

УДК 005.8:620.9:669

doi: 10.32620/reks.2019.4.07

С. Г. КІЙКО¹, Є. А. ДРУЖИНІН², О. В. ПРОХОРОВ²¹ *ПрАТ Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. А. М. Кузьміна, Україна*² *Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «ХАІ», Україна*

МОДЕЛЬ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗУ ПОРТФЕЛЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕГАЮЧИХ ПРОЕКТІВ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Розглянуто проблеми та особливості формування портфеля проектів у відповідність зі стратегією енергозбереження металургійного підприємства. В результаті аналізу структури програми енергозбереження на металургійних підприємствах, було виявлено, що проблемами, які вирішують проекти енергозбереження є неефективне витрачання (значні втрати) енергоресурсів (природних ресурсів, теплової енергії, електроенергії), контроль за формуванням витрат і результатами поліпшень в енергоспоживанні. Загальна мета підвищення енергоефективності на підприємстві реалізується на основі управління портфелем енергозберігаючих проектів, які спрямовані на виконання таких завдань: оптимізація енергетичного балансу; мінімізація споживання природного газу; оптимізація енергоефективності та ін. Критерії успішності проекту енергозбереження включають: ефективність; експлуатаційні витрати, втрати та ін. Складність в тому, що важко об'єктивно оцінити частку кожного енергоресурсу в загальному потоці, визначити енергоємність окремого виробництва, цеху, всього підприємства і ін. Розглянуто концепцію управління портфелем енергозберігаючих проектів, яка базується на кількох взаємозалежних адаптивних системах: планування та формування, моніторингу та управління змінами. Для встановлення пріоритетних проблем необхідний глибокий і всебічний аналіз сформованих на підприємстві економічних тенденцій, які будуть характеризувати процес формування якості паливно-енергетичного балансу металургійного підприємства. Представлена системна модель формування портфеля енергозберігаючих проектів металургійного підприємства. Описано математичну модель вибору проектів, яка комплексно враховує поточний стан підприємства і його майбутні стратегічні напрямки роботи, ресурсне та фінансове забезпечення проектів і ризики. Використання даної моделі дозволяє послідовно проводити аналіз проектів портфеля з метою виявлення можливості їх реалізації на металургійному підприємстві, узгоджувати плани реалізації проектів і плани підприємства на різних рівнях планування, відбирати найбільш перспективні проекти до реалізації у відповідність з визначеною енергетичною стратегією.

Ключові слова: портфель проектів; управління енергозбереженням; енергоефективність; проект енергозбереження; металургійне підприємство.

Вступ

Металургійні підприємства є великими споживачами електричної і теплової енергії, тому вирішення задач енергозбереження неможливо без розроблення комплексної програми та портфеля проектів за основними напрямками енергозбереження з обов'язковою координацією їх з програмою розвитку основного виробництва. Гострота вирішення цих питань викликана необхідністю поліпшення економічної стабільності підприємств, підвищення конкурентоспроможності продукції та зменшення залежності від постачальників енергоресурсів.

Загальна мета підвищення енергоефективності на підприємстві реалізується на основі управління портфелем енергозберігаючих проектів, які спрямовані на виконання таких завдань: оптимізація енергетичного балансу; мінімізація споживання природного газу; оптимізація енергоефективності та ін.

Аналіз досліджень і публікацій

Багато дослідників розглядають принципи і особливості вирішення таких завдань як енергетичне обстеження, енергетичний моніторинг і планування. При цьому підкреслюється, що на стратегічному рівні металургійними підприємствами реалізуються цільові програми з енергозбереження з урахуванням особливостей конкретного підприємства, а до тактичних кроків відносять організацію обліку витрачання енергоресурсів на різних рівнях.

В роботі [1] сформулювали основні проблеми управління електроспоживання балансується і енергозбереженням в металургійному виробництві і привели можливі шляхи їх вирішення. В роботі розглянуті завдання нормування, планування енерговитрат за рівнями управління. Авторами запропонований метод прогнозування витрат енергоресурсів, заснований на побудові регресійних моделей з

включенням фактора часу.

Рішення завдання прогнозування електроспоживання на основі багатфакторного регресійного і кореляційного аналізу здійснюється в роботах [2-4]. В роботі [5] оцінка і прогнозування електроспоживання в енергосистемах здійснюється на основі нечіткого регресійного аналізу. В роботі [6] використовуються гібридні мережі Петрі для моделювання та аналізу металургійних процесів. Динамічний потік матеріалів і зміни в реальному часі кожного технологічного стану в металургійному процесі наочно моделюються за допомогою цієї моделі.

Авторами в роботі [7] розглянуті теоретичні та практичні аспекти оперативного планування і управління електроспоживання балансується на промисловому підприємстві. Представлені можливості математичного моделювання та оптимізації технологічних режимів. На прикладі агломераційного виробництва великого металургійного комбінату виконані розрахунки оптимально-компромислового режиму. Показано, що в результаті рішення задачі координації змінна продуктивність аглофабрики збільшиться, а електроспоживання скоротиться.

