Загальні питання

УДК 005.8:004.942

DOI: 10.30748/nitps.2020.41.16

С.Г. Кійко

ПрАТ Електрометалургійний завод «Дніпроспецсталь» ім. А.М. Кузьміна, Запоріжжя

ПРЕДИКТИВНА АДАПТАЦІЯ ПРИ УПРАВЛІННІ ПОРТФЕЛЕМ ПРОЕКТІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА МЕТАЛУРГІЙНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

Сьогодні для авіабудування ПрАТ «Дніпроспецсталь» виплавляє більше ста марок сталей і сплавів з особливими експлуатаційними властивостями. Подальший розвиток підприємства та забезпечення конкурентоспроможності цієї та іншої продукції пов'язано з управлінням портфелем енергозберігаючих проектів, спрямованих на виконання таких завдань, як оптимізація енергетичного балансу, мінімізація споживання енергоресурсів, оптимізація енергоефективності та ін. Запропоновано нову методологію управління портфелем проектів енергозбереження на металургійних підприємствах, яка формує парадигму предиктивної адаптації, що базується на взаємопов'язаних адаптивних системах планування, моніторингу і управління змінами та дозволяє на основі прогнозування енергоспоживання для складних технологічних процесів і виробництв, а також моделювання і оцінки якості паливно-енергетичного балансу, в умовах обмеженості ресурсів і ризиків здійснювати формування і відбір для реалізації проектів енергозбереження при узгодженні пріоритетів бізнес-стратегії і стратегії енергоефективності металургійного підприємства. Сформульовано основні вимоги до організації системи планування і управління портфелем проектів енергозбереження на металургійному підприємстві. Представлена структурна схема комп'ютерної системи планування і управління портфелем проектів енергозбереження на ПрАТ «Дніпроспецсталь». Ядром виступає корпоративна інформаційна система управління на базі SAP ERP (ECC 6.0). Для отримання точної та оперативної інформації про постачання і витрати енергоресурсів використовується кілька програмно-апаратних комплексів систем обліку, а саме, автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів підприємства, автоматизована система технічного обліку електроенергії, автоматизована система обліку і балансу паливно-енергетичних ресурсів та інші. Розроблена система процесів енергозбереження повинна вбудовуватися в систему процесів підприємства, відповідати стратегічним цілям підприємства і особливостям виробничого процесу.

Ключові слова: портфель проектів; предиктивна адаптація; управління енергозбереженням; металургійне підприємство, планування енергоспоживання.

Вступ

Постановка проблеми. ПрАТ «Дніпроспецсталь» виробляє злитки, прокат, поковки, сталь калібровану і зі спеціальною обробкою поверхні з нержавіючих і жароміцних сталей і сплавів. Продукція ПрАТ «Дніпроспецсталь» використовується в енергетиці, авіації, суднобудуванні, машинобудуванні та інших галузях промисловості. Підприємство освоїло виробництво прутків зі спеціальних марок сталей і жароміцних сплавів для авіаційного двигунобудування.

Так жароміцні і жаростійкі сталі застосовують при виготовленні багатьох деталей газових турбін реактивної авіації. Нова продукція використовується для виготовлення різних вузлів і деталей, розташованих усередині авіаційних двигунів. Комплектуючі повинні витримувати постійні підвищені теплові і механічні навантаження, тому до якості такої продукції пред'являються найсуворіші вимоги. Сьогодні для авіабудування завод виплавляє більше ста марок

сталей і сплавів з особливими експлуатаційними властивостями. Підприємство має сертифікат Авіаційного реєстра МАК на виробництво сталей і сплавів авіаційного призначення.

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

При цьому енергетична стратегія України на період до 2030 року спрямована на зниження споживання енергоресурсів в економіці на 30–35% за рахунок підвищення енергоефективності. Але на сьогодні в Україні відсутні діюча стратегія або про-

грама державної підтримки металургійної галузі. Прийняті раніше документи, стратегічно спрямовані на державну підтримку вітчизняної металургії, є такими, що втратили силу і не привели до істотного підвищення її конкурентоспроможності.

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

Режими роботи металургійних підприємств характеризуються складною системою взаємопов'язаних, часто ймовірно заданих або нечітких факторів [1]. До особливостей енергоспоживання металургійним підприємством відносяться:

- велика кількість електроустаткування, яке бере участь в здійсненні технологічного процесу в кожному підрозділі;
- велика різноманітність типів і потужностей приймачів електроенергії;
- відносно слабкі зв'язки взаємного впливу приймачів електроенергії при здійсненні технологічного процесу;
- велика кількість електроустаткування, яке бере участь в забезпеченні технологічного процесу в кожному підрозділі і створює умовно-постійне навантаження, що також залежить від інтенсивності технологічного процесу;
- фактори, випадковим чином впливають на режими і обсяг електроспоживання;
- переважаючий в порівнянні з іншими факторами вплив обсягу виробництва на обсяг споживання електроенергії;
- велике число годин використання максимуму електричної потужності;
- велика електроємність видів кінцевої продукції;
- можливість зміни режимів роботи і складу устаткування в підрозділі, сортаменту продукції та інших систематично діючих факторів.

