

6.2 Fuel supply system as an object of flow and economic-mathematical modeling

Участь країни в колективних проектах паливозабезпечення передбачає розгляд системи паливозабезпечення як системи виробництв, що здійснюють видобуток паливних продуктів, їх перетворення в різноманітні проміжні форми, а також системи зв'язків – джерел та напрямків транспортування [149-164]. Вказані об'єкти є взаємозалежними елементами системи паливозабезпечення, створення яких слід розглядати як процес у часовому аспекті, що передбачає аналіз варіантів у економічному та безпековому аспектах протягом всього періоду розбудови та функціонування. Ці положення окреслюють вимоги до моделей системи паливозабезпечення, які відповідають наявним викликам економічної та енергетичної безпеки.

Очевидним засобом подання вказаних вище пріоритетів паливозабезпечення є моделі балансу видів палива, що дозволяють відобразити вплив цих пріоритетних цілей на якість паливних балансів, яка визначається обсяговими, економічними (вартісними) та безпековими критеріями [165].

З точки зору моделювання, поняття паливозабезпечення означає впорядковану послідовність виробництв, технологічних процесів та видів економічної діяльності, спрямованих на задоволення потреби в паливі всіх галузей економіки держави. Паливозабезпечення є неперервним у часі процесом руху енерговмісних продуктів, що описується системою рівнянь балансу їх обсягів. В загальному вигляді рух кожного виду палива в економіці держави складається з чітко впорядкованої послідовності процесів виробітку, транспортування, накопичення, перетворення, споживання.

Таким чином, систему паливозабезпечення країни органічними паливами доцільно визначити як сукупність 1) видобувних та переробних підприємств, 2) транспортних систем, 3) споживачів паливних продуктів, які разом здійснюють взаємоузгоджені процеси 1) видобутку первинних енергоносіїв, їх переробки й збагачення, 2) перетворення, виробництва вторинних енергоносіїв,

3) імпортування первинних та вторинних енергоносіїв, 4) транспортування продуктовими мережами, морським та залізничним транспортом, 5) постачання промисловим, комунальним споживачам і населенню.

Продуктами системи паливозабезпечення є первинні викопні органічні палива – вугілля, природний газ, нафта і вторинні паливні ресурси – кокс, пиловугільне паливо, нафтопродукти, скраплений газ та ін.

Дослідження енергетичних балансів країн світу дають можливість сформулювати наступні властивості паливозабезпечення, як багатопродуктового виробничого процесу у відкритій економічній системі.

1) проблема забезпечення економіки паливними продуктами вирішується кожною країною світу на основі встановлення балансу між потребою та надходженням, що залежать від відповідних факторів.

2) фактори потреби визначаються індивідуальною структурою виробничих потужностей в галузях економіки країни, обсягами кінцевого споживання первинних палив і вторинних паливних ресурсів та обсягами їх перетворення в енергетичному й неенергетичних секторах економіки.

3) до факторів надходження належать рівень забезпечення первинними паливами власного видобутку, технологічна ефективність переробної галузі, джерела та обсяги імпортування, цінова кон'юнктура ринків енергоносіїв.

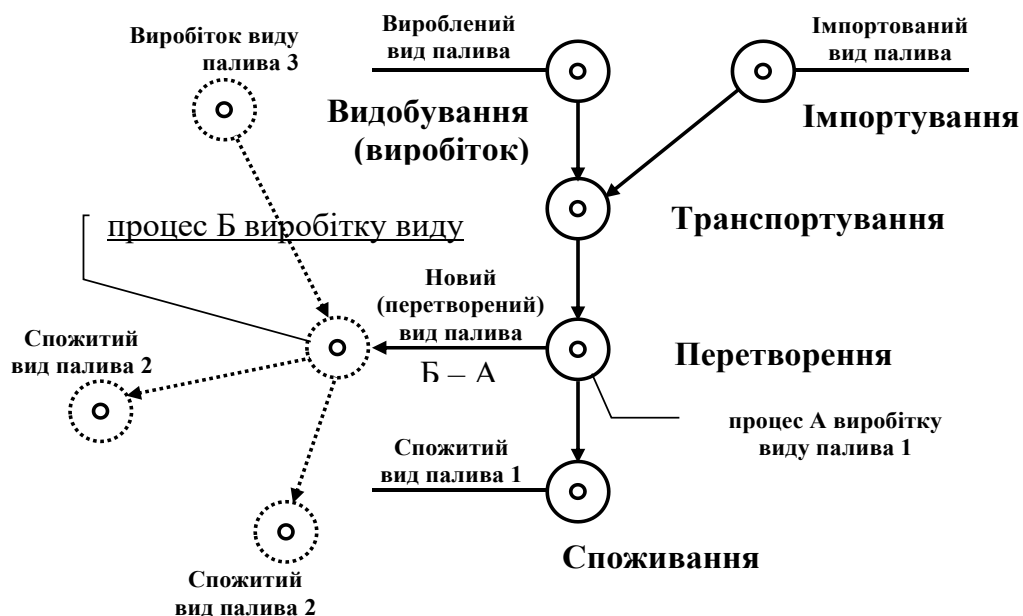
4) баланси паливних продуктів забезпечуються мережними системами трубопровідного транспортування на рівні миттєвого потокорозподілу. На технологічному рівні довгоперіодне балансування потоків палива здійснюється технологіями накопичення й зберігання.