Сутність процесу підвищення енергоефективності виробництва полягає в зниженні питомих витрат енергоносіїв на виробництво продукції, в раціоналізації режимів енерговикористання, зміні структури енергоспоживання, підвищення екологічної ефективності виробництва [8].

Підвищення ефективності промислового виробництва, головним чином, через впровадження ресурсо- і енергозберігаючих технологій, обладнання та процесів викликала необхідність коригування пріоритетних напрямів розвитку енергоемних галузей промисловості, в тому числі підприємств металургійного комплексу [9].

У роботі [10] представлені концептуальні положення для управління портфелем проектів в організації та формалізація методологічних засад створення ціннісно-орієнтованого портфелю проектів розвитку металургійних підприємств.

Постановка завдання дослідження

В результаті аналізу структури програми енергозбереження на металургійних підприємствах, було виявлено, що проблемами, які вирішують проекти енергозбереження є неефективне витрачання (значні втрати) енергоресурсів (природних ресурсів, теплової енергії, електрики), контроль за формуванням витрат і результатами поліпшень в енергоспоживанні.

Вирішення основних проблем управління портфелем проектів повинно виконуватися на основі побудови і дослідження системи математичних

моделей. В рамках нашого дослідження до системи моделей управління портфелем проектів відносяться: модель формування портфелю проектів; агентна імітаційна модель енергоспоживання. У сукупності вони дозволяють оцінити ефективність відібраних проектів реалізації енергозберігаючих заходів, об'єктивно оцінити частку кожного енергоресурсу в загальному потоці, визначити енергоемність окремого виробництва, цеху, всього підприємства, скорегувати стратегічний напрямок в управлінні енергоресурсами.

Моделювання процесів управління портфелем енергозберігаючих проектів металургійного підприємства

Розроблення організаційних систем управління, механізмів управлінського обліку й усунення втрат енергоресурсів і є основним завданням проекту енергозбереження. Критерії успішності проекту енергозбереження включають: ефективність; експлуатаційні витрати, втрати та ін. Складність в тому, що важко об'єктивно оцінити частку кожного енергоресурсу в загальному потоці, визначити енергоемність окремого виробництва, цеху, всього підприємства і ін.

Концепція управління портфелем енергозберігаючих проектів базується на кількох взаємозалежних адаптивних системах: планування та формування, моніторингу та управління змінами (рисунком 1).

Найбільші проблеми при формуванні енергетичної політики металургійного підприємства виникають при визначенні пріоритетів і цілей енергоефективності та енергозбереження.

Пріоритети є базовим поняттям і структурним елементом енергетичної стратегії і являють собою найкращі на кожному етапі її реалізації напрямки і форми діяльності органів управління підприємства, що регулюють енергоспоживання при формуванні паливно-енергетичного балансу.

Пріоритетів може бути один або кілька, і вони характеризують в агрегованому вигляді основні напрямки та відмінні риси енергетичної стратегії на довгостроковий період.

Пріоритети встановлюються з урахуванням головного завдання енергетичної стратегії, при цьому вони не повинні дублюватися і суперечити один одному. Зазвичай пріоритети формулюються за допомогою якісних характеристик, а ось цілі повинні бути не тільки описані, але і квантифіковані. Тому цілі є більш гнучким елементом, ніж пріоритети.

Дуже часто кількість цілей перевищує кількість пріоритетів, які встановлюються з урахуванням головного завдання енергетичної стратегії або політики.