Найважливішими завданнями при плануванні та управлінні електроспоживанням на металургійному підприємстві є завдання нормування і прогнозування витрат енергоресурсів. Обґрунтовані норми споживання енергоресурсів дозволяють здійснювати прогноз енергоспоживання для окремих підрозділів і підприємства в цілому, здійснювати контроль ефективності використання усіх видів енергії конкретним підрозділом (на конкретному агрегаті), а також визначати ділянки неефективного енергоспоживання.

Таким чином, управління проектами та програмами стає основою енергозбереження та розвитку металургійних підприємств. Однак, розглянуті особливості призводять до необхідності зміни традиційного підходу до управління портфелями проектів і переходу до адаптивних форм.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Традиційні процеси управління проектами включають етапи планування, виконання, моніторингу, контролю і оцінки проекту. Якщо в результаті оцінки буде виявлено, що щось пішло не так, це навчання може бути використано в майбутніх проектах. Оскільки метою управління портфелем є вибір найкращого набору компонентів, що підтримують підприємство в досягненні стратегічних цілей, стратегія повинна стимулювати підготовку «наступного циклу портфеля». Може трапитися так, що стратегія не ясна, не готова до використання, нестабільна і тоді потрібно переходити до адаптивного управління портфелем проектів [2].

Дійсно, у типовому проекті після етапу ініціювання та планування учасники знають, що і як потрібно робити, щоб зазначена мета була досягнута, тому управління таким проектом здається простішим. У проекті, який не визначає його успіху протягом більшої частини свого життєвого циклу, виникає потреба впровадити інше рішення. Такі потреби можуть бути задоволені шляхом впровадження адаптивного управління [3].

У дослідженні [4] проаналізовані існуючі практики портфельного управління в будівельній сфері і розглянуто особливості впровадження концепції інтелектуального управління портфелем. Автори наголошують на необхідності адаптивної зміни портфеля і планування при зміні профілю ризику проектів після їх запуску.

Відповідно до стандарту PMBok [5] адаптивні життєві цикли проектів спрямовані на реагування на високі рівні змін і вимагають постійного високого ступеня залученості зацікавлених сторін. Підкреслюється, що адаптивні методи є також ітеративними і інкрементними, але відрізняються тим, що ітерації відбуваються дуже швидко і фіксовані за термінами і вартістю.

Адаптивний менеджмент має форму і методи управління, які дають системі можливість змінювати параметри, структуру керуючої підсистеми і регулятора в залежності від трансформації внутрішніх параметрів об'єкта або зовнішніх збурень, а також від змін стратегічних цілей [6]. В адаптивному управлінні додається ще один контур, крім всіх інших, який намагається зрозуміти, що це за об'єкт, яким управляємо, побудувати більш точну модель і більш адекватно прикладати до нього керуючий вплив.

Відповідно адаптивне планування – система планування, яка передбачає корегування планів при зміні яких-небудь параметрів середовища, в якому здійснюється діяльність, що планується [7].

Процеси адаптивного управління можуть бути активними і пасивними [8] (рис. 1). Основна мета пасивного адаптивного управління – включити процес навчання в існуючі підходи до управління. Ін-

формація, отримана на кожній ітерації проекту, може використовуватися в наступних ітераціях. Таким чином, ризик і невизначеність, пов'язані з кожної

ітерацією, можуть бути значно зменшені. Пасивне адаптивне управління використовується як частина гнучкого підходу (agile).

Рис. 1. Порівняння підходів до управління портфелем проектів

Джерело: розроблено автором на базі [8–9].

Мета активного адаптивного управління – навчитися шляхом експериментів визначати кращу стратегію управління. Процес починається з генерації гіпотези, яка включає в себе вибір кількох альтернатив стратегії. Наступний крок – створення декількох моделей. На практиці ці моделі зазвичай представляють собою графіки проекту з набором ризиків і невизначеностей для конкретної ітерації. Всі альтернативні моделі слід оцінювати за допомогою кількісного аналізу. Результатами цього аналізу є тривалість, вартість, ймовірність дотримання термінів і інші параметри ітерації, які можуть допомогти вибрати альтернативи для виконання.

