

**ТЕОРЕТИКО-МНОЖИННА МОДЕЛЬ
БАГАТОРІВНЕВОЇ СИСТЕМИ ОРГАНІЗАЦІЙНО-
ТЕХНОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ
ЕНЕРГОВИКОРИСТАННЯМ У СИСТЕМАХ З
ІЄРАРХІЧНОЮ СТРУКТУРОЮ**

О. KOVALKO, T. EVTUKHOVA

**SET-THEORETIC MODEL OF THE HIERARCHICAL
MULTILEVEL ORGANIZING-AND-TECHNOLOGICAL
ENERGY MANAGEMENT SYSTEM**

Анотація. На базі положень теорії багаторівневих ієрархічних систем та теорії управління великими системами визначено основні структурно-функціональні блоки моделі організаційно-технологічного управління енерговикористанням. Показано нові можливості застосування процедур теоретико-множинного підходу до управління багаторівневими системами.

Ключові слова: теоретико-множинна модель, управління енерговикористанням, багаторівневі ієрархічні системи.

Анотация. На базе положений теории многоуровневых иерархических систем и теории управления большими системами определены основные структурно-функциональные блоки модели организационно-технологического управления энергоиспользованием. Показаны новые возможности применения процедур теоретико-множественного подхода к управлению многоуровневыми системами.

Ключевые слова: теоретико-множественная модель, управление энергоиспользованием, многоуровневые иерархические системы.

Annotation. On the bases of multilevel hierarchical systems theory and the great system management theory the main structure-and-functional blocks of the organizing-and-technological energy management model are determined. New possibilities of the set-theoretic approach procedures using to the multilevel systems energy management are shown.

Key words: set-theoretic model, energy management, multilevel hierarchical systems.

Проблемам управління використанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) і енергозбереження у великих енерготехнологічних комплексах та системах виробничого типу як у світі, так і в Україні присвячено велику кількість фундаментальних публікацій [1-6 та багато ін.]. В найбільш сконцентрованому вигляді проблемні питання підвищення ефективності управління енерговикористанням у такого роду системах розглянуто у роботах А.В. Праховника [5-6], де проведено класифікацію фінансових, соціальних, виробничих, адміністративних, юридичних та ринкових бар'єрів на шляху до енергоефективності, розроблено алгоритми їх усунення та стратегічні завдання щодо розвитку ефективної енергетики, запропоновано нові методи управління енергоефективністю та енерговикористанням (методи енергетичного менеджменту).

У той же час, опубліковані в роботах з енергоефективності та енергозбереження результати присвячені специфіці організаційно-технологічної побудови багаторівневих ієрархічних систем управління, носять, як правило, вербальний характер і не спираються на формалізовані розрахункові моделі, які могли б бути застосовані для підвищення ефективності управління енерговикористанням у складних енерготехнологічних системах та комплексах з ієрархічною структурою, до яких відносяться великі енергоємні підприємства, їх об'єднання та енергетичні комплекси в паливно-енергетичній сфері, промисловості, у житлово-комунальному господарстві тощо.

Метою цієї роботи є визначення структурно-функціональних особливостей формалізації моделі багаторівневого управління енерговикористанням у складних виробничих системах з ієрархічною структурою та розробку правил і принципів побудови такої моделі на базі положень

теорії множин та теорії оптимального управління великими системами.

Застосування саме теоретико-множинного підходу для вирішення проблем формалізації задач оптимізації управління енерговикористанням у складних системах з багаторівневою ієрархічною структурою є достатньо обґрунтованим, оскільки розв'язати ці проблеми виключно класичними методами оптимального управління не вдається через великі розміри множини об'єктів і елементів у таких системах та складності врахування великої кількості різнорідних факторів впливу (організаційних, технологічних, економічних, екологічних, нормативно-правових, соціально-політичних тощо).