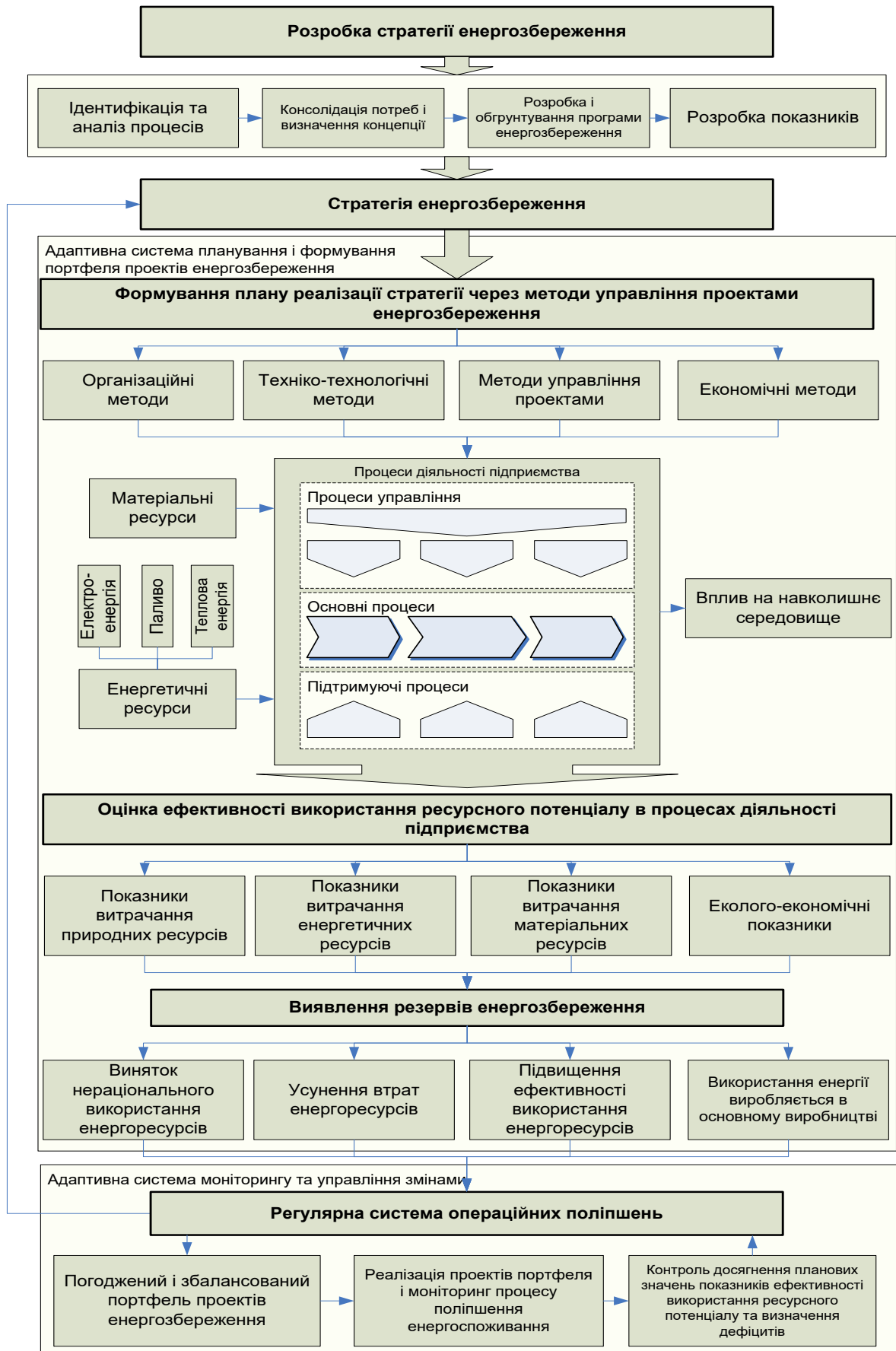


Рис. 1. Багаторівнева модель управління енергозбереженням на металургійному підприємстві

Встановлення пріоритетних проблем можливе лише на базі глибокого і всебічного аналізу сформованих на даному підприємстві економічних тенденцій, які будуть характеризувати процес формування якості паливно-енергетичного балансу підприємства.

У середині сформованого набору пріоритети ранжуються за значимістю, і за допомогою експертно-аналітичних методів в рамках цих пріоритетів визначаються цілі. В даному випадку пріоритет віддається проблемам, що носять комплексний характер, вирішення яких дозволяє отримати, крім основного, і супутні ефекти. Наприклад, це може чітко простежуватися щодо проблеми підвищення надійності та якості енергопостачання металургійних споживачів.

Обґрунтування пріоритетів доцільно проводити в три етапи: виявлення першочергових енергоекономічних проблем металургійного підприємства; вибір базових напрямків; визначення адекватних форм і методів управління.

Цільові напрямлення слід розглядати як способи вирішення можливих пріоритетних проблем, які потрібно розробляти в двох аспектах: галузевому і виробничому, тобто в розрізі окремих підприємств.

У виробничому аспекті найбільш значимі наступні пріоритетні напрямки діяльності регулюючих органів: стимулювання енергозбереження та енергоефективності на металургійному підприємстві; стійке забезпечення енергоносіями металургійного підприємства; підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і створення необхідних умов для переведення економіки металургійного підприємства на енергозберігаючий шлях розвитку; зменшення негативного впливу енергетики на навколишнє природне середовище при зниженні енергоспоживання металургійного підприємства.

На рисунку 2 представлена модель структурного синтезу портфеля енергозберігаючих проектів. У кожен момент часу на підприємстві виконується множина проектів, що знаходяться на різних фазах своєї реалізації. У зв'язку з цим оцінювання ефективності діяльності підприємства являє собою досить складну задачу.

Плановані до реалізації на підприємстві енергозберігаючі проекти визначаються множиною параметрів або ознак.

Стратегії підприємства формуються на основі поточного стану підприємства і оцінки факторів ризику зовнішнього середовища. Як параметри стану підприємства, так і параметри реалізації портфеля проектів в кожен момент часу будуть залежати від ряду факторів ризику, які визначаються зовнішнім середовищем.

Ця множина чинників повинна враховуватися при визначенні стратегій розвитку підприємства і в процесі формування портфеля проектів з метою зниження негативних наслідків їх прояву. Стратегії підприємства визначаються керівництвом, як набір базових, об'єктних, функціональних і інших видів стратегій.