5) паливозабезпечення економіки країни здійснюється системою взаємопов'язаних за продуктами виробничих і транспортних підприємств, що утворюють впорядковані послідовності (ланцюги) виробітку, транспортування, перетворення, споживання первинних і вторинних палив.

6) на ланках перетворення й споживання ланцюги паливозабезпечення окремими видами палив взаємодіють між собою, забезпечуючи заміщення видів палива в енергетичному балансі країни;

7) вимога гарантованого паливозабезпечення економіки обмежує потоки паливних продуктів з джерел власного видобутку та імпортування співвідношеннями обсягів, що задаються критеріями енергетичної безпеки, регламентованими законодавством країни.

Систему паливозабезпечення з описаними властивостями [166] запропоновано подавати у вигляді абстрактної потокової моделі, зображеної на рис. 1. Метою розробки цієї моделі є співставне одночасне відображення структури продуктотранспортних мереж у вигляді їх графів, а також технологічних ланцюгів немережних підсистем постачання палив у вигляді поточкових діаграм продуктових зв'язків. В цьому поданні визначаються вузли взаємодії ланцюгів паливозабезпечення окремими видами палива, обирається необхідний рівень деталізації моделі. У цьому ж поданні до схеми додаються уявні конструктивні елементи для формування критеріїв енергетичної безпеки.



Малюнок 1. Абстрактна потокова модель системи паливозабезпечення

В загальному вигляді рух кожного виду палива, – від видобування чи зовнішнього надходження до споживання, можна зобразити у вигляді схеми, поданої на рис. 1. Очевидно, що вся сукупність цих різномірних процесів природно узагальнюються в моделі графа деякої уявної мережі, якщо до функції вузла віднести процес, а до функції ребра (лінії, ділянки) – зв'язок між процесами

за вхідним і вихідним продуктами. Таким чином, виробіток, транспортування, споживання є функціями вузла, і обсяги палива в цих процесах чисельно описуються відповідними змінними величинами вузлів. Натомість, зв'язок між вузлами зображується лінією – ребром графа мережі.

Структура балансово-оптимізаційної моделі паливозабезпечення визначається структурою балансу окремих видів палива в економіці країни. Тому необхідним елементом побудови моделі є запис рівнянь балансу з виділенням окремих видів палива на всіх стадіях їх обігу, зокрема й у процесах виробітку вторинних енергоносіїв, призначених для кінцевого споживання на виробіток неенергетичних продуктів. В загальному випадку рівняння балансу i -го виду палива, що відповідає графу руху палива на рисунку 1, має вигляд

$$F_{i, \text{власн_вир}} + F_{i, \text{імп}} - \sum_{j=1}^{N_{i, \text{перетв}}} F_{ij, \text{перетв}} - F_{i, \text{експ}} - \sum_{k=1}^{N_{i, \text{спож}}} F_{ik, \text{спож}} = 0 \quad \left| \quad i=1, N_{\text{ПП}} + N_{\text{ВП}} \right. , \quad (1)$$

$$(1 - \xi) \cdot F_{i, \text{імп}} - \xi \cdot F_{i, \text{власн_вир}} = 0, \quad (2)$$

де $F_{i, \text{власн_вир}}$ – обсяг власного виробітку i -го виду первинного палива (ПП);

$F_{i, \text{імп}}$ – обсяг імпортування i -го виду ПП;

$F_{ij, \text{перетв}}$ – обсяги перетворення i -го виду ПП при виробітку j -го виду вторинного палива (ВП), або енергоносія (енергетичного продукту) кінцевого споживання (ЕКС);

$F_{i, \text{експ}}$ – обсяг експорту i -го виду ПП;

$F_{ik, \text{спож}}$ – обсяг споживання i -го виду первинного або вторинного палива у k -му секторі економіки, або на виробіток k -го виду кінцевої продукції (в залежності від рівня деталізації моделі);

ξ – частка обсягу імпортованого палива i -го виду.

$N_{i, \text{перетв}}$ – загальна кількість технологічних процесів виробітку

вторинних палив з i -го виду ПП;

$N_{i, \text{спож}}$ – загальна кількість видів технологічних процесів споживання i -го виду первинного або вторинного палива.

$N_{\text{ПП}}$, $N_{\text{ВП}}$ – загальні кількості первинних і вторинних палив, відповідно.

Обсяги F_i в рівняннях (1) нормуються на обсяг виробітку палива у вузлі. Процес вузла описується коефіцієнтами витрат і втрат вхідних видів палив на виробіток вихідного виду.