Детальні дослідження адаптивного управління проектами наведено у [9]. На відміну від ітерацій, адаптивна модель у автора складається з ряду фаз, які повторюються в циклі, із циклом зворотного

зв'язку після завершення кожного циклу. Кожен цикл заснований на неповному та обмеженому розумінні рішення. При цьому кожен цикл «вчиться» на попередніх циклах і планує наступний цикл, намагаючись сходиться до прийнятного рішення. Автором також введено поняття Adaptive Project Framework, що включає дві частини: налаштування проекту та виконання проекту.

Враховуючи особливості проектів енергозбереження та оточуючого середовища на металургійних підприємствах доцільно здійснити перехід саме до адаптивного управління проектами.

Ще одна особливість планування та контролю за реалізацією проектів енергозбереження це необхідність прогнозування витрат енергоресурсів та постійного моніторингу енергоспоживання та енергоефективності від реалізації проектів.

Наявність в об'єкті управління процесів, що потребують прогнозного моделювання, накладає свої особливості на методологію управління відповідними проектами. У роботі [10] модулі, що виконують завдання прогнозування енергоспоживання на металургійному підприємстві, включено у склад системи енергоменеджменту. В роботі [11] для підвищення ефективності управління технічним обслуговуванням в будівельних проектах пропонується використовувати прогнозне моделювання.

Крім того слід відмітити, що великі багатонаціональні консалтингові фірми застосовують підхід, що має назву прогнозна аналітика проектів (PPA), який передбачає на основі аналітики великих даних виконати оцінку ризиків проекту, забезпечити прогнозування потенційних ризиків і визначити негайні виправлення, які можуть поліпшити продуктивність на будь-якому етапі життєвого циклу проекту.

Тобто під прогнозною аналітикою проекту розуміються кількісні інструменти і методи, які організації можуть використовувати для правильного управління ризиками проекту і отримання максимальної віддачі від великих і складних проектів, якими є проекти енергозбереження на металургійному підприємстві.

Мета статті. Незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених теорії організації і управління виробництвом, на сьогоднішній день відсутня методологія формування послідовності елементів технологічних процесів металургійного виробництва для пріоритетного вибору реалізації на них енергозберігаючих проектів.

В умовах, коли потрібно поліпшення економічної стабільності металургійних підприємств України, підвищення конкурентоспроможності продукції та зменшення залежності від постачальників енергоресурсів, існує протиріччя між необхідністю реалізації програм енергозбереження на металургійних підприємствах і недосконалістю науково-обґрунтованих засобів досягнення цієї мети у вигляді моделей і методів управління портфелями проектів енергозбереження, в яких повною мірою не враховується безліч взаємопов'язаних потоків енергоресурсів, вимог, цілей і стратегій поведінки окремих підрозділів металургійних підприємств, а також динаміка виробничих процесів.

Наукова гіпотеза дослідження ґрунтується на припущенні, що побудова ефективної системи менеджменту проектів та програм енергозбереження на металургійних підприємствах, яка буде базуватися на предиктивній аналітиці енергоспоживання та якості паливно-енергетичного балансу й включати взаємозалежні адаптивні системи планування, моніторингу та управління змінами, дозволить більш ефективно формувати та реалізовувати портфель проектів енергозбереження на металургійних під-

приємствах та сприяти підвищенню енергоефективності та конкурентоспроможності підприємств металургійної галузі України і відповідно забезпечити авіаційну галузь сучасними марками сталей і сплавів з особливими експлуатаційними властивостями.

Виклад основного матеріалу

Методологія предиктивної адаптації при управлінні портфелем енергозберігаючих проектів металургійного підприємства

Ми пропонуємо методологію предиктивної адаптації (рис. 1) для управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах, що базується на взаємопов'язаних адаптивних системах планування, моніторингу і управління змінами та дозволяє на основі прогнозування енергоспоживання для складних технологічних процесів і виробництв, а також моделювання і оцінки якості паливно-енергетичного балансу, в умовах обмеженості ресурсів і ризиків здійснювати формування і відбір для реалізації проектів енергозбереження при узгодженні пріоритетів бізнес-стратегії і стратегії енергоефективності металургійного підприємства.

Перший модуль предиктивного аналізу здійснює оброблення даних щодо реалізації проектів енергозбереження з метою вирішення наступних завдань: виявлення ризиків проектів та прогалин в контролі на ранньому етапі, підвищення ймовірності досягнення цілей в області якості і бізнес-цілей, забезпечення постійного контролю та управління витратами для проектів, які схильні до ризику перевитрат, та ін. Для цього використовується база даних успішно завершених проектів енергозбереження на підприємстві (це має особливе значення тому, що деякі проекти аналогічні, але виконуються для різних підрозділів/цехів).

