

УДК [51.7+330.44]:620.29+621.311

Костюк В.О., к.т.н, доцент, **Каплін М.І.**, к.т.н.,
Інститут загальної енергетики НАН України,
Проташик О.В., магістрант, Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ЕКОНОМІКО–МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ З ОПТИМАЛЬНИМ РОЗПОДІЛОМ ІНВЕСТИЦІЙ

Найвагомішим здобутком в практиці розв'язання техніко-економічних задач є розвиток методології економіко-математичного моделювання, зокрема моделей виробничого типу за Канторовичем та Леонтьєвим [1, 2]. Такі моделі дають змогу розраховувати числові оцінки обсягових та вартісних показників (цін) продуктів із *асортиментного набору* тих, що випускаються системою у фіксованому співвідношенні обсягів. В економіко-математичних моделях цього типу основним термінологічним поняттям є *технологічний спосіб*, запропонований Канторовичем: векторно-матричне подання виробництва кінцевих продуктів технологіями модельованої системи з урахуванням споживання інших продуктів та екзогенних (зовнішніх) ресурсів, котрі модельованої системою не охоплюються, тобто постачаються ззовні. Загалом, економічну систему характеризують чотири основні поняття: *продукт, фонд, праця* і *технологічний спосіб*. Важливою характеристикою моделі Канторовича є *асортиментний набір* продуктів (асортимент).

Проблему розвитку сектору генерування енергетичної системи на основі технологій відновлюваної енергетики (ТВДЕ) узагальнено можна розглядати як задачу розширення існуючого або створення нового виробництва, що висвітлено у роботах [3, 4] – відповідно до прогнозних даних інвестиційного плану. Технологічний спосіб моделі Канторовича тут можна пов'язати із функціонуванням технологічної установки, котра використовує різні *види* паливних чи енергетичних ресурсів для виробництва енергетичних продуктів (теплової та/або електричної енергії) з метою забезпечення попиту на їх споживання. В умовах ринку технологічні способи відображають конкурентні переваги виробників енергетичного обладнання, за допомогою якого технологія виробництва здатна функціонувати стійко та надійно. Розроблення економіко-математичної моделі пов'язане з попереднім оцінюванням техніко-економічних показників системи шляхом інженерно-економічних розрахунків й має на меті визначення *коефіцієнтів* технологічної та ресурсної матриць моделі.

Математичний запис моделі Канторовича у прийнятих позначеннях [1, 3] є таким:

$$\begin{aligned} G \cdot X - K \cdot z &= Y^0, \\ R \cdot X + \Lambda'' \cdot R'' &= R^0, \\ z &\rightarrow \max, \end{aligned} \quad (1)$$

де K – асортиментний вектор (термін Л.В. Канторовича), або пропорціонувальний вектор, що задає пропорції в обсягах кінцевих основних продуктів, формуючи таким чином певний асортиментний набір кінцевих продуктів; z – кількість вказаних наборів кінцевих продуктів, інакше масштабувальна змінна; G – основна технологічна матриця; X – вектор основних продуктів; Y^0 – вектор стовпець надлишкових обсягів додаткових продуктів; R – ресурсна матриця; R^0 – вектор-стовпчик наявних екзогенних ресурсів (твердих біопалив, біогазу, енергії сонця, вітру, тощо). Систему (1) доповнено рівнянням розподілу інвестицій.

Модель виконує розподіл основних й обігових фондів, що обслуговують функціонування галузевих технологічних способів (забезпечують функціонування технологій генерування за умов дотримання проектних технічних та економічних показників) – відповідно до обсягу інвестиційного капіталу, спрямованого на розвиток галузі [4].

Структура «моделі Канторовича з розподілом ресурсів при заданій їх сукупній вартості й заданими цінами (оцінками) ресурсів» подається у матричній формі; фрагмент табличного запису такої моделі подано на рис. 1 у форматі електронних таблиць MS Excel®. Розрахунки обсягів виконуються в тонах нафтового еквіваленту (т.н.е.) й оцінюються в Гкал та ГВт·год.

