

ЛЕОНІД КАНТОРОВИЧ І Т'ЯЛЛІНГ КУПМАНС: МАТЕМАТИКИ НА ЕКОНОМІЧНОМУ ОЛІМПІ

До середини ХХ століття економісти-теоретики не дуже шанували математику¹. Водночас, незважаючи на утиски, математики здійснювали свої дослідження у галузі економіки, досягаючи блискучих результатів. Серед них – представники математичної школи Л. Канторович і Т. Купманс, які у 1975 році удостоїлися звання лауреатів Премії пам'яті А. Нобеля з економіки² "за вклад до теорії оптимального розподілу ресурсів" [3].



Леонід КАНТОРОВИЧ
(1912 – 1986)

Леонід Віталійович Канторович увійшов до плеяди видатних вчених ХХ століття завдяки своєму капітальному вкладу у математику та економіку. Дослідження Л. В. Канторовича у галузях функціонального аналізу, обчислювальної математики, теорії екстремальних задач,



дескриптивної теорії функцій та теорії множин виявили значний вплив на їх становлення і розвиток, послужили основою для формування нових наукових напрямів.

¹ Варто зауважити, що це не зовсім так. У останній третині ХІХ ст. в економічній теорії виникла математична школа, представлена такими блискучими дослідниками, як В. Джевонс, Л. Вальрас, В. Парето, Ф. Еджворт, І. Фішер та іншими. Водночас, економісти першої половини ХХ ст. зважали на застереження видатного економіста А. Маршалла, який, до речі, мав базову математичну освіту (як і його славетний учень – Дж. М. Кейнс) і широко застосовував у власних дослідженнях математичні методи, про те, що "добра математика може виявитися поганою економікою". – Див.: *Memorials of Alfred Marshall*. L., 1925. P.417. / Ковальчук В.М., Сарай М.І. *Історія світової та української економічної думки*. – Тернопіль: Астон, 2004. – С.202. – Ред.

² У заповіті А. Нобеля є пункт, за яким автор проекту із заснування міжнародної премії у галузях фізики, хімії, фізіології та медицини, літератури та громадського життя (внесок у справу миру) і відповідного фонду для винагородження лауреатів, з певних причин спеціально застерігав Нобелівський комітет від запровадження у майбутньому премії з математики. Однак, після впровадження у 1968 р. "Премії Центрального банку Швеції пам'яті Альфреда Нобеля", математики одержали можливість ставати Нобелівськими лауреатами з економіки, сходячи на науковий Олімп, так би мовити, "з чорного ходу". – Див.: Ковальков Ю. Заповіт Альфреда Нобеля та премія його пам'яті у галузі економіки. // *Вісник ТАНГ*, 2005, №3. – С.171–174. – Ред.

Леонід Віталійович Канторович народився у Санкт-Петербурзі у сім'ї лікаря. Його творчі здібності проявилися надзвичайно рано. Уже у 14 років він поступив до Ленінградського університету, а за рік розпочав активну наукову діяльність у семінарах провідних ленінградських математиків.

Перші наукові праці Леоніда Віталійовича відносилися до дескриптивної теорії функцій і множин (1927–1929 рр.). Теорія функцій речового змінного та теорії множин знаходилися тоді у центрі математичних досліджень, виявляючи суттєвий вплив на розвиток інших галузей математики. Л. В. Канторовичу у юному віці вдалося вирішити низку важливих і принципових проблем у цій області.

Після закінчення університету у 1930 році молодий вчений почав викладацьку роботу у Ленінградському інституті інженерів промислового будівництва (1930–1939 рр.) та одночасно у Ленінградському університеті, працював завідувачем кафедри Вищого інженерно-технічного військового училища (1939–1940 рр.), продовжуючи при цьому активну наукову діяльність. У роки війни Л. Канторовича призвали до армії і викладання у військовому училищі стало його основною справою. У той час він написав оригінальний курс "Теорія ймовірностей" (1946), призначений саме для військових навчальних закладів.