Використання такого модулю предиктивного аналізу дає можливість забезпечити об'єктивну оцінку внутрішньої складності і можливостей по реалізації проектів портфелю, а також зрілості існуючих засобів контролю і моделі управління проектами на підприємстві. Порівнюючи поточні рівні за усіма елементами управління проектами з необхідними прогнозованими рівнями, даний модуль може допомогти виявити конкретні прогалини, приховані перешкоди і відсутні елементи управління в таких категоріях, як бюджетування, планування, управління ризиками та можливості проектного офісу. Це дозволяє підприємству визначити конкретні поліпшення та управлінські рішення, які можуть підвищити ймовірність успіху проекту енергозбереження.

Формою вирішення основного протиріччя процесу реалізації портфеля проектів енергозбереження на металургійному підприємстві і інструментом організації енергоекономічних зв'язків між процесами

енергоспоживання та енергозбереження є механізм предиктивної (прогнозової) адаптації при комплексному управлінні енергоспоживанням металургійного підприємства. Тут використано другий модуль предиктивного аналізу.

По-перше, це предиктивна аналітика енергоспоживання та якості паливно-енергетичного балансу. По-друге, важливе значення при динамічному аналізі та формуванні паливно-енергетичного балансу на металургійному підприємстві має саме блок адаптивного зворотного зв'язку, що здійснює контроль енергоспоживання і контроль досягнення цілей енергетичної програми та цілей реалізації проектів енергозбереження, що було відібрано до портфелю [12].

За допомогою відповідних управлінських рішень це впливає на формування динамічних нормативів для управління підсистемою енергоспоживання, на оптимальну побудову енергетичних характеристик із заданою точністю за критерієм мінімуму техніко-економічних втрат, на вирішення завдання мінімізації загальної помилки прогнозу споживання енергоресурсів, на аналіз енергоефективності, розподіл ресурсів для програми енергозбереження та корегування пріоритетів енергетичної стратегії.

Таким чином, формується гнучкий адаптивний механізм оптимізації енергетичних активів для підтримки високої оцінки якості паливно-енергетичного балансу металургійного підприємства, що забезпечує узгодження ефективної енергетичної стратегії та стратегії розвитку бізнес-процесів.

Це дозволяє готувати управлінські рішення тоді, коли вже з'являються відповідні значення індикаторів та сигнали, за якими можна помітити ранні ознаки настання важливих подій в енергетичній ситуації та для прийняття попереджувального управління енергоспоживанням та реалізацією проектів енергозбереження.

Результати, одержані при прогнозуванні енергоспоживання, служать попередньою базовою інформацією на всіх етапах планування та управління процесом енергоспоживання підприємства. При цьому адаптивний енергетичний менеджмент має форму і методи портфельного управління, які дають системі можливість змінювати параметри підсистеми планування та реалізації проектів енергозбереження і одночасно регуляторів енергоспоживання на металургійному підприємстві в залежності від трансформації внутрішніх параметрів процесів енергоспоживання або зовнішніх факторів (цін і тарифів, попиту і пропозиції енергоресурсів, питомих норм тощо), а також від зміни стратегічних цілей і пріоритетів.

Як механізми адаптивної зміни в системі планування розглядаються наступні: коригування розкладів (так в залежності від результатів моделювання перспективного енергоспоживання і досягнення цільових показників енергоефективності збільшу-

ється або зменшується тривалість етапів проектів); зміна пріоритетів (тут змінюється план незавершених робіт в залежності від результатів аналізу попередніх етапів реалізації проектів енергозбереження і на основі динамічної оцінки якості паливно-енергетичного балансу металургійного підприємства); перерозподіл ресурсів і ін.

Комп'ютерна система планування і управління портфелем проектів енергозбереження на металургійному підприємстві

Було розроблено структуру інформаційної технології управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах та відповідне алгоритмічне і програмне забезпечення, що забезпечує прогноз споживання енергетичних ресурсів при заданих планових значеннях випуску продукції і встановлених значеннях базових економіко-технологічних факторів. Тому для вирішення завдань планування та управління портфелем проектів енергозбереження, а також енергоменеджменту на «Дніпроспецсталь» впроваджено цілу низку автоматизованих систем (рис. 2), ядром при цьому виступає корпоративна інформаційна система управління на базі SAP ERP (ECC 6.0).

Для отримання точної і оперативної інформації про постачання та витрати енергоресурсів використовується декілька програмно-апаратних комплексів систем обліку, а саме, автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів підприємства, автоматизована система комерційного обліку електроенергії, автоматизована система технічного обліку електроенергії (для забезпечення технічного обліку електроенергії по споживачах і по місцях виникнення витрат) та інші.

Проблема, пов'язана з реалізацією ефективного механізму використання енергетичних балансів для планування і управління енергоспоживанням на рівні підприємства вирішена за рахунок впровадження автоматизованої системи обліку витрат і балансу споживання паливно-енергетичних ресурсів.