Графи обігу окремих видів палива з'єднуються ребрами типу ребра В – А якщо вид палива 1, що виробляється в процесі А, споживається в процесі В виробництва палива 2. Результуючий граф розглядається як схематичне подання структури обігу палив в економіці країни із врахуванням їх взаємних перетворень і кінцевого споживання. Системи рівнянь (1) і (2) описують баланс потоків мережної моделі паливозабезпечення та додаткові умови на ці потоки, що накладаються вимогами енергетичної безпеки.

Разом з цим, паливозабезпечення, як сукупність галузей економіки, технологій і виробництв [167], є складною багатопродуктовою виробничою системою, що підлягає дослідженню в класі моделей міжпродуктового балансу. Вперше модель міжпродуктового балансу з'явилась в економічній науці в роботах В.В. Леонтьєва [168], і була пізніше розвинена до класу оптимізаційних моделей Л.В. Канторовичем [169] та Т.С. Купмансом [170, 171]. Базовим поняттям цих моделей є технологічний спосіб, як векторно-матричний об'єкт, за допомогою якого формується система обмежень оптимізаційної моделі міжпродуктового балансу. Запровадження технологічного способу дало можливість описати будь-який виробничий процес, що виділяється дослідником як окремий об'єкт моделювання, поняттям модельного продукту, співставити йому множину витратних показників – ресурсів, а також розрахувати ціну, що враховує витрати ресурсів та інших продуктів системи на всіх ділянках виробничого ланцюга. Ґрунтовний розвиток та приклади застосування оптимізаційних моделей на основі поняття технологічного способу до

різноманітних економічних систем можна знайти в [172]. В застосуванні до задач дослідження оптимальної структури паливозабезпечення країни моделі цього типу доцільно використовувати в двох аспектах. По-перше, розв'язок оптимізаційної задачі з використанням наперед заданого, окремо обґрунтованого критерію оптимальності дає шукану структуру обсягів паливозабезпечення. По-друге, розраховані на другому етапі моделювання ціни на продукти системи, є деталізованим індикатором економічної ефективності функціонування всіх ланок модельованої системи.

Багатопродуктовість є основною характерною рисою моделі виробничого типу на відміну від моделей транспортного, розподільного чи виробничо-транспортного типу, в яких моделюється виробництво та транспортування одного продукту.

Модель міжпродуктового балансу за схемою Леонтьєва перетворюється в оптимізаційну модель виробничого типу, якщо в ній представлено декілька технологічних способів виробництва одного й того ж продукту, можливі комплексні виробництва, а також додана ресурсна система рівнянь. Процеси транспортування моделюються як переміщення продукту за певним маршрутом, тобто транспортування розглядається як різновид виробництва. Модель має більше змінних ніж рівнянь і є варіантною. Для отримання змістовного розв'язку до системи рівнянь додається цільова функція, що виражає прийнятий енергоекономічний критерій оптимальності.

Модель виробничого типу подається у вигляді

$$G \cdot X = Y, \quad (3)$$

$$D \cdot X = D^*, \quad (4)$$

$$\Theta \cdot X = 0, \quad (5)$$

$$R \cdot X = R^*, \quad (6)$$

$$X^- \leq X \leq X^+ \quad (7)$$

$$C \cdot X \rightarrow \min, \quad (8)$$

де G і D – продуктові матриці випуску та витрат відповідно основних та додаткових продуктів, що разом утворюють технологічну матрицю моделі;

Θ – матриця допоміжної підсистеми;

R – ресурсна матриця витрат екзогенних ресурсів;

Y і D^* – вектори кінцевих обсягів основних і додаткових продуктів відповідно;

R^* – вектор обсягів споживання екзогенних ресурсів;

C – цільовий вектор;

X — вектор змінних;

X^+ , X^- — вектори верхніх та нижніх обмежень на змінні, відповідно.

Підсистема рівнянь пропорціонування (5), яка утворюється допоміжною матрицею моделі, встановлює допоміжні структурні пропорції або обмеження на змінні моделі.

Підсистема рівнянь пропорціонування використовується для врахування додаткових зв'язків між параметрами технічної системи. Такі зв'язки обумовлюються, фізичними законами, технічними обмеженнями, властивими модельованим технологічним процесам. Ця підсистема є допоміжною системою рівнянь, що дописується до основної — технологічної системи балансових рівнянь (3) — (4), і виражає в лінійній або лінеаризованій формі внутрішньо властиві залежності модельованої системи.

Зокрема додаткову систему допоміжних рівнянь моделі виробничого типу можна застосувати до врахування закону збереження енергії (балансу вузлових енергій) в мережних системах транспортування паливних продуктів, а також пропорцій паливних продуктів в потребі споживачів.

Виходячи з цих міркувань доцільно розробити методичний підхід до перетворення балансових співвідношень потокових моделей мережних систем паливозабезпечення, а також інших систем транспортування паливних продуктів із структурованими логістичними схемами постачання, в систему рівнянь балансу моделі виробничого типу, побудовану на основі поняття технологічного способу. В основу цього підходу покладено систему аналогій між змінними потокових моделей та інтенсивностями технологічних способів — змінними моделей виробничого типу.