На посаді професора Ленінградського університету Л. Канторович працював з 1932 (було йому тоді 20 років) до 1960 року, у 1935 році без захисту дисертації він став доктором фізико-математичних наук (у 23 роки). У 1958 році Л. Канторович спільно із В. Немчиновим створив Лабораторію із застосування статистичних і математичних методів в економіці.

Л. Канторович брав активну участь у створенні Сибірського відділення Академії наук СРСР. Восени 1960 року він очолив групу математиків і економістів, яка переїхала до Новосибірська і утворила математично-економічний відділ Інституту математики Сибірського відділення АН СРСР, який очолив академік Л. Канторович. Одночасно він працював професором Новосибірського університету. У 1971 році Л. Канторовича перевели до Москви, де він очолив Проблемну лабораторію в Інституті управління народним господарством Державного комітету Ради Міністрів СРСР з науки і техніки.

Л. Канторович здійснив видатні дослідження у різних галузях математики, а також в економіці. Він заклав основи нового напрямку функціонального аналізу – теорії напівопорядкованих векторних просторів, які на його честь назвали "просторами Канторовича", або "K-просторами". Феномен Леоніда Канторовича полягав у тому, що він одночасно був не тільки геніальним математиком, але й талановитим економістом, який вніс багато нового у розуміння економічних явищ, розширив межі економічного мислення, став засновником економіко-математичної наукової школи.

Економічні праці Л. Канторовича присвячені оптимізації організації та планування виробництва, лінійному програмуванню в економіці, економічній кібернетиці, економічним показникам, ціноутворенню. Серед економічних творів вченого потрібно виділити книги "Математичні методи організації і планування виробництва" (1939), "Економічний розрахунок найкращого використання ресурсів" (у 2-ох частинах, 1959, 1960), "Динамічна модель оптимального планування" (1964), "Ціноутворення і технічний прогрес" (1979) та інші.

Леонід Канторович правомірно вважається одним із фундаторів економіко-математичного напрямку, ядро якого складають теорія і моделі лінійних екстремальних задач. Цей напрям значно пізніше розвивався у працях інших вчених (насамперед Дж. Данцига) [5] і одержав назву лінійного програмування.

Лінійне програмування – розв'язок лінійних рівнянь (рівнянь першого ступеня) шляхом складання програм та застосування різних методів їх послідовного рішення, що суттєво полегшує розрахунки і досягнення результатів [2, 47].

Ідеї і методи лінійного програмування широко використовуються для постановки і вирішення різноманітних екстремальних та варіаційних задач не тільки в економіці, а й у природничих науках, механіці, теорії управління. Лінійне програмування виявляє суттєвий вплив також на розвиток обчислювальної математики та обчислювальної техніки. І ніхто інший не зробив так багато для використання лінійного програмування у економічній теорії, як Л. В. Канторович.

Леонід Канторович започаткував лінійне програмування у 1937 році³, коли до нього, 27-річного професора Ленінградського університету, звернулися інженери місцевого фанерного тресту з проханням знайти ефективний спосіб розподілу ресурсів для забезпечення найвищої продуктивності праці. Вчений розпочав пошук шляхів розв'язання цієї конкретної задачі, а в результаті створив теорію оптимального розподілу ресурсів, за яку згодом був удостоєний звання лауреата Премії пам'яті А. Нобеля з економіки.

Для розв'язання поставленої конкретної задачі, з врахуванням того, що на підприємстві фанерного тресту використовувалися 5 видів матеріалів, для чого виділялися 8 верстатів, потрібно було розв'язати майже мільйон алгебраїчних тотожностей [2, 49], що зробити звичайними математичними методами було тоді нереально. Тому ленінградський професор запропонував новий метод – метод лінійного програмування, який став новим словом у математиці, утворивши цілий її розділ. Він набув поширення у економічній практиці, сприяв розвитку та удосконаленню комп'ютерної техніки.