На базі платформи SAP ERP (ECC 6.0) створено також автоматизовану інформаційну систему управління бюджетним процесом, основною ціллю якої є визначення повного планового обсягу споживання енергоресурсів і формування плану витрат на енергоресурси на заданий період – рік, квартал, місяць.

За допомогою даної системи вирішуються наступні завдання: забезпечення узгодженості дій підрозділів підприємства в частині виконання завдань, пов'язаних з розрахунком обсягів споживання енергоресурсів і калькулювання собівартості; поліпшення якості та оптимізація термінів планування витрат енергоресурсів; регламентація виконання процесу планування витрат на енергоресурси.

Рис. 2. Існуюча структурна схема комп'ютерної системи планування та управління портфелем проектів енергозбереження на ПрАТ «Дніпроспецсталь»
Джерело: розроблено автором.

Розглянемо деякі системи комплексу.

Автоматизована система технічного обліку електроенергії (АСТОЕ) призначена для збору по каналах обліку, накопичення та аналізу даних щодо споживання електроенергії. За допомогою системи

можна побудувати профілі навантаження і споживання електроенергії по каналах і групах обліку (рис. 3), сформувати діаграми та профілі (рис. 4) сумарного споживання електроенергії з розбивкою по тарифних зонах обліку (ніч, полупік, пік).

Рис. 3. Профілі навантаження і споживання електроенергії по каналах і групах обліку в автоматизованій системі технічного обліку електроенергії
Джерело: розроблено автором.

Рис. 4. Діаграма профіля споживання електроенергії в системі технічного обліку електроенергії
Джерело: розроблено автором.

Автоматизована система обліку витрат і балансу споживання паливно-енергетичних ресурсів призначена для розрахунку витрат і балансу споживання енергоресурсів на основі даних, отриманих з ав-

томатичних вузлів обліку або введенних вручну по групам ресурсів, об'єктів і споживачам, створення і зміни груп ресурсів, об'єктів, споживачів, їх конфігурації, редагування використовуваних матеріалів для розрахунку витрат паливно-енергетичних ресурсів. Також передбачено конструктор формул, за якими буде здійснюватися розрахунок витрат паливно-енергетичних ресурсів для кожного споживача. Деякі режими роботи з системою обліку витрат і балансу споживання паливно-енергетичних ресурсів, а саме налаштування груп енергоресурсів та перегляд/редагування витрат енергоресурсів по вузлах-споживачах, показано на рис. 5.

У складі програмного комплексу також є модуль оцінки важливості, який призначений для формування класів порівнюваних об'єктів, визначення складу значущих властивостей для порівняльної оцінки об'єктів між собою і визначення векторів важливості властивостей і пріоритету порівнюваних об'єктів.

Рис. 5. Режимы работы с системой обліку витрат і балансу споживання паливно-енергетичних ресурсів
Джерело: розроблено автором.

Система використовується для великого кола завдань, таких як: обґрунтування пріоритетів енергетичної стратегії підприємства; пріоритизація критеріїв енергоефективності; відбір проектів в портфель; оцінювання ризиків та інші. На рис. 6 наведено приклади розв'язання задач обґрунтування пріоритетів енергетичної стратегії підприємства. Для оцінки важливості використаний метод аналізу ієрархій, в основі якого покладена порівняльна оцінка суджень експертів за шкалою переваг про порівнюваних об'єктах.

Статичні інструменти для підтримки прийняття рішень не змогли допомогти при вирішенні задач моделювання і прогнозування енергоспоживання на металургійному підприємстві Дніпрспецсталь, так як були спочатку не призначені для підтримки при-

йняття рішень в настільки складному середовищі. Щоб повністю врахувати всі взаємозалежності, обмеження, динаміку і невизначеності, було вирішено створити імітаційну модель енергоспоживання на металургійному підприємстві. Агентна модель створена в системі моделювання Anylogic і, як видно на слайді, охоплює всі процеси у виробництві металопродукції. За допомогою програмного комплексу проводиться порівняння допустимих значень і коригування величини прогнозованого споживання активної потужності металургійним підприємством за кожен фіксований момент часу. Система обчислює діапазони регулювання дугових електропечей, допустимі для забезпечення безперервності розливання сталі при плавці певного сортаменту сталі за відповідним технологічним маршрутом.

Рис. 6. Результаты порівняльної оцінки важливості критеріїв/альтернатив при обґрунтуванні пріоритетів енергетичної стратегії підприємства
Джерело: розроблено автором.

Також в модель закладені алгоритми управління транспортним устаткуванням, які мінімізують розриви в роботі машин безперервного лиття. Завдяки багатоваріантним розрахункам на імітаційній моделі транспортного обслуговування вибираються раціональні маршрути руху транспорту в залежності від постановок задач оптимізації енергоспоживання та логістичного управління.