Математична теорія управління подібними організаційно-технологічними системами є відносно молодою, що почала активно розвиватися у 60-тих роках минулого століття з появою потужної обчислювальної техніки зусиллями таких вчених як А.Г. Аганбегян, В.Н. Бурков, В.А. Волконський, Ю.М. Єрмольєв, О.Г. Івахненко, В.С. Михалевич, М.М. Моїсєєв, Г.С. Поспелов, Ю.М. Фаткін, Н.З. Шор, К.Л. Аггров, Р. Беллман, В.Е. Міллер, Д. Макко, М.Д. Месарович, Л.Д. Піарсон, У. Такагара та інші. Дотепер достатньо розвинуто теорію одно- та багатоцільових рішень в однорівневих системах. Робіт, які присвячені математичним аспектам теорії багаторівневих ієрархічних систем, набагато менше. Серед останніх у першу чергу необхідно відмітити дві роботи, де вперше вирішено задачу координування взаємодій у дворівневій системі, що складається з підсистем управління нижнього рівня, підпорядкованих органу управління верхнього рівня, у першій роботі [7] – на основі математично обґрунтованих принципів координування, сформульованих за теоретико-множинним підходом у формі логічних предикатів, а у другій [8] – шляхом розробки в межах класичної теорії оптимальних систем математично обґрунтованих алгоритмів і правил координування, які базуються на апріорі визначених гіпотезах поведінки систем з багаторівневою ієрархічною структурою.

Відкритими в задачі побудови математичної моделі управління енерговикористанням в організаційно-технологічних системах з ієрархічною структурою, що формулюється в даній роботі, залишаються питання поєднання можливостей двох розглянутих підходів, а саме:

1) застосування теоретико-множинного підходу для формалізації керуючих і зворотних зв'язків у багаторівневій ієрархічній системі управління у вигляді, що дозволяє пряме використання алгоритмів чисельної оптимізації;

2) застосування формалізованих правил і алгоритмів координування, розроблених у теорії оптимальних систем, для розв'язання задач цільового управління енерговикористанням у таких системах.

Узагальнена структурна схема системи організаційно-технологічного управління енерговикористанням в системах з ієрархічною структурою, що пропонується для подальшого розгляду, показана на рис.1. Як видно, ієрархія узагальненої системи управління складається з чотирьох рівнів (підсистем), означених індексами: D – державного, M – адміністративно-територіального (M_A) та галузевого (M_G), H – господарюючих суб'єктів (підприємств) і C – споживчого рівнів управління. При цьому, наведене на рис.1 розташування каналів вхідних впливів X та вихідних відгуків Y системи управління, впливів керуючих (регулюючих) дій U та зворотних (Z) зв'язків вказує на право органів (суб'єктів) вищерозташованих рівнів управління, у першу чергу державного (адміністративно-територіального і галузевого тощо) впливати на мету та алгоритми (правила і порядок) взаємодії нижчерозташованих суб'єктів господарювання та споживачів, що дозволяє послідовно (зверху-вниз та знизу-вверх) корегувати їх діяльність та підвищувати ефективність системи управління у цілому за результатами контролю досягнутого рівня енергетичної, економічної, екологічної тощо ефективності енерговикористання на всіх рівнях ієрархії системи. Принциповою відмінністю наведеної на рис.1 структурної схеми від відомих схем управління енерговикористанням є відображення ромбовидної структури взаємодії адміністративно-територіального і галузевого рівнів управління у вигляді узагальненого блока (підсистеми) та визначення підсистеми споживання як невід'ємної складової управління енерговикористанням в енерготехнологічних системах в ринкових умовах їх функціонування.

Зображену на рис.1 структурну схему управління енерговикористанням за кібернетичними ознаками можна класифікувати як багаторівневу систему типу “дуже складний ящик”, математична модель якої формується з типових модулів (блоків, підсистем), побудованих за принципом “вхід-вихід” (“ресурси-продукти”, “витрати-випуск” тощо), що дозволяє розглядати її з позицій понять теорії множин, системного аналізу та оптимального управління [7-9].