		ЗОВНІШНЯ ЕНЕРГІЯ - РЕЗЕРВУВАННЯ					ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ ВДЕ					ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ ВДЕ					АВК
		ГЕС ОЕС України	ТЕС ОЕС України	Електрична енергія зовнішня, підсумовування	Електрична енергія зовнішня, підсумовування	Електрична енергія для резервування об'єктів Е-ВДЕ, залучення	Опалювальні котли на соломі/стеблах та соломи яних пелетах	Котли та ТЕЦ на деревині, деревних пелетах та біомасі	ТНУ вода/вода та вода/повітря (теплонасосні системи, од. потужністю 1-5 МВт ел)	Автономні інтегровані колекторні установки з накопичуванням тепла (КУНт)	Біогазова установка, виробництво теплової енергії	ГеоТЕС - електроенергія (бінарна установка)	Малі ГЕС, < 10 МВт	Вітрові електростанції (ВЕС)	Сонячні фотоелектричні станції (СФЕС)	Біогазова установка, виробництво електричної енергії	
		ColNm89 - імена стовпців															
		tp.01.1	tp.01.2	tp.01.3	tp.01.4	tp.01.5	tp.02.1	tp.02.2	tp.02.3	tp.02.4	tp.02.5	tp.03.1	tp.03.2	tp.03.3	tp.03.4	tp.03.5	av.00
RowNm89		Основна матриця															
pr.01	Електрична енергія ГЕС ОЕС, т.н.е.				-1												
pr.02	Електрична енергія ТЕС ОЕС, т.н.е.	0,97			-1												
pr.03	Е/е зовнішня, підсумовування, т.н.е.			1	1	-1											
pr.04	Е/е резервування від ОЕС, т.н.е.					1											
pr.05	Теплова енергія, т.н.е. (Гкал)						0,7	0,75	0,9	0,85	0,32						-0,4
pr.06	Електрична енергія, т.н.е. (ГВт·год)							0,1			0,46	0,63	0,95	0,95	0,95	0,93	-0,6

Рис. 1 – Технологічні коефіцієнти витрат і втрат технологічних способів виробництва і резервування електроенергії та компоненти асортиментного вектора Канторовича

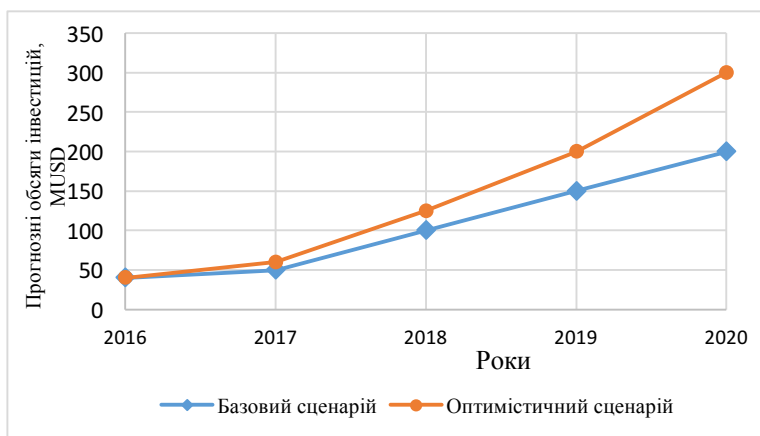


Рис.2 – Прогнозні сценарії інвестиційних надходжень, що спрямовуються на розвиток ТВДЕ в Україні

Список використаних джерел:

1. Канторович Л.В. Экономический расчет наилучшего использования ресурсов. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — 347 с.
2. Леонтьев В.В. Межотраслевая экономика / Пер. с англ. В.П. Бусыгин и др., под ред. А.Г. Гранберг. — М.: Экономика, 1997. — 479 с.
3. Добровольський В.К. Економіко-математичне моделювання енергетичних систем // В.К. Добровольський, О.В. Стогній, В.О. Костюк, М.І. Каплін. — Київ, Наукова Думка. — 2013. — 250 с.
4. Добровольський В. К. Эффективность применения экономико-математических моделей. — В кн. Аграрно-промышленные комплексы (Проблемы развития и оптимального функционирования). — К.: Наукова думка, 1976, с. 219-245.
5. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения / Пер. с англ. Г.Н. Андрианова, Л.И. Горькова, А.А. Корбута, А.Н. Ляпунова; под общей ред., предис. Н.Н. Воробьева. — М.: Прогресс, 1966. — 600 с. — То же. Linear Programming and Extensions. George B. Dantzig. The Rand Corporations and University of California, Berkeley — Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 1963.
6. Kostjuk V.O. "Price Evaluation in Nuclear Power Industry: Modeling and Computation" / Kostjuk V.O., Kostyuk T.O. Dobrovolsky V.K. / Technical Publication ICONE20 POWER20-1254276, Track 1-6 // ICONE20 POWER20, July 28–August 3, 2012, Anaheim, CA, USA. — 2012.