У портфель можуть вноситися як окремі проекти програми енергозбереження, так і проекти вдосконалення поточної діяльності. Таким чином, портфель в кожен момент часу – це набір проектів, частина з яких направлена на реалізацію програми, а частина є незалежними проектами. Якщо вважати, що ресурсів для виконання програми досить, то програма буде виконана за мінімальний час і тим самим протягом цього часу буде досягнута пов'язана з нею стратегічна мета. Однак, так як проекти програми будуть виконуватися одночасно з іншими проектами в складі портфеля, то час реалізації програми буде істотно більшим. Крім того, визначення вартості, принесеної програмою, буде утруднено в зв'язку з тим, що спрогнозувати грошові потоки в умовах безупинно мінливих доступних ресурсів досить складно.

Далі слід враховувати типологію взаємозалежностей операцій проектів: загальні операції для декількох проектів; загальні ресурси для декількох проектів; залежність доходів, отриманих за проектом від доходів, отриманих за іншими проектами.

Необхідно враховувати, що процес формування остаточного портфеля проектів буде визначатися також набором дій щодо попередження та усунення небажаних проявів факторів ризиків.

Таким чином, загальне завдання формування портфеля проектів можна представити таким чином.

На першому етапі необхідно сформувати попередній портфель проектів, що відповідає вимогам підприємства і зовнішнього середовища. Завдання ж формування ефективного портфеля проектів зводиться до того, щоб визначити такий порядок відбору проектів, що дозволяє врахувати як вплив зовнішнього середовища, так і ризиків внутрішнього середовища підприємства, а для підприємства забезпечити максимальну гарантовану енергоефективність. Для цього ми будемо використовувати модель відбору проектів, основні положення якої будуть розглянуті далі в роботі.

Якщо ж відомі імовірнісні характеристики потоків проектів в портфель і їх потреб в ресурсах, то, використовуючи імітаційну модель портфеля проектів, можна отримати цікаву для нас оцінку вартості, принесену прийнятим стратегічним рішенням і відповідною програмою. Крім того, на імітаційній моделі можуть бути визначені і проаналізовані ризики виконання програми і проектів.