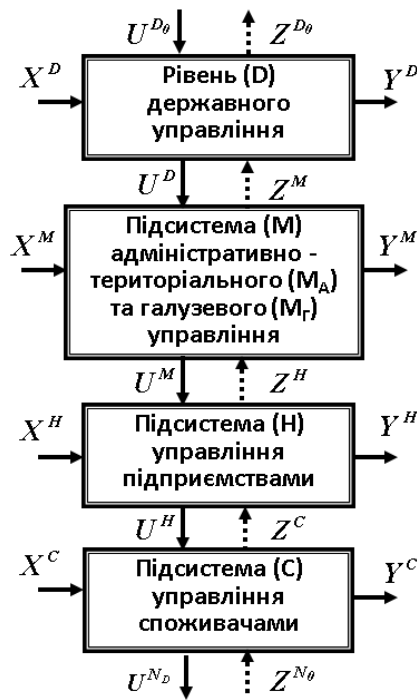


Рис.1. Узагальнена схема системи управління енерговикористанням

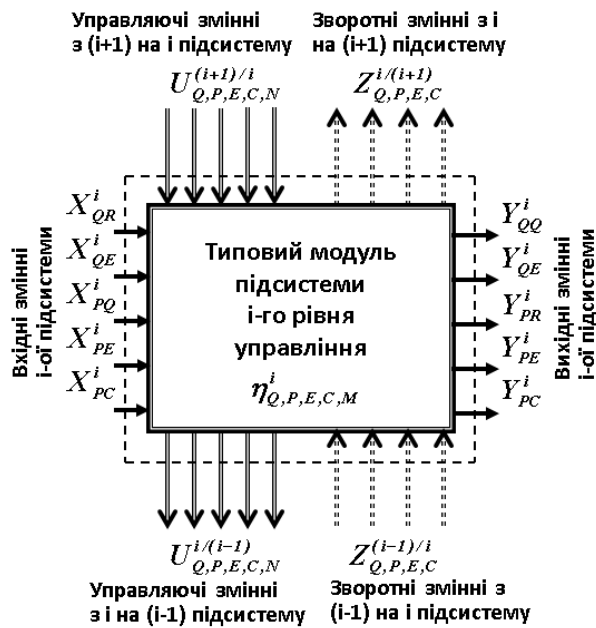


Рис.2. Схема типового модуля системи управління енерговикористанням

Формалізацію такої моделі будемо здійснювати шляхом послідовної розбивки за правилами теоретико-множинного підходу повної (вихідної) множини \hat{S} структурно-функціональних елементів, блоків, зв'язків та змінних системи на упорядковану сукупність (i, n) відповідних підмножин (модулів) $\bar{S}^i = \{S_1^i, \dots, S_n^i\}$, стратифікованих за адміністративно-організаційними, технологічними, економічними, екологічними та соціальними ознаками, де $i = I^C, I^H, I^M, I^D$ — індекси рівнів ієрархії C, H, M, D системи управління. Процедура формалізованої розбивки $\bar{S} = \{S^C, S^H, S^M, S^D\}$ множини \hat{S} повинна задовольняти наступним трьом умовам теоретико-множинного підходу [9]:

$$\forall S^i \in \bar{S}^i, S^i \subseteq \hat{S}; \tag{1}$$

$$\forall (S_A^i, S_B^i) \in \bar{S}^i, S_A^i \neq S_B^i \rightarrow S_A^i \cap S_B^i = 0, \tag{2}$$

де будь-які дві множини $S_A^i, S_B^i \in \bar{S}^i$ є неперетинними, що означає, що відгук на впливи для кожної підсистеми (модуля тощо) не повинен виходити за межі даної підсистеми;

$$\bigcup_{S^i \in \bar{S}} S^i = \hat{S}, \tag{3}$$

де об'єднання усіх множин, що входять у розбивку, дає множину \hat{S} ; та додатковій умові (4), що задає порядок взаємодії впливів і відгуків стратифікованої за умовами (1) – (3) системи змінних багаторівневих систем управління типу “вхід-вихід” [7]

$$X^i = X_1^i \times \dots \times X_n^i, Y^i = Y_1^i \times \dots \times Y_n^i, \forall (X^i, Y^i) \in S^i, \tag{4}$$

де X^i — множина впливів на підсистему i -го ієрархічного рівня, а Y^i — множина відповідних відгуків підсистеми i -го ієрархічного рівня, кожна з яких (цих множин) утворюється з кортежів довжини n , перша компонента яких належить першому співмножнику $X_j^i, j = \overline{1, n}$ (або $Y_j^i, j = \overline{1, n}$), друга — другому і т.д., \times — знак прямого (декартового) добутку.