Спостерігаючи за процесом моделювання можна побачити поточний і сумарне значення електроспоживання; обсяг виробництва сталі; сумарний графік навантаження металургійного підприємства; діаграму Ганта (із зазначенням ранніх і пізніх термінів початку і закінчення технологічних операцій) діаграми і відповідні значення коефіцієнтів завантаження основного обладнання та транспортних засобів. Модель повністю анімована як в 2D, так і в 3D.

Автоматизована система технічного обліку електроенергії передає в систему моделювання величину прогнозованого споживання активної потужності металургійним підприємством за кожен фіксований час доби, а також допустиме значення активної потужності. Споживання активної потужності металургійним підприємством за кожен фіксований час доби складається з активної потужності, споживаної агрегатами підприємства за відповідний фік-

сований час доби.

Дані про величину прогнозованого споживання активної потужності металургійного підприємства за кожен фіксований час доби заносяться в систему щодня на наступну добу вперед на підставі прогнозу, що виконується управлінням головного енергетика. В якості допустимого значення активної потужності виступає заявлене її значення для металургійного підприємства. Коригування заданого технологічного маршруту полягає в зміні послідовності використання виробничих установок, тривалості виконання виробничих операцій на виробничих установках, а також додання або видалення деяких виробничих установок по результатах прогонів імітаційної моделі.

Автоматизована система управління технологічним процесом сталеплавильного виробництва отримує сигнали з датчиків і контролерів і здійснює моніторинг тривалості виконання технологічних операцій на виробничих установках кожного технологічного маршруту і обчислює діапазони регулювання для дугових електропечей, що є допустимі для забезпечення безперервності розливання сталі при плавці певного сортаменту сталі за відповідним технологічним маршрутом.

За допомогою програмного комплексу проводиться порівняння допустимих значень і коригуван-

ня величини прогнозованого споживання активної потужності металургійним підприємством за кожен фіксований час доби в залежності від введення витримки часу перед пуском дугової сталеплавильної печі (ДСП) і/або агрегату піч-ківш (АПК). Далі за допомогою автоматизованої системи управління режимами роботи ДСП відбувається подача сигналів на спеціального агента-контролера обладнання для запуску кожної готової до пуску ДСП з витримкою часу, що не перевищує тривалість періоду розплаву ДСП, попереднього по запуску. При цьому це значення не повинно виходити за межі діапазонів регулювання ДСП, допустимих для забезпечення безперервності розливання сталі при плавці певного сортаменту стали за відповідним технологічним ма-

ршрутом.

Якщо величина прогнозованого споживання активної потужності металургійним підприємством за вказаний фіксований час доби перевищує допустиме значення активної потужності, то подається сигнал на агента-контролера обладнання на запуск кожного готового до пуску агрегату піч-ківш з можливим зміщенням електричного режиму з зазначеної фіксованої години доби в фіксовану годину доби, що є наступною за зазначеною, без порушення безперервності розливання сталі при плавці певного сортаменту сталі з використанням запуску агрегату піч-ківш по іншому технологічному маршруту з введенням витримки часу перед цим запуском.

Рис. 7. Прогнозне моделювання енергоспоживання на металургійному підприємстві
Джерело: розроблено автором.

Результати експериментів

Розроблена інформаційна технологія дозволяє ідентифікувати, аналізувати і відбирати існуючі і перспективні проекти з метою вибору найбільш значущих з наявних. У процесі аналізу система автоматично дозволяє оптимізувати портфель, щоб направити обмежені ресурси на найбільш пріоритетні цілі.

Було проведено експериментальні дослідження методів планування енергоспоживання на основі

реальних даних з вироблення металопродукції і електроспоживання виробничими підрозділами ПрАТ «Дніпрспецсталь».

В результаті моделювання вдалося підвищити продуктивність групи ДСП і АПК, знизити максимальне споживання активної потужності металургійним підприємством за фіксований час доби. Експериментальні дослідження методу планування показали, що використання розроблених алгоритмів призводить до зниження загальної помилки прогнозування електроспоживання (рис. 4). На рис. 8 наведе-

дено дані споживання електроенергії за січень 2020 року з зазначенням результатів впровадженої методики погодинного планування електроспоживання. Економія за січень 2020 року склала 93 753,09 грн. Результати проведення експериментальних досліджень методики планування електроспоживання показали, що підвищення точності прогнозу при погодинному плануванні на рівні окремих підрозділів за 2019 рік склало приблизно 8%.

Апробація розроблених моделей і комп'ютерних засобів в ПрАТ «Дніпрспецсталь» показала, що можливе ефективне управління енергоефективністю на основі управління програмами і портфелями про-

ектів. Так в період з 2017 по 2019 рік на підприємстві було реалізовано проектів з енергозбереження на загальну суму 2135 тис. грн.