Вчений розумів важливість створення математичної основи для розв'язання типової господарської задачі. Умови задачі на досягнення оптимуму можна закласти у систему лінійних рівнянь, у якій невідомі тільки першого ступеня і жодне невідоме не перемножується на інше невідоме. Такі тотожності виражають залежності, які графічно відображаються прямими лініями. Оскільки тотожностей менше, ніж невідомих, то задача має кілька варіантів розв'язку, а знайти потрібно один – найоптимальніший.

У випадку із оптимізацією випуску фанери молодий професор застосував змінну, яку необхідно максимізувати, у вигляді сумарної вартості продукції, створеної на

³ Власне, задачі лінійного програмування були відомі ще із XVIII століття, коли вони були поставлені. Однак їх розв'язання розпочалося тільки після опублікування праць Л. Канторовича. Зокрема, у США дослідження з лінійного програмування розпочалися лише після Другої світової війни. Транспортну задачу Хічкока і симплекс-метод Данцига, які близькі за характером до методу лінійного програмування Канторовича, було розроблено на десятиліття пізніше. – М.Д., М.С.

усіх верстатах. У формі тотожностей, що встановлюють співвідношення інших виробничих факторів (деревини, клею, електроенергії, робочого часу) і обсяг виробленого продукту (фанери) на кожному із верстатів, було викладено обмеження. Для визначення частки кожного із застосованих факторів у продукті Л. Канторович увів коефіцієнти, які назвав "розв'язуючими множниками", або "мультиплікаторами" [2, 48]. Запропонована задача розв'язується саме за їх допомогою: якщо значення "мультиплікаторів" відомі, то необхідні величини, зокрема оптимальний обсяг випуску, можна знайти порівняно легко.

Російський вчений обґрунтував економічну сутність запропонованих ним "розв'язуючих множників", які, власне, є показниками граничного продукту, створеного обмежуючими факторами, або об'єктивними цінами кожного із цих факторів за конкурентних умов⁴. Для розв'язання задачі на оптимум дослідник використав метод послідовного наближення та послідовного зіставлення варіантів з вибором найкращого, виходячи із умов задачі. Окрім того, Л. Канторович застосував тут й метод виробничої функції, яка показує частку кожного фактора у створеному продукті.

Запроваджений Л. Канторовичем показник "розв'язуючі множники" у наступних його публікаціях модифікувався у показник "об'єктивно зумовлені оцінки". Ці оцінки не довільні, а саме об'єктивно зумовлені, їх значення підходять тільки для конкретних умов виробництва і, на відміну від цін, задаються не із зовні (зокрема, ринком), а визначаються самим підприємством. Російський вчений пропонував використовувати їх при формуванні планів випуску продукції; на них можуть опиратися підприємства при розрахунку витрат і обсягів випуску. "Об'єктивно зумовлені оцінки" можуть коригуватися залежно від співвідношення попиту і пропозиції. Запроваджені у практику планування і управління такі розрахунки оптимізують використання виробничих ресурсів.

Теорія оптимального розподілу ресурсів передбачає побудову статичної і динамічної моделей поточного і перспективного планування використання економічних ресурсів на основі математичних підходів для побудови економічних показників, що застосовуються для аналізу ціноутворення, ефективності капіталовкладень та застосування живої праці [2, 47].

Вперше основи теорії оптимального розподілу ресурсів Л. Канторович виклав у праці "Математичні методи організації і планування виробництва", яка була опублікована у 1939 році. Тут він описав лінійне програмування, а також вперше дав математичну постановку виробничих задач оптимального планування і запропонував ефективні методи їх розв'язання та прийоми економічного аналізу цих задач. Тим самим ідея оптимальності в економіці була поставлена на міцний науковий фундамент.

Л. В. Канторович уже тоді вважав необхідним продовжити дослідження у наступних напрямках [5]:

⁴ Цікаво, що Л. Канторович розглядав конкурентні умови за неконкурентної, командно-адміністративної економіки, яка на той час уже склалася в СРСР після відміни політики НЕПу. – Ред.