Схематичне зображення типового модуля моделі підсистеми управління i -го рівня ієрархії, стратифікованого за умовами (1) – (4) розбивки, наведене на рис.2, де до множини змінних вхідного впливу (вхідних змінних) підсистеми управління належать змінні

$X^i = \{X_{QR}^i, X_{QE}^i, X_{PQ}^i, X_{PE}^i, X_{PC}^i\}$, які складають відповідні п'ятиелементні кортежі змінних, а до множини змінних вихідного впливу цієї підсистеми на навколишнє середовище (множини вихідних змінних) – змінні $Y^i = \{Y_{QQ}^i, Y_{QE}^i, Y_{PR}^i, Y_{PE}^i, Y_{PC}^i\}$,

де X_{QR}^i – множина обсягів (параметрів, характеристик) Q_R матеріальних технологічних ресурсів R_Q (паливно-енергетичних та матеріально-технічних ресурсів, обладнання, споруд тощо) підсистеми i -го ієрархічного рівня у натуральних (фізичних) одиницях;
 X_{QE}^i – множина обсягів Q_E екологічних ресурсів E_Q у натуральних одиницях;
 X_{PQ}^i – множина вартостей P_Q технологічних продуктів Q_P у грошових одиницях;
 X_{PE}^i – множина вартостей P_{ER} екологічних ресурсів E_R у грошових одиницях;
 X_{PC}^i – множина вартостей P_{CR} вхідних соціальних дотацій та доплат C_R у грошових одиницях;
 Y_{QQ}^i – множина обсягів Q_Q технологічних продуктів Q_P у натуральних одиницях;
 Y_{QE}^i – множина обсягів Q_E викидів забруднюючих речовин E_Q у натуральних одиницях;
 Y_{PR}^i – множина вартостей P_R фінансово-економічних та технологічних ресурсів R_P (трудових, інвестиційних тощо) у грошових одиницях;
 Y_{PE}^i – множина вартостей P_E виплат за забруднення навколишнього середовища E_P у грошових одиницях;
 Y_{PC}^i – множина вартостей P_C вихідних соціальних дотацій та доплат C_Q у грошових одиницях.

До множини змінних керуючого (регулюючого) впливу підсистеми $(i+1)$ -го ієрархічного рівня на підсистему i -го рівня (множини керуючих змінних $(i+1)$ -ої підсистеми), наведених на рис.2, відносяться змінні $U_{Q,P,E,C,N}^{(i+1)/i}$, а до множини змінних керуючого (регулюючого) впливу підсистеми i -го ієрархічного рівня на підсистему $(i-1)$ -го рівня (множини керуючих змінних i -ої підсистеми) — змінні $U_{Q,P,E,C,N}^{i/(i-1)}$. До множини змінних зворотного зв'язку з підсистеми $(i-1)$ -го ієрархічного рівня на підсистему i -го рівня (множини зворотних змінних $(i-1)$ -ої підсистеми) відносяться змінні $Z_{Q,P,E,C}^{(i-1)/i}$, а до множини змінних зворотного зв'язку з i -ої підсистеми на підсистему $(i+1)$ -го ієрархічного рівня (множини зворотних змінних i -ої підсистеми) — змінні $Z_{Q,P,E,C}^{i/(i+1)}$. Тут нижні індекси Q, P, E, C, N відносяться до змінних, які визначаються відповідними технологічними, економічними, екологічними, соціальними та нормативно-правовими, стратифікованими за умовами (1) – (4) множинами змінних моделі, а верхніми індексами D_0, N_0 та N_D означені зовнішні для наведеної на рис.2 системи управління енерговикористанням множини взаємозв'язків загальнодержавного рівня управління (U^{D_0}, Z^{D_0}) (рівень економіки країни у цілому) і нормативно-правового регулювання показників споживання ПЕР (U^{N_0}, Z^{N_0}) та впливу споживачів U^{N_D} , головним чином соціально-політичного спрямування, на таке управління і регулювання. Ефективність перетворення вхідних змінних у вихідні, яке здійснюється запропонованим модулем під впливом керуючих та зворотних змінних, за схемою “вхід-вихід”, буде визначатися множиною показників ефективності (якості) $\eta_{Q,P,E,C,N}^i \in H^i$, які залежать від цих змінних.