За допомогою даних проектів і заходів було заплановано і фактично досягнуто скорочення споживання природного газу на 1,5% (0.61 тис. т. ум. палива), теплоенергії на 2%. Вартість зекономлених енергоресурсів склала 5897,5 тис. грн. У порівнянні з 2011 роком споживання електроенергії на сталеплавильному виробництві знизилася на 30%. Зменшилася також частка витрат на електроенергію для сталеплавильного виробництва з 71% в 2011 до 67,8% в 2019 році.

Рис. 8. Результати прогнозування та фактичного споживання електроенергії ПрАТ «Дніпрспецсталь» за січень 2020 року

Джерело: розроблено автором.

Висновки

Запропоновано методологію управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах, яка відрізняється формуванням парадигми предиктивної адаптації, що базується на взаємопов'язаних адаптивних системах планування, моніторингу і управління змінами та дозволяє на основі прогнозування енергоспоживання для складних технологічних процесів і виробництв, а також моделювання і оцінки якості паливно-енергетичного балансу, в умовах обмеженості ресурсів і ризиків здійснювати формування і відбір для реалізації проектів енергозбереження при узгодженні пріоритетів бізнес-стратегії і стратегії енергоефективності металургійного підприємства.

Розроблено інформаційну технологію управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах для команди проектного менеджменту офісу управління проектами. Розроблений програмно-методичний комплекс управління портфелями проектів енергозбереження на металургійних підприємствах містить у собі сукупність програмного, інформаційного, математичного, організаційного та методичного забезпечення для виконання робіт із моніторингу енергоспоживання та якості паливно-енергетичного балансу, планування та контролю реалізації проектів та програми енергозбереження на металургійному підприємстві.

Моделювання та оцінка якості паливно-енергетичного балансу підприємства дозволяє за

допомогою вихідних динамічних нормативів отримати певну систему похідних динамічних нормативів для адаптивного регулювання енергетичних активів металургійного підприємства, що забезпечує

реалізацію ефективної стратегії енергоменеджменту металургійного підприємства при відборі проектів для стратегічного планування підвищення енергоефективності та енергозбереження виробництва.

Список літератури

1. Шеметов А.Н. Современные проблемы и перспективы формирования модели управления энергохозяйством на предприятиях горно-металлургического комплекса / А.Н. Шеметов, С.В. Федорова, С.В. Кузнецов, Р.Н. Ляпин // Электротехнические системы и комплексы. – 2016. – № 4(33). – С. 41-48.
2. Romano L. Adaptive portfolio management / L. Romano // Advances in IT Personnel and Project Management. – 2017. – P. 153-177. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-2151-8.ch006>.
3. Wirkus M. Adaptive management approach to an infrastructure project / M. Wirkus // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2016. – P. 414-422. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.06.206>.
4. Erzajj K. Applying Intelligent Portfolio Management to the Evaluation of Stalled Construction Projects / K. Erzajj, W.A. Hatem, B. Maula // Open Engineering. – 2020. – No. 10(1). – P. 552-562. <https://doi.org/10.1515/eng-2020-0064>.
5. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide) – Fifth Edition / USA. – PMI, 2013. – 589 p.
6. Тихомирова О.Г. Адаптивное управление предпринимательскими структурами как открытыми динамическими системами / О.Г. Тихомирова // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9-2. – С. 495-499.
7. Совершенствование процессов программно-целевого планирования и управления созданием научно-технического задела для перспективного вооружения на основе адаптивного подхода / А.А. Ивлев, А.Ю. Кравченко, Д.Г. Хованов, С.В. Стукалин // Вооружение и экономика. – 2009. – № 2(6). – С. 42-50.
8. Virine L. Adaptive Project Management / L. Virine // PM World Today. – 2008. – Vol. X, Iss. V.
9. Wysocki R.K. Effective Project Management: Traditional, Adaptive, Extreme. Seventh Edition / R.K. Wysocki. – Wiley, 2014. – 726 p.
10. Filimonova A.A. A method of effective planning and control of industrial facility energy consumption / A.A. Filimonova, L.S. Kazarinov, T.A. Barbasova // International Journal of Social, Behavioral, Educational, Economic, Business and Industrial Engineering. – 2015. – Vol. 9, No.12. – P. 2070-2074.
11. Omar N.S. Predictive Modeling for Developing Maintenance Management in Construction Projects / N.S. Omar, W.A. Hatem, H.I. Najy // Civil Engineering Journal. – 2019. – No. 5(4). – P. 892-900. <https://doi.org/10.28991/cej-2019-03091297>.
12. Formation of metallurgical enterprise sustainable development portfolio using the method of analyzing hierarchies / V. M. Molokanova, O. P. Orliuk, V. O. Petrenko, O. B. Butnik-Syverskyi, V. L. Khomenko // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2020. – No. 2. – P. 131-136. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2020-2/131>.