- подальший розвиток алгоритмів лінійного програмування та їх конкретизація для окремих класів задач;
- узагальнення запропонованих методів з метою вивчення більш широких класів екстремальних задач з обмеженнями, включаючи нелінійні задачі і задачі у функціональних просторах;
- застосування таких методів до екстремальних задач математики, механіки і техніки;
- розповсюдження нових методів економічного аналізу окремих виробничих задач на загальні економічні системи;
- застосування цих методів до задач планування та аналізу структури економічних показників на рівні галузі, регіону і народного господарства у цілому.

Деякі дослідження з перших двох напрямів були здійснені Л. Канторовичем ще у передвоєнні роки. Після цього він зосередив свої зусилля на розвитку третього напрямку. Уже 1942 року ним був написаний перший варіант його знаменитої монографії "Економічний розрахунок найкращого використання ресурсів". Однак ця праця настільки випереджувала свій час і настільки не відповідала догмам тодішньої радянської політичної економії, що її публікація виявилася можливою тільки у 1959 році, коли деякі із догм стало можливим порушити. Тоді передові ідеї російського дослідника отримали визнання у всьому світі (книга була перекладена англійською, французькою, японською, румунською, словацькою) і почали використовуватися в економічній практиці.

Опублікована у 1951 році книга "Розрахунок раціонального розкрою промислових матеріалів" (написана у співавторстві з В. А. Залгаллером) відображає визначний досвід авторів у використанні методів оптимальних розрахунків у задачах промислового розкрою матеріалів у докомп'ютерний період.

Паралельно із цим Л. Канторович продовжував свої чисто математичні дослідження, які також мали піонерний характер.

У 1965 році дослідження Л. Канторовича у галузі економіко-математичних методів були удостоєні Ленінської премії (спільно з академіками В. С. Немчиновим і В. В. Новожиловим), а у 1975 році разом із американським економістом Т. Купмансом були відзначені Нобелівською премією з економіки "за визначний вклад у теорію оптимального розподілу ресурсів" [3, 173; 4].

До останніх днів Л. Канторович був повен творчих планів й активно працював над їх втіленням у життя. Уже знаходячись у лікарні напередодні своєї смерті видатний вчений продиктував свої автобіографічні замітки "Мій шлях у науці" та статтю "Функціональний аналіз (основні ідеї)" (опублікована у 1987 році). Л. В. Канторович помер 7 квітня 1986 року і похований у Москві.

Л. Канторович став почесним членом Міжнародного економетричного товариства, почесним доктором півтора десятка університетів, у тому числі Йельського та Пенсильванського (США), Кембриджського (Велика Британія), Мюнхенського (Німеччина), Паризького (Франція) та інших.



**Т'яллінг КУПМАНС
(1910 – 1985)**

Американський економіст Т'яллінг Чарльз Купманс (Koopmans), удостоєний у 1975 році (разом із Л. В. Канторовичем) Нобелівської премії з економіки, народився у Нідерландах, у Гравеланді 28 серпня 1910 року, був третьою дитиною у родині шкільних вчителів, які багато уваги приділяли вихованню своїх дітей. У 17 років



Т. Купманс поступив до Утрехтського університету на стипендію, яку заслужив успіхами у навчанні у середній школі, спочатку присвятивши себе математиці та теоретичній фізиці. Лише згодом його інтереси змістилися у галузь економіки, після того, як у результаті Великої депресії, що розпочалася у 1929 році, він переконався, що "світовий економічний порядок ненадійний, нестабільний і, що найголовніше, не підкоряється законам" [5]. Приблизно у цей же час у нього складаються дружні відносини із деякими студентами-соціалістами, і він розпочав своє знайомство із світом економіки із студіювання "Капіталу" Карла Маркса.