Деталізовану схему управління енерговикористанням на рівні підприємств та споживачів, побудовану на основі запропонованого модуля як типового (базового) елемента блочно-модульної структури системи багаторівневого управління, наведено на рис.3, де позначено: $BP_j, j = \overline{1, n}$ – виробники технологічних продуктів та послуг; $PC_j, j = \overline{1, m}$ – постачальники технологічних продуктів та послуг; $SP_j, j = \overline{1, k}$ – споживачі цих продуктів та послуг. Взаємозв'язки означених підприємств та споживачів з підсистемами адміністративно-територіального та галузевого рівня M ієрархії системи управління здійснюються на ринках виробництва (F), постачання (B) і споживання (C) технологічних продуктів і послуг та на ринку постачання первинних ПЕР, енергозберігальних матеріалів і енергоефективного обладнання (A), які зображені на схемі

укрупненими блоками (підсистемами) організаційних структур економічного стимулювання учасників ринків до підвищення ефективності енерговикористання. На рис.3 також показано межу належності права власності на технологічні продукти та послуги, до якої права (і відповідальність за належне використання також) належать виробнику (постачальнику), а за якою — споживачеві. Саме на цій межі здійснюється балансування попиту-пропозиції на технологічні продукти і послуги шляхом встановлення ринкової рівноваги між обсягами та цінами їх виробництва, постачання та споживання, де цільовими орієнтирами щодо вибору економічно доцільних обсягів і цін слугують нормативно-цільові показники їх споживання, які визначаються за прогресивними нормами та технічно досяжними на даний період часу показниками ефективності:

$$Y_{QQ}^B = X_{QR}^C \text{ та } Y_{PR}^C = X_{PQ}^B. \quad (5)$$

Узагальнюючи запропонований теоретико-множинний підхід до побудови багаторівневих систем управління енерговикористанням можна констатувати, що параметри керуючих та зворотних зв'язків між різними ієрархічно підпорядкованими рівнями системи доцільно узгоджувати на внутрішніх ринках (місцевих, обласних, регіональних тощо), організаційні структури та функціонування яких базується на принципах гармонійного поєднання адміністративно-командних та ринкових методів управління енерговикористанням.

За цим підходом для означених на рис.1 чотирьох ієрархічних рівнів управління маємо наступну основну систему відображень \bar{N}^i ефективності управління енерговикористанням в енерготехнологічній системі та додаткову систему наступних двох підсистем відображень вихідних змінних в змінні керуючих і зворотних зв'язків між рівнями ієрархічної системи управління, формалізованих за умовами (1) – (4) розбивки:

$$\begin{aligned} N^D : X^D \times U^{D_0} \times Z^M &\rightarrow Y^D; & \chi^{D_0} : Y^{D_0} &\rightarrow U^{D_0}; & \xi^M : Y^M &\rightarrow Z^M; \\ N^M : X^M \times U^D \times Z^H &\rightarrow Y^M; & \chi^D : Y^D &\rightarrow U^D; & \xi^H : Y^H &\rightarrow Z^H; \\ N^H : X^H \times U^M \times Z^C &\rightarrow Y^H; & \chi^M : Y^M &\rightarrow U^M; & \xi^C : Y^C &\rightarrow Z^C; \\ N^C : X^C \times U^H \times Z^{N_0} &\rightarrow Y^C, & \chi^H : Y^H &\rightarrow U^H; & \xi^{N_0} : Y^{N_0} &\rightarrow Z^{N_0}, \end{aligned} \quad (6)$$

параметри яких визначено таким чином, що для кожного елемента $x \in X^i$ та $y = N^i(x)$:

$$\begin{aligned} y^D &= N^D(x^D, \chi^{D_0}(y^{D_0}), \xi^M(y^M)); \\ y^M &= N^M(x^M, \chi^D(y^D), \xi^H(y^H)); \\ y^H &= N^H(x^H, \chi^M(y^M), \xi^C(y^C)); \\ y^C &= N^C(x^C, \chi^H(y^H), \xi^{N_0}(y^{N_0})), \end{aligned} \quad (7)$$

