели экономики (прибыль, объемы потоков товаров и т. п.) резко и не предсказуемо изменяются во времени. Поэтому можно сделать ошибочный вывод, что отклонение от любых законов и правил является нормой для экономических процессов. Но все же в экономике существует физический закон, который никогда не нарушался и не будет нару-

шатся. Он имеет вид первого физического закона Кирхгофа для электрических сетей: «в узле алгебраическая сумма произведений токов простых или сложных ветвей (или их производных) на соответствующие переключающие функции этих ветвей равна нулю». В экономике вместо «токов» нужно рассматривать «потоки услуг». Образно говоря: чтобы получить в выходной ветви узла «поток» в виде одного стула, на входных ветвях узла нужно иметь соответствующие нормированные «потоки» древесины, краски, гвоздей, материи, электрической энергии и тому подобное. Без упоминания Кирхгофа этот физический закон часто используется в экономике, Он точно действует в заданный момент времени, охватывает в экономике статический и динамический режимы, и его никто не может «отменить». Но вместе с тем считается, что физические законы в экономике не существуют (см. учебники и справочники по физике). Лучшим примером применения закона Кирхгофа в экономике является матричное уравнение Леонтьева в виде известных таблиц «затраты-выпуск»: каждая строка этого матричного уравнения соответствует требованиям первого физического закона Кирхгофа.

Между тем пренебрежение накопленным опытом применения закона Кирхгофа и его толкование приводит к нежелательным ограничениям анализа в экономике и даже может привести к ошибочным выводам. Например, уравнение не охватывают финансирование, трудовые ресурсы, наличие воды и полезных ископаемых, которые не являются «отраслями», но существенно влияют на производство продукции. Если не учитывать недостаток воды в государстве, то можно сделать ошибочный вывод о развитии атомной энергии.

Рассматривается дальнейшее совершенствование указанных расчетов с учетом функции цели, ресурсов (финансовых, трудовых, полезных ископаемых, объемов воды и т. п.), времени, ограничений потоков в узлах, и логистических связей, которые не относятся к отраслям, но существенно влияют на экономику.

Ключевые слова: физические законы экономики; матрица Леонтьева; сеть с потоками; максимальное обогащение во времени.

V. Kutkovetskiy,

Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv

PHYSICAL LAWS FOR ANALYSIS OF THE ECONOMY ON THE BASIS OF TABLES «EXHAUST – COSTS»

Economic indicators (profits, flows of goods, etc.) dramatically and unpredictably change over time. Therefore, we can make the erroneous conclusion that deviation from any laws and rules is the norm for economic processes. But still in economics there is a physical law that has never been broken and will not be broken. It has the form of the first Kirchhoff's physical law for electrical networks: «In a node, the algebraic sum of the products of currents of simple or complex branches (or their derivatives) to the corresponding switching functions of these branches is zero». In economics, instead of «currents», it is necessary to consider «service flows». Figuratively speaking: to get in the output branch of the node «flow» in the form of a single chair, on the input branches of the node you need to have the appropriate standardized «flows» of wood, paint, nails, matter, electrical energy and the like. Without mentioning Kirchhoff, this physical law is often used in economics. It acts at a specific point in time, covers static and dynamic regimes in economics, and no one can «cancel» it. But at the same time, it is believed that physical laws in economics do not exist (see textbooks and reference books in physics). The best example of the application of Kirchhoff's law in economics is the Leontief matrix equation in the form of well-known input-output tables: each row of this matrix equation meets the requirements of the first Kirchhoff's physical law.

Meanwhile, the neglect of the accumulated experience in the application of Kirchhoff's law and its interpretation leads to undesirable limitations of analysis in the economy and may even lead to erroneous conclusions. For example, the equation does not cover financing, labor, water and minerals, which are not «industries», but have a significant effect on production. If we do not take into account the lack of water in the state, then we can make an erroneous conclusion about the development of atomic energy.

Consideration is given to further improving these calculations, taking into account the objective function, resources (financial, labor, minerals, water volumes, etc.), time, flow restrictions at the nodes, and logistical ties that do not belong to industries, but significantly affect the economy.

Key words: physical laws of economics; Leontief matrix; network with flows; maximum enrichment over time.

Рецензенти: Мещанінов О. П., д-р пед. наук, професор;

Мусієнко М. П., д-р техн. наук, професор.