Утрехтський університет Т. Купманс закінчив у 1933 році, а наступного року він в Амстердамському університеті під керівництвом провідного голландського математика-економіста Яна Тінбергена розпочав дослідження у галузі теорії загальної економічної рівноваги, вивчаючи праці таких видатних теоретиків, як Густав Кассель і Кнут Віксель. Певний час він стажувався в Осло (Норвегія), де працював із знаменитим математиком-економістом Рагнарм Фрішем. Докторську ступінь Т. Купманс одержав у Лейденському університеті у 1936 році за дисертацію "Лінійний регресивний аналіз економічних часових рядів" ("Linear Regression Analysis of Economic Time-Series").

У 1936 році Т. Купманс одружився з Труус Ваннінген, з якою разом навчався в Амстердамському університеті і якій він допомагав з математики. Потім у них народилися дві доньки і син. Тоді ж молодий математик захопився музикою, час від часу він писав музичні твори, в основному для голосу.

З 1936 року він викладав у Нідерландській школі економіки у Роттердамі, а з 1938 року змінив Я. Тінбергена у Лізі Націй, де працював над моделлю економічного циклу. У Женеві Т. Купманс пробув доти, поки гітлерівська Німеччина у 1940 році не окупувала південні департаменти Франції, після чого разом із сім'єю виїхав до США.

Протягом наступних двох років голландський вчений проводив дослідження у Принстонському університеті, а потім виконував, за його ж словами, "скромну роль" статистика у Британській місії торговельного флоту у Вашингтоні (округ Колумбія) [4]. Саме ця робота – зведення до єдиної вичерпної схеми інформації про втрати, нове будівництво і використання кораблів союзників – дозволила йому зробити найбільш вагомий внесок у галузь економічного аналізу.

У місії торговельного флоту Т. Купманс намагався так розробляти маршрути флотів союзників, щоб до мінімуму знизити затрати на доставку вантажів. Завдання

було вкрай складним: тисячі торговельних суден несли на собі мільйони тонн вантажів морськими шляхами у чотирьох океанах між сотнями портів, розсіяних по усьому світу. Ця робота надала голландському вченому можливість застосувати свої математичні знання до вирішення фундаментальної економічної проблеми – оптимальному розподілові дефіцитних ресурсів між споживачами, що конкурують між собою.

Т'яллінг Купманс розробив аналітичну методику, названу аналізом діяльності, яка докорінно змінила підхід економістів і керівників до розміщення морських маршрутів. Вперше цю методику він описав у 1942 році у праці "Співвідношення вантажів на різних маршрутах" ("Exchange Ratios Between Cargoes on Various Routes"), де показав можливість математичного підходу до проблеми розподілу з максимізацією у межах різних обмежень. Величина, що потребувала максимізації, – це вартість доставлених вантажів, яка дорівнює вартості вантажів, доставлених у кожен із портів. Обмеження були репрезентовані тотожностями, що відображали співвідношення кількості витрачених ресурсів (зокрема, суден, часу та праці) та кількості вантажів, доставлених у різні місця призначення, де величина будь-якого виду затрат не повинна перевищувати суму, що є у розпорядженні.

При роботі над проблемою максимізації Т. Купманс розробив математичні рівняння, що потім знайшли широке застосування як у економічній теорії, так і у практиці управління. Ці рівняння визначали для кожного із видів виробничих затрат коефіцієнт, який дорівнював ціні цього виду затрат за умов ідеальних конкурентних ринків. Таким чином було встановлено основоположний зв'язок між теоріями ефективності виробництва і теоріями конкурентного розподілу. Окрім того, рівняння Купманса стали цінними для центральних планових органів, які могли використовувати їх для визначення відповідних цін на різні затрати, залишаючи при цьому вибір оптимальних маршрутів на розсуд місцевих менеджерів, обов'язки яких полягали у максимізації прибутку. Метод аналізу діяльності міг широко застосовуватися будь-якими керівниками при плануванні процесів виробництва. Вокрема, виробники автомобілів могли використати його і для планування роботи складальних конвеєрів, і для розробки маршрутів перевезення грузовиками.