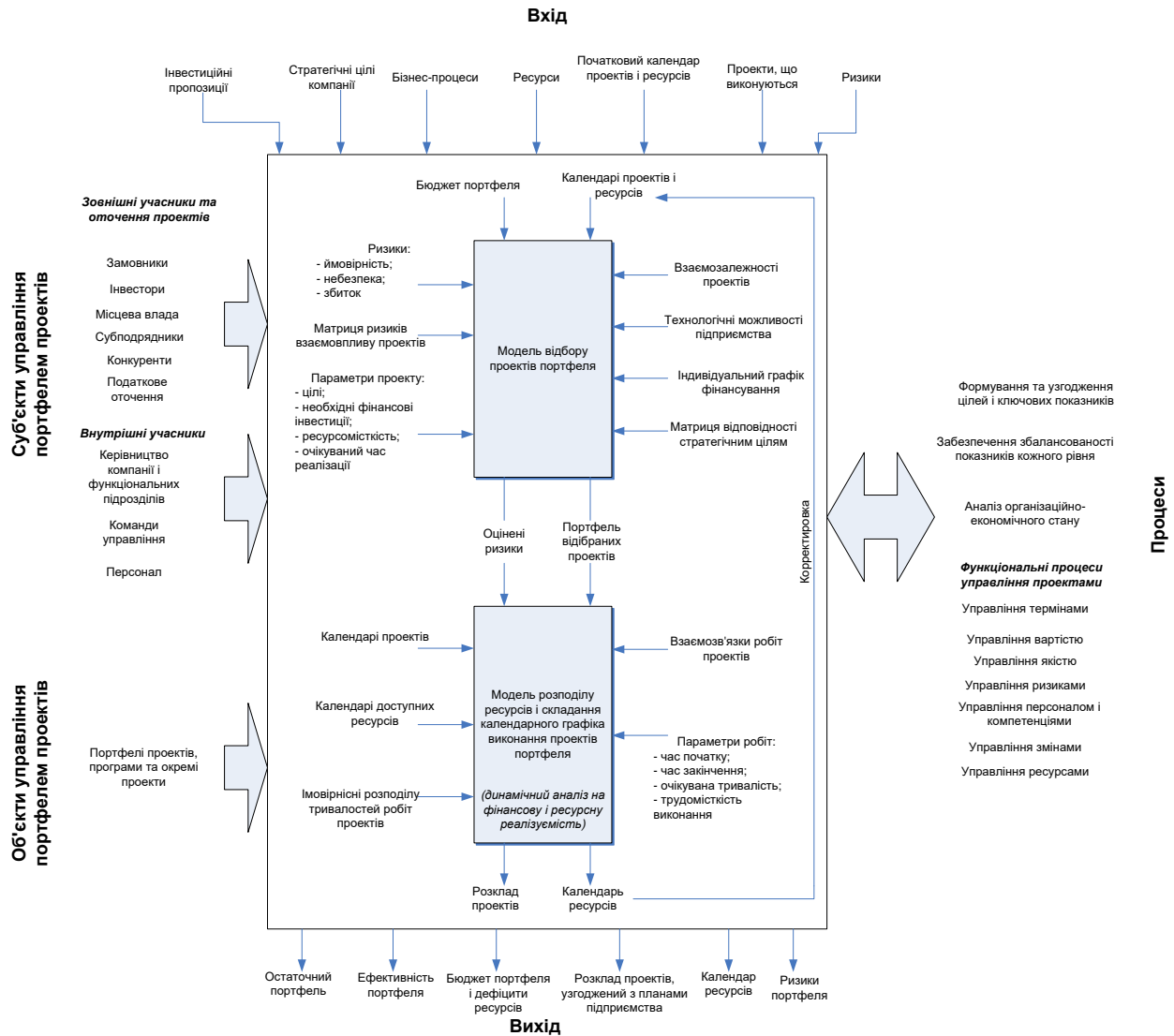


Рис. 2. Модель структурного синтезу портфеля енергозберігаючих проектів

Портфель проектів металургійного підприємства будемо асоціювати з вектором PPR (склад портфеля) розмірністю, що відповідає кількості проектів в множині розглянутих проектів $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, значення якого є бінарні величини pp_i , де 1 означає, що i -й проект включається в портфель, 0 – означає, що i -й проект не включається в портфель. Таким чином, наприклад, можуть бути задані проекти, які за будь-яких умов не можна виключати з портфеля.

Кожен проект, що входить до складу портфеля $i \in P$, є об'єктом управління і має низку характеристик, які потребують уточнення та формалізації. Сукупність проектів енергоефективності металургійного підприємства, або портфель проектів, також є об'єктом управління і має такі параметри, як прибутковість, ризик, час реалізації, необхідні ресурси тощо. При цьому реалізація кожного проекту впливає на хід реалізації інших проектів, що входять в портфель, і тим

самим впливає на параметри всього портфеля проектів. З огляду на безумовну значимість характеристик кожного з проектів, що входять до складу портфеля, слід зазначити, що стратегічна конкурентоспроможність і розвиток підприємства залежать від характеристик всього портфеля проектів.

Формалізовано уявити проект відповідно до напрямів підвищення енергоефективності підприємства можна в вигляді сукупності наступних компонентів:

$$P_i = \langle X_i, W_i, R_i \rangle,$$

де X_i – вектор початкових характеристик i -го проекту; W_i – вектор характеристик привабливості та реалізованості проекту; R_i – сукупний ризик проекту.

Вектор початкових характеристик проекту представимо у вигляді

$$X_i = \langle C_i, Y_i, S_i, H_i, T_i, R_i, I_i \rangle,$$

де C_i – цілі проекту; Y_i – комплекс робіт по проекту; S_i – необхідні фінансові інвестиції в проєкт; H_i – ресурсомісткість проекту; T_i – очікуваний час реалізації проекту; I_i – вектор взаємовпливу на інші проєкти в портфелі. У векторі взаємовпливу I_i проставляються коефіцієнти, які можуть набувати значень від 0 до 1, що показують рівень залежності i -го проєкту від інших проєктів портфеля.

Важливим кроком аналізу є угруповання даних проєктів для відбору в портфель в таких аспектах: з позицій цілей енергоефективності, фінансів, умов (ресурсів).

Для цього використовуються показники привабливості і реалізуємості, які в комплексі відображає можливість реалізації проєкту на даному підприємстві з урахуванням стратегічних напрямків діяльності підприємства, ресурсного, фінансового та часового забезпечення

$$W_i = \langle SC_i, E_i, SR_i, HR_i \rangle,$$

де SC_i – індекс відповідності стратегічним цілям підприємства і підвищення енергоефективності при реалізації проєкту; E_i – показники оцінки економічної ефективності проєкту; SR_i – фінансова реалізуємість проєкту; HR_i – ресурсна реалізуємість проєкту.

Цілі проєкту C_i формулюються у вигляді безлічі показників із зазначенням їх значень, які повинні бути досягнуті в результаті виконання проєкту $\{K_j^{P_i}\}$.

Далі можливо здійснити зіставлення значень показників стратегії енергоефективності $\{K_j^{Str_i}\}$ з відповідними параметрами проєкту $\{K_j^{P_i}\}$.

Показник відповідності $SC_j^{Str_i}$ розглядається для всіх стратегічних цілей в позначених чотирьох проєкціях.

Якщо в описі проєкту параметр $K_j^{Str_i}$ відсутній, то показник відповідності $SC_j^{Str_i}$ для стратегічної цілі Str_i дорівнює нулю.