Надійшла до редколегії 06.08.2020

Схвалена до друку 15.09.2020

Відомості про автора:

Кійко Сергій Геннадійович

кандидат технічних наук
Голова правління ПрАТ Електрометалургійний завод
«Дніпрспецсталь» ім. А.М. Кузьміна,
Запоріжжя, Україна,
<https://orcid.org/0000-0003-4676-5722>

Information about the author:

Sergey Kyiko

Candidate of Technical Sciences
Chairman of the Board of PJSC “Electrometallurgical
plant “Dniprospeystal” named after A.M. Kuzmin,
Zaporozhye, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4676-5722>

ПРЕДИКТИВНАЯ АДАПТАЦИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОРТФЕЛЕМ ПРОЕКТОВ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

С.Г. Кийко

Сегодня для авиастроения ЗАО «Днепрспецсталь» выплывает более ста марок сталей и сплавов с особыми эксплуатационными свойствами. Дальнейшее развитие предприятия и обеспечение конкурентоспособности этой и другой продукции связано с управлением портфелем энергосберегающих проектов, направленных на выполнение таких задач, как оптимизация энергетического баланса, минимизация потребления энергоресурсов, оптимизация энергоэффективности и др. Предложена новая методология управления портфелями проектов энергосбережения на металлургических предприятиях, которая формирует парадигму предиктивной адаптации, основанной на взаимосвязанных адаптивных системах планирования, мониторинга и управления изменениями и позволяет на основе прогнозирования энергопотребления для сложных технологических процессов и производств, а также моделирования и оценки качества топливно-энергетического баланса, в условиях ограниченности ресурсов и рисков осуществлять формирование и отбор для реализации проектов энергосбережения при согласовании приоритетов бизнес-стратегии и стратегии энергоэффективности металлургического предприятия. Сформулированы основные требования к организации системы планирования и управления портфелем проектов энергосбережения на металлургическом предприятии. Представлена структурная схема компьютерной системы планирования и управления портфелем проектов энергосбережения на ЧАО «Днепрспецсталь».

пещать». Ядром выступает корпоративная информационная система управления на базе SAP ERP (ECC 6.0). Для получения точной и оперативной информации о поставках и расхода энергоресурсов используется несколько программно-аппаратных комплексов систем учета, а именно, автоматизированная система коммерческого учета энергоресурсов предприятия, автоматизированная система технического учета электроэнергии, автоматизированная система учета и баланса топливно-энергетических ресурсов и другие. Разработанная система процессов энергосбережения должна встраиваться в систему процессов предприятия, соответствовать стратегическим целям предприятия и особенностям производственного процесса.

Ключевые слова: портфель проектов; предиктивная адаптация; управление энергосбережением; металлургическое предприятие, планирование энергопотребления.

PREDICTIVE ADAPTATION IN THE PORTFOLIO MANAGEMENT OF ENERGY SAVING PROJECTS AT THE METALLURGICAL ENTERPRISE

S. Kiyko

Today, PJSC "Dnipropetsstal" smelts more than one hundred grades of steels and alloys with special performance properties for aircraft construction. Further development of the enterprise and ensuring the competitiveness of this and other products is associated with the management of the portfolio of energy saving projects aimed at performing such tasks as optimizing the energy balance, minimizing energy consumption, optimizing energy efficiency, etc. A new methodology for managing portfolios of energy saving projects in metallurgical enterprises is proposed, which forms a paradigm of predictive adaptation based on interconnected adaptive systems of planning, monitoring and change management and allows based on energy consumption forecasting for complex technological processes and productions, as well as modeling and evaluation energy balance, in the conditions of limited resources and risks to carry out formation and selection for realization of projects of energy saving at coordination of priorities of business strategy and strategy of energy efficiency of the metallurgical enterprise. The basic requirements to the organization of the system of planning and management of the portfolio of energy saving projects at the metallurgical enterprise are formulated. The structural scheme of the computer system of planning and portfolio management of energy saving projects at PJSC "Dnipropetsstal" is presented. The core is a corporate management information system based on SAP ERP (ECC 6.0). To obtain accurate and up-to-date information on energy supply and consumption, several software and hardware systems of accounting systems are used, namely, automated system of commercial accounting of energy resources, automated system of technical accounting of electricity, automated accounting and balance of fuel and energy resources and others. The developed system of energy saving processes should be built into the system of enterprise processes, meet the strategic goals of the enterprise and the peculiarities of the production process.

Keywords: project portfolio; predictive adaptation; energy saving management; metallurgical enterprise, energy consumption planning, agent model.