У 1944 році Т. Купманс залишив місію торговельного флоту і став співробітником Комісії Коулза з економічних досліджень, яка на той час була у складі Чиказького університету. У 1946 році він став громадянином США і залишався у Чикаго ще протягом майже 10 років. Коли Комісія Коулза передислокувалася до Йельського університету, Купманс переїхав разом із нею і з 1955 року зайняв там посаду професора економіки. З 1961 по 1967 роки він був директором Комісії Коулза.

У післявоєнний період американський голландець удосконалює метод аналізу діяльності як знаряддя економічного планування. Результати дослідження він опублікував у двох великих за обсягом збірниках – "Статистичні висновки з динамічних моделей економіки" ("Statistical Inference in Dynamic Economic Models", 1950) та "Аналіз діяльності виробництва і розподілу" ("Activity Analysis of Production and Allocation", 1951), а також у численних статтях та у книзі "Три нариси про становище економічної науки" ("Three Essays on the State of Economic Science", 1957).

У 1947 році тепер уже американський вчений виголосив свої висновки на міжнародній конференції зі статистики. У той час він активно розробляв і пропагував

методи лінійного програмування. За його сприяння у 1949 році у Чикаго було проведено спеціальну конференцію з проблем лінійного програмування [2, 51].

У 60-х і 70-х роках Т. Купманс робить значний вклад у дослідження проблеми економічного зростання: він розглядає розподіл економічних ресурсів у часі, від поточного споживання до створення капіталу у формі верстатного обладнання і потужностей для виробництва споживчих благ у майбутньому. Як піонер-першопроходець у галузі програмування економічного розвитку він показав важливість облікового процента і процесу дисконтування споживання для планування економічного зростання економічного зростання суспільства.

У політичному плані праці Т. Купманса у своїй основі були ідеологічно нейтральні, тому його теорії могли застосовуватися незалежно від політичного і соціального устрою суспільства. Зокрема, Рагнар Бенцель, член Шведської королівської академії наук і Нобелівського комітету у своєму виступі на церемонії презентації Нобелівських лауреатів з економіки 1975 року, один із яких був із СРСР, а інший – із США, відзначав, що "основні економічні проблеми однакові у всіх суспільствах". Про збіг розробок діяльності Л. Канторовича і Т. Купманса згадувалося як свідчення того, що такі проблеми "можуть вивчатися у суто науковому плані, незалежно від політичної організації суспільства, у якому вони досліджуються" [4].

Після одержання Нобелівської премії Т. Купманс продовжив свої дослідження, а також і викладацьку діяльність. Протягом усього життя він не прагнув бути у центрі уваги, завжди залишався скромним, але прискіпливим вченим. У 1878 році Купманс зайняв посаду президента Американської економічної асоціації, лише уступивши настійливому тиску з боку багатьох економістів і віддаючи шану пам'яті свого близького друга Джекова Маршака, який помер напередодні того, як мав зайняти цю посаду. У 1981 році Т. Купманс став почесним професором Йельського університету. Він був також членом Нідерландської королівської академії наук, Американського математичного товариства, Інституту наук управління, Товариства математичного програмування Американської асоціації сприяння розвитку наук, Міжнародної асоціації економістів у галузі енергетики та Американської економічної асоціації. Почесні учені ступені йому присвоїли Нідерландська школа економіки, Лувенський католицький, Північно-Західний (США) і Пенсильванський університети.

Помер Т'яллінг Купманс у Нью-Гейвені (США) 26 лютого 1985 року.

Література

1. Довбенко М. В. Видатні незнайомці. – К.: Академія, 2000. – С. 57-64.
2. Довбенко М. В. Сучасна економічна теорія: економічна нобелелогія. – К.: Академія, 2005. – С. 45-51.
3. Ковальков Ю. Заповіт Альфреда Нобеля і премія його пам'яті у галузі економіки. // Вісник ТАНГ, 2005, №3. – С. 171-174.
4. www.nobel.se/economics/laureates/index.html.
5. www.krugosvet.ru/articles.htm.

Редакція отримала матеріал 11 квітня 2006 р.