де $y^{D_0} \in Y^{D_0}$ є елементами множини вихідних змінних системи управління енерговикористанням на рівні економіки країни, яка складається з відповідних п'ятиелементних кортежів змінних $Y^{D_0} = \{Y_{QQ}^{D_0}, Y_{QE}^{D_0}, Y_{PR}^{D_0}, Y_{PE}^{D_0}, Y_{PC}^{D_0}\}$, а $y^{N_0} \in Y^{N_0}$ є елементами множини вихідних змінних, які визначаються за прогресивними нормами та технічно досяжними на даний період часу показниками:

$$Y^{N_0} = \{Y_{QQ}^{N_0}, Y_{QE}^{N_0}, Y_{PR}^{N_0}, Y_{PE}^{N_0}, Y_{PC}^{N_0}\}.$$

З урахуванням ринкових умов (5) балансування потоків продуктів, ресурсів і послуг у фізичних та грошових одиницях, структура та механізми функціонування ринків А, F, B, C, головною метою створення яких є економічне стимулювання підприємств і споживачів до підвищення ефективності енерговикористання, також можуть бути формалізовані аналогічно до системи рівнянь (6) - (7) основною та додатковими підсистемами відображень множин вхідних і керуючих змінних в множини вихідних та зворотних змінних. При цьому задача управління енерговикористанням набуває специфічних властивостей ринкових задач прийняття рішень за умов, коли стан об'єктів управління до впровадження заходів з підвищення ефективності енерговикористання (передісторія) може бути визначеним за наявною статистичною інформацією, а фізичний зміст функціональних залежностей N^i (операторів, функціоналів, функцій тощо) — таким, що однозначно визначається механізмами і засобами управління, які плануються для впровадження або практично застосовуються для перетворення вхідних ресурсів, продуктів, послуг тощо у вихідні [10, 11].