В іншому випадку здійснюється порівняння цільових значень даного показника в проєкті $K_t^{P_i}$ та стратегії $K_t^{Str_i}$ з урахуванням поточного значення (на момент часу t) цього показника для підприємства K_t^E :

$$SC_t^{Str_i} = \frac{K_t^{Str_i} - K_t^E}{K_t^{P_i} - K_t^E}.$$

Після визначення оцінок відповідності за окремими параметрами може бути розрахована стратегічна відповідність проєкту щодо стратегії енергоефективності Str_i шляхом усереднення оцінок за окремими показниками:

$$SC^{Str_i} = \frac{1}{N_{KPI}^{Str_i}} \sum_{t=1}^{N_{KPI}^{Str_i}} SC_t^{Str_i},$$

де $N_{KPI}^{Str_i}$ – число показників в описі стратегії Str_i .

Це підходить в тому випадку якщо кожного проєкту присвоюється тільки одна стратегічна мета.

В реальності можлива ситуація з кількома цілями. У цьому випадку після визначення оцінок відповідності по кожній цілі може бути розраховане стратегічне відповідність проєкту P_i шляхом усереднення оцінок SC^{Str_i} за окремими показниками.

При цьому, можливо також врахувати важливість стратегічних цілей шляхом введення вагових коефіцієнтів, які можуть бути отримані експертним шляхом з використанням методу аналізу ієрархій або парних порівнянь. У разі якщо з кожним проєктом портфеля зв'язується N_i^{Str} стратегічних цілей, індекс відповідності розраховуємо наступним чином

$$SC_i = \frac{1}{N_i^{Str}} \sum_{k=1}^{N_i^{Str}} w_k^{Str} SC_k^{Str},$$

де w_k^{Str} – важливість стратегічної мети, при цьому

$$\sum_k w_k^{Str} = 1.$$

Таким чином, формується індекс відповідності проєкту стратегії енергоефективності $SC_i \in [0,1]$, значення якого інтерпретуються наступним чином: $SC_i = 1$, якщо проєкт повністю відповідає стратегії; $SC_i = 0$, якщо проєкт не відповідає стратегії; $0 < SC_i < 1$, якщо проєкт частково відповідає стратегії і при цьому пов'язаний з розвитком стратегічного потенціалу підприємства.

Результати експериментів

За допомогою запропонованого підходу і моделей був сформований портфель проєктів металургійного підприємства, куди увійшли перспективні до реалізації проєкти у відповідність до енергетичної стратегії.

Так в період з 2016 по 2018 рік на підприємстві було запроваджено заходи щодо енергозбереження, які представлені в таблиці 1. У сумі за допомогою

даних заходів було заплановано і фактично досягнуто скорочення споживання природного газу на 1 %, теплоенергії на 1,2 %.

Таблиця 1
Перелік енергозберігаючих проектів портфеля

Енергозберігаючий проект	Вартість, тис. грн.	Всього зекономлено, тис. т. ум. палива	Вартість зекономлених енергоресурсів, тис. грн.
Впровадження пристрою для редукування на ввіді пара №3	350	0,1845	1225
Проведення тепло-технічної налашки термічної печі прокатного цеху	440	0,0360	220
Проведення тепло-технічної налашки нагрівальних колодязів прокатного цеху	270	0,0220	135
Проведення тепло-технічної налашки установок «HELIOS» каліброваного цеху	290	0,0244	145
Проведення тепло-технічної налашки камерних печей	315	0,028	157,5
Впровадження інноваційних волокнистих матеріалів для футерування глісажних труб печі дрібносортового прокатного стану	560	0,097	1225

Висновок

Запропоновано системну модель формування портфеля енергозберігаючих проектів у відповідність зі стратегією роботи підприємства, на основі використання методів теорії множин, методів системного і багатокритеріального аналізу, агентного імітаційного моделювання та методів аналізу ризиків та невизначеності. Модель комплексно враховує поточний стан підприємства і його майбутні стратегічні напрямки роботи, ресурсне та фінансове забезпечення проектів і ризику виникнення несприятливих подій. Використання даної моделі дозволяє послідовно проводити аналіз проектів портфеля з метою виявлення можливості їх реалізації на металургійному підприємстві, узгоджувати плани реалізації

проектів і плани підприємства на різних рівнях планування, відбирати найбільш перспективні проекти до реалізації у відповідність з певною енергетичною стратегією.

Розроблено формалізована математична модель вибору проектів у відповідність зі стратегічними цілями підприємства, яка дозволяє на основі різних оцінок і критеріїв формувати портфель проектів з урахуванням різних показників стратегічної діяльності підприємства.