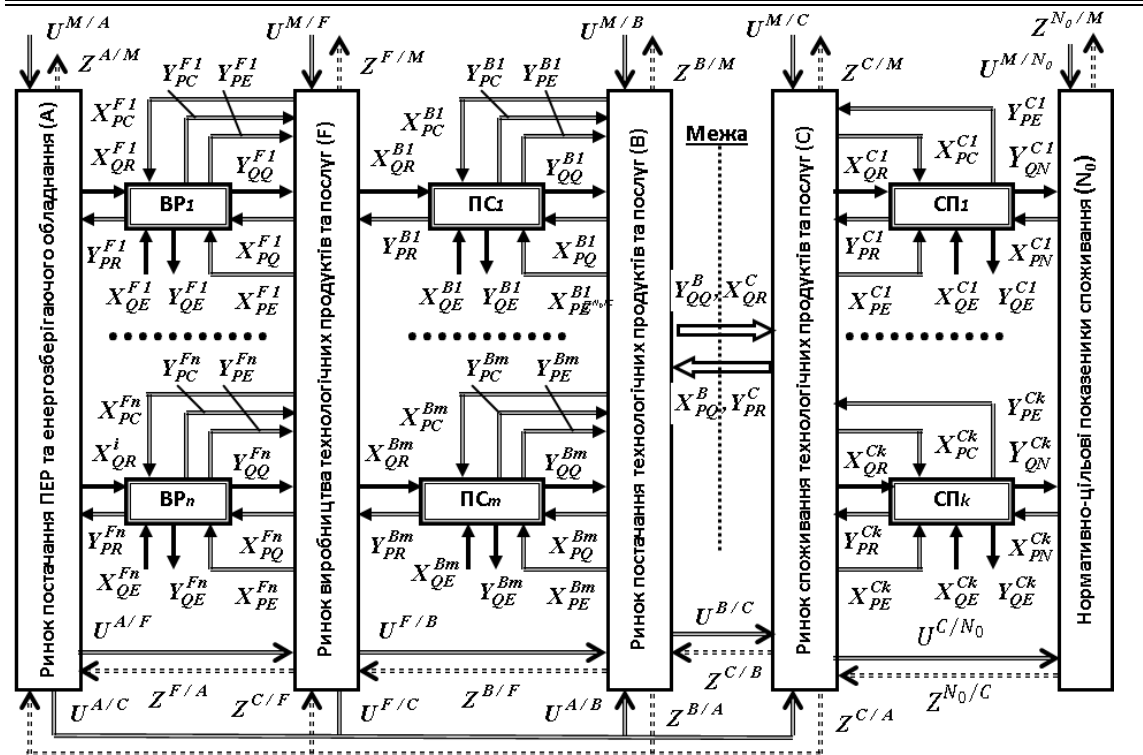


Рис.3. Структурно-функціональна схема системи управління енерговикористанням на рівні підприємства-споживачі

Наприкінці розглянемо узагальнену процедуру розв’язання задачі оптимального управління енерговикористанням за теоретико-множинним підходом. Нехай підсистема (i-1) рівня ієрархії управління подає на розгляд підсистеми i-го рівня інформацію Z^{i-1} у вигляді сукупності (набору) прийнятних для себе з точки зору власних цільових функцій, завдань та пропозицій. На базі отриманої інформації та з урахуванням власних цільових функцій підсистема i-го рівня визначає сукупність керуючих впливів U^i , за якими підсистема (i-1) рівня має право вибору щодо реалізації узгоджених з верхнім рівнем пропозицій (проектів, механізмів, заходів тощо) з підвищення ефективності енерговикористання, де власне процедура узгодження, як правило, носить ітеративний характер.

Припустимо, що ефективність механізмів (засобів) управління на певному рівні M ієрархії системи визначається функціональним відображенням Π^M . Тоді процедуру визначення множини результатів Y^M реалізації припустимих стратегій управління на цьому рівні можна представити декартовим добутком двох непорожніх множин B та A у вигляді множини $B^M \times A^M$, що складається з усіх упорядкованих пар виду (β^M, α^M) , перша компонента якого $\beta^M \in B^M$, а друга компонента $\alpha^M \in A^M$, де B^M – множина альтернативних способів і засобів реалізації стратегії управління на рівні M, A^M – множина способів і засобів корегування можливих невідповідностей (неузгодженостей) між діями β^M та очікуваним результатом $y^M \in Y^M$, а саме:

$$\Pi^M : B^M \times A^M \rightarrow Y^M \tag{8}$$

При цьому функція оцінки якості (ефективності) Θ досягнутого результату за різними стратегіями управління на рівні ієрархії M може бути представлена відображенням

$$\Theta^M : B^M \times Y^M \rightarrow V^M \tag{9}$$

де V^M – множина характеристик якості (ефективності) реалізації різних стратегій управління на рівні M, повністю або частково упорядкована відношенням \leq .

Нехай на іншому рівні D ієрархії ефективність механізмів (засобів) управління визначається функціональним відображенням

$$\Pi^D : B^D \times A^D \rightarrow Y^D \tag{10}$$

Тоді добуток $\Pi^M \Pi^D$ відображень Π^M та Π^D , який за умови, що Y^M збігається з $B^D \times A^D$, буде відображенням $B^M \times A^M$ в Y^D [9]:

$$\Pi^M \Pi^D : B^M \times A^M \rightarrow Y^D. \quad (11)$$

Якщо застосуванням ітеративно-адаптивних процедур узгодженості управління на певному рівні ієрархії буде усунуто і відносно досягнутого результату за даним механізмом управління чи засобом дії не буде невизначеності, то задача вибору оптимального впливу формалізується у наступному вигляді: знайти такий елемент $\bar{\beta} \in B$, для якого співвідношення

$$\Theta(\bar{\beta}, \Pi(\bar{\beta})) \leq \Theta(\beta, \Pi(\beta)) \quad (12)$$

виконується для будь-якої іншої дії $\beta \in B$.