Література

1. Никифоров, Г. В. Энергосбережение и управление энергопотреблением в металлургическом производстве [Текст] / Г. В. Никифоров, В. К. Олейников, Б. И. Заславец. – М. : Энергоатомиздат, 2003. – 480 с.
2. Белан, А. В. Прогнозирование электропотребления на основе многофакторного регрессионного и корреляционного анализов [Текст] / А. В. Белан, В. И. Гордеев // Проблемы энергосбережения. – К. : Наукова думка, 1991. – Вып.7. – С. 54-59.
3. Bianco, V. Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models [Text] / V. Bianco, O. Manca, S. Nardini // Energy. –2009. – № 34. – P. 1413-1421.
4. Dordonnat, V. Dynamic factors in periodic time-varying regressions with an application to hourly electricity load modeling [Text] / V. Dordonnat, S. J. Koopman, M. Ooms // Computational Statistics and Data Analysis. – 2012. – № 56. – P. 3134-3152.
5. Манусов, В. З. Оценка и прогнозирование электропотребления в энергосистемах на основе нечеткого регрессионного анализа [Текст] / В. З. Манусов, А. В. Могиленко, В. П. Костромин // Электрика. – 2003. – № 7. – С. 41-43.
6. Yujuan, R. Modeling and Simulation of Metallurgical Process Based on Hybrid Petri Net [Text] / R. Yujuan, H. Bao // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – P. 157.
7. Шеметов, А. Н. Адаптивное управление режимами электропотребления промышленного объекта по комплексному критерию [Текст] / А. Н. Шеметов, В. К. Олейников // Главный энергетик. – 2014. – № 4. – С. 30-37.
8. Цюцюра, С. В. Управління інноваційними проектами модернізації підприємств енергоємних галузей [Текст]: дис. д-ра техн. наук: 05.13.22 / С. В. Цюцюра ; Київський національний ун-т будівництва і архітектури. – К., 2007. – 342 с.
9. Новиков, С. С. Оперативное прогнозирование электропотребления металлургического предприятия как средство снижения рыночных рисков [Текст] / С. С. Новиков // Вестник Московского энергетического института. – 2008. – № 1. – С. 91-97.

10. Molokanova, V. *Project-oriented approach to metallurgical enterprises sustainable development management [Text]* / V. Molokanova, V. Petrenko // *Metallurgical and mining industry*. – 2016. – № 8. – P. 28-35.

References

1. Nikiforov, G. V., Oleynikov, V. K., Zaslavets, B. I. *Energoberezhenie i upravlenie energopotrebleniyem v metallurgicheskom proizvodstve* [Energy conservation and energy management in the metallurgical industry]. Moscow, Energoatomizdat Publ., 2003. 480 p.

2. Belan, A. V., Gordeev, V. I. *Prognozirovanie elektropotrebleniya na osnove mnogofaktornogo regressionnogo i korrelyatsionnogo analizov* [Prediction of power consumption based on multivariate regression and correlation analysis]. *Problemy energoberezheniya – Energy Saving Issues*, Kiev, Naukova dumka Publ., 1991, vol. 7. pp. 54-59.

3. Bianco, V., Manca, O., Nardini, S. *Electricity consumption forecasting in Italy using linear regression models*. *Energy*, 2009, no. 34, pp. 1413-1421.

4. Dordonnat, V., Koopman, S. J., Ooms, M. *Dynamic factors in periodic time-varying regressions with an application to hourly electricity load modeling*. *Computational Statistics and Data Analysis*, 2012, no. 56, pp. 3134-3152.

5. Manusov, V. Z., Mogilenko, A. V., Kostromin, V. P. *Otsenka i prognozirovanie elektropotrebleniya v energosistemakh na osnove nechetskogo regressionnogo*

analiza [Estimation and forecasting of power consumption in power systems based on fuzzy regression analysis]. *Elektrika*, 2003, no. 7, pp. 41-43.

6. Yujuan, R., Bao, H. *Modeling and Simulation of Metallurgical Process Based on Hybrid Petri Net*. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016. 157 p.

7. Shemetov, A. N., Oleynikov, V. K. *Adaptivnoe upravlenie rezhimami elektropotrebleniya promyshlennogo ob"ekta po kompleksnomu kriteriyu* [Adaptive management of power consumption modes of an industrial facility by a comprehensive criterion]. *Glavnyy energetik*, 2014, no. 4, pp. 30-37.

8. Tsyutsyura, S. V. *Upravlinnya innovatsionnykh proektamy modernizatsiyi pidpryyemstv enerhoyemnykh haluzey*. *Dys. d-ra tekhn. nauk* [Management of innovative projects of modernization of enterprises of energy-intensive industries]. Kyiv, Kyiv nat. univ. of const. and arch. Publ., 2007. 342 p.

9. Novikov, S. S. *Operativnoe prognozirovanie elektropotrebleniya metallurgicheskogo predpriyatiya kak sredstvo snizheniya rynochnykh riskov* [Operational forecasting of electricity consumption of a metallurgical enterprise as a means of reducing market risks]. *Vestnik Moskovskogo energeticheskogo instituta – Bulletin of the Moscow Energy Institute*, 2008, no. 1, pp. 91-97.

10. Molokanova, V., Petrenko V. *Project-oriented approach to metallurgical enterprises sustainable development management*. *Metallurgical and mining industry*, 2016, no. 8, pp. 28-35.