При цьому, за необхідністю врахування множини керуючих змінних U^i цільова функція управління G^i на кожному рівні ієрархії буде задаватися трьома множинами у наступному вигляді: функцій і величин оцінки ефективності функціонування системи (13), функцій і величин оцінки ефективності реалізації різних стратегій управління (14) та їх взаємозв'язку з цільовими функціями управління (15):

$$\Pi^i : B^i \times U^i \rightarrow Y^i \quad (13)$$

$$\Theta^i : B^i \times U^i \times Y^i \rightarrow V^i : \quad (14)$$

$$G^i(x^i, u^i) = \Theta^i(x^i, u^i, \Pi^i(x^i, u^i)), \quad (15)$$

де у загальному випадку множина U^i керуючих змінних залежно від рівня абстрагування (оператор, функціонал, функція) може відображати як структурні, так і параметричні фактори впливу на вихідний результат управління енерговикористанням.

Таким чином, на кінцевий результат розв'язання задачі оптимального вибору параметрів управління складною системою за рівняннями (8) - (15), окрім цільових функцій і характеристик ефективності (якості) функціонування підсистем, впливають механізми і способи реалізації стратегій управління на кожному з рівнів ієрархії системи, узгодження яких здійснюється за ітеративними процедурами.

Висновки

1. Застосування теоретико-множинного підходу для визначення структурно-функціональних особливостей побудови моделі багаторівневої системи організаційно-технологічного управління енерговикористанням у складних системах з ієрархічною структурою є продуктивним як з точки зору узгодженої стратифікації організаційних і технологічних рівнів управління такими системами, так і з точки зору вибору оптимальних стратегій управління.
2. Удосконалено процедуру розбивки вихідної множини структурно-функціональних елементів, блоків, зв'язків та змінних моделі управління енерговикористанням на упорядковану сукупність підмножин, стратифікованих за адміністративно-організаційними, технологічними, економічними, екологічними та соціальними ознаками, яка дозволяє встановлювати порядок взаємодії впливів і відгуків підсистем у багаторівневих системах управління типу "вхід-вихід".
3. Запропонована оригінальна структурно-функціональна схема управління енерговикористанням у системах з ієрархічною структурою, що враховує прямі і зворотні зв'язки адміністративно-територіального і галузевого рівнів управління з технологічними підсистемами виробництва і споживання, які здійснюються на ринках виробництва, постачання і споживання технологічних продуктів і послуг, що є принципово важливим в ринкових умовах функціонування такого роду систем.
4. Перспективи подальшого розвитку і застосування запропонованої моделі управління енерговикористанням полягають у можливостях прозорої формалізації цільових функцій та проведення структурно-параметричної оптимізації такого роду систем за наявними і новітніми технологіями підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів у різних секторах виробництва.

Література

1. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Загальні засади енергозбереження / За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т.1. – 510 с.
2. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: Механізми реалізації політики енергозбереження / За ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т.2. – 600 с.

3. Енергозбереження — пріоритетний напрямок державної політики України / Ковалко М.П., Денисюк С.П.: Відп. ред. Шидловський А.К. – Київ: Укренергозбереження, 1998. – 506 с.
4. Енергетика світу та України. Цифри та факти / Вороновський Г.К., Денисюк С.П., Кириленко О.В., Стогній Б.С., Шидловський А.К. – Київ: Українські енциклопедичні знання. 2005.– 404 с.
5. Праховник А.В., Іншеков Є.М. Ефективне енерговикористання в Україні: основні проблеми та шляхи вирішення // Управління енерговикористанням: Збірник доповідей / За заг. ред. А.В.Праховника. – 2001. – С.19-34.
6. Праховник А.В. Управління енерговикористанням: проблеми, завдання та методи вирішення // Управління енерговикористанням: Збірник доповідей / За заг. ред. А.В. Праховника. – 2001. – С.169-190.
7. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем, М.: Мир. – 1973. – 344с.
8. Моисеев Н.Н. Элементы теории оптимальных систем, М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1975, 527 с.
9. Коршунов Ю.М. Математические основы кибернетики. М.: Энергоатомиздат. – 1987. – 496 с.
10. Ковалко О.М. Біржові торги матеріальними ресурсами в системі стратегічного управління // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія Логістика. – 2000. - №416. – С.270-275.
11. Новосельцев О.В., Євтухова Т.О. Механізм економічного стимулювання енерговикористання на підприємствах комунальної власності // Проблеми загальної енергетики. – 2003. - №8. – С.40-47.