Надійшла до редакції 6.10.2019, розглянута на редколегії 10.12.2019

МОДЕЛЬ СТРУКТУРНОГО СИНТЕЗА ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

С. Г. Кийко, Е. А. Дружинин, А. В. Прохоров

Рассмотрены проблемы и особенности формирования портфеля проектов в соответствии со стратегией энергосбережения металлургического предприятия. В результате анализа структуры программы энергосбережения на металлургических предприятиях, было выявлено, что проблемами, которые решают проекты энергосбережения являются неэффективное расходование (значительные потери) энергоресурсов (природных ресурсов, тепловой энергии, электроэнергии), контроль за формированием расходов и результатами улучшений в энергопотреблении. Общая цель повышения энергоэффективности на предприятии реализуется на основе управления портфелем энергосберегающих проектов, направленных на выполнение следующих задач: оптимизация энергетического баланса; минимизация потребления природного газа; оптимизация энергоэффективности и др. Критерии успешности проекта энергосбережения включают: эффективность; эксплуатационные расходы, потери и др. Сложность в том, что трудно объективно оценить долю каждого энергоресурса в общем потоке, определить энергоёмкость отдельного производства, цеха, всего предприятия и др. Рассмотрена концепция управления портфелем энергосберегающих проектов, основанная на нескольких взаимосвязанных адаптивных системах: планирование и формирование, мониторинга и управления изменениями. Для установления приоритетных проблем необходим глубокий и всесторонний анализ сложившихся на предприятии экономических тенденций, которые будут характеризовать процесс формирования качества топливно-энергетического баланса металлургического предприятия. Представлена системная модель формирования портфеля энергосберегающих проектов металлургического предприятия. Описана математическая модель выбора проектов, которая комплексно учитывает текущее состояние предприятия и его стратегические направления работы, ресурсное и финансовое обеспечение проектов и риски. Использование данной модели позволяет последовательно проводить анализ проектов портфеля с целью выявления возможности их реализации на металлургическом предприятии, согласовывать планы реализации проектов и планы предприятия на различных уровнях планирования, отбирать наиболее перспективные проекты к реализации в соответствии с определенной энергетической стратегией.

Ключевые слова: портфель проектов; управление энергосбережением; энергоэффективность; проект энергосбережения; металлургическое предприятие.

MODEL OF STRUCTURAL SYNTHESIS OF PORTFOLIO ENERGY-SAVING PROJECTS OF METALLURGICAL ENTERPRISE

S. G. Kiyko, E. A. Druzhinin, O. V. Prokhorov

The features of the formation of a portfolio of projects following the energy-saving strategy of metallurgical enterprises are considered. As a result of the analysis of the energy-saving program structure at the metallurgical enterprises, it was found the problems that are solved by the energy-saving projects are inefficient consumption (significant losses) of energy resources (gas, thermal energy, electricity), control over the costs formation and the results of improvements in energy consumption. The overall goal of improving energy efficiency at the enterprise is realized through the management of an energy-saving project portfolio, which is aimed at fulfilling the following tasks: optimization of energy balance; minimization of natural gas consumption; optimization of energy efficiency, etc. Success criteria for an energy-saving project include efficiency; operating costs, losses, etc. It should be noted that it is difficult to objectively estimate the share of each energy resource in the total flow, to determine the energy intensity of individual production, departments, and the whole enterprise, etc. We propose the concept of managing a portfolio of energy-saving projects, which is based on several interconnected adaptive systems: planning and building, monitoring and change management. To establish priority problems, a necessary and complete analysis of the economic trends formation, to characterize the process of formulating the fuel-energy balance of metallurgical enterprise. A system model for the formation of a portfolio of energy-saving projects of a metallurgical enterprise is presented. We describe a mathematical model of project selection is described, which comprehensively takes into account the current state of the enterprise and its future strategic areas of work, resource and financial support for projects and risks. The use of this model allows a consistent analysis of portfolio projects to identify the possibility of their implementation at a metallurgical enterprise, coordinate project implementation plans and plans of the enterprise at different levels of planning, select the most promising projects for implementation following a defined energy strategy.

Keywords: project portfolio; energy-saving management; energy efficiency; energy-saving project; metallurgical enterprise.

Кійко Сергій Геннадійович – канд. техн. наук, Голова правління, ПрАТ Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. А. М. Кузьміна, Запоріжжя, Україна.

Дружинін Євген Анатолійович – д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій проектування, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Прохоров Олександр Валерійович – д-р техн. наук, доцент, професор кафедри комп'ютерних наук та інформаційних технологій, Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна.

Kiyko Sergey – Ph.D, Chairman of the Board, PJSC “Electrometallurgical works “Dnipropetsstal” named after A. M. Kuzmin, Zaporozhye, Ukraine, e-mail: kiyko@dss.com.ua, Scopus Author Id 56310810200.

Druzhinin Evgeniy – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Design Information Technology, National aerospace university «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: druzhinin105@gmail.com, ORCID Author ID: 0000-0003-3121-4178, Scopus Author Id 36765665700.

Prokhorov Oleksandr – Doctor of Technical Sciences, Docent, Professor of the Department of Computer Science and Information Technologies, National aerospace university «Kharkiv Aviation Institute», Kharkiv, Ukraine, e-mail: o.prokhorov@khai.edu, ORCID Author ID: 0000-0003-4680-4082, Scopus Author Id 57194529028.