

## СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА ШЛЯХИ ЇХ УДОСКОНАЛЕННЯ

ДРЕШПАК Н.С. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електротехніки Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна, e-mail: nat.dreshpak@gmail.com .

**Мета роботи.** Визначити недоліки існуючих систем контролю енергоефективності виробничих процесів та причини їх виникнення, виконати аналіз вимог до сучасних систем контролю .

**Методи дослідження.** Аналіз недоліків існуючих систем контролю, співставлення і визначення їх можливостей в умовах ринкової економіки, узагальнення результатів.

**Отримані результати** Функціональні можливості існуючих систем контролю ефективності використання енергії не відповідають сучасним умовам протікання виробничих процесів, що створює проблеми для визначення змісту та упровадження управлінських дій в сфері енергозбереження. Низька оперативність систем контролю зумовлена обмеженими можливостями існуючих методів розрахунку нормованих значень енергоспоживання, відсутністю оперативної оцінки факторів впливу на кінцевий результат енергоефективності, суттєвою вартістю сучасних засобів обліку енергії. Обмеженість інформаційної складової контролю полягає в тому, що існує складність виділення із сукупності факторів впливу на досягнутий рівень енергоефективності складової, що пов'язана з активністю обслуговуючого персоналу в сфері впровадження заходів з енергозбереження. Існує необхідність підвищення точності розрахунку нормованих значень енергоспоживання. Шляхи усунення існуючих проблем полягають у визначенні закономірностей формування нормованих значень енергоспоживання в умовах оперативного контролю, застосуванні нових підходів до оцінки результативності дії факторів впливу, обґрунтуванні похибки розрахунку нормованих значень енергоефективності, створенні та визначенні критеріїв оцінки ефективності споживання енергії в періодах, пов'язаних зі звітністю підприємства. Реалізація цих дій передбачає суттєву зміну поглядів на організацію процедури контролю, технічне та інформаційне забезпечення його виконання.

**Наукова новизна.** Вперше запропоновано комплексне удосконалення існуючих систем контролю енергоефективності на основі підвищення їх оперативності, інформативності та достовірності даних. Вперше проаналізовані причини виникнення та прояву недоліків існуючих систем контролю в умовах сучасного виробництва.

**Практична цінність.** Полягає в тому, що визначені напрямки наукових досліджень, реалізація яких розширить функціональні можливості контролю енергоефективності в сучасних умовах, дозволить підвищити ефективність управління виробничим процесом.

**Ключові слова:** контроль енергоефективності; нормування енергоспоживання; оперативність; інформативність; достовірність.

### I. ВСТУП

Ефективне використання енергетичних ресурсів у промисловості передбачає зменшення витрат енергії на процес виробництва продукції. Це зменшення досягається зокрема використанням сучасних технологій виробництва, впровадженням ефективних заходів з енергозбереження. Реєстрація такого зменшення передбачає періодичне співставлення показників витрат енергії. Фактичні значення витрат порівнюють з плановими (нормованими) значеннями, які ураховують зміни, що відбулися в процесі виготовлення продукції у визначений термін. Якщо фактичні витрати енергії відрізняються від нормованих, то виникає необхідність визначення причин змін, що відбулися. Існує потреба виявлення чинників, що впливають на енергоспоживання, розрахунку рівня їх впливу на кінцевий результат, оцінки можливих управлінських рішень, виходячи з необхідності забезпечення енергоефективності виробничих процесів. Слід зазначити,

що доцільність виконання контролю показників енергоефективності ніколи не викликала і зараз не викликає сумніву. В умовах планової економіки Радянського Союзу нормуванню витрат енергії приділялася значна увага [1], [2]. Це, у першу чергу, пов'язувалося з плануванням обсягів видобутку та виробництва палива, необхідністю забезпечення технологічних процесів різними видами паливно-енергетичних ресурсів. Нормування питомих витрат енергії здійснювалось на різних рівнях (галузь промисловості, підприємство, цех, ділянка, агрегат) і передбачало застосування різних методів розрахунку питомих норм енергоспоживання. Відомо, що енергетична ефективність технологічних процесів значною мірою залежить від обсягів виробництва продукції [1], [3]-[5]. В умовах планової економіки ці обсяги були заздалегідь відомі, що дозволяло здійснювати нормування в чітко визначених умовах і забезпечувало прийнятну точність розрахунків. Обсяг видобутку продукції в умовах ринку може суттєво змінюватися, що вносить невизначеність в

процедуру нормування і потребує коригування її методики.

## II. АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Незважаючи на те, що в умовах планової економіки процедура контролю енергоефективності виробництва існувала, ефективність її використання на підприємствах була низькою. У першу чергу це було зумовлено низькими цінами на паливно-енергетичні ресурси. В умовах низьких цін знижується економічна ефективність заходів з енергозбереження, а також результативність відповідних управлінських рішень, ініційованих за результатами контролю. Це стримувало пошук нових підходів до контролю, не сприяло удосконаленню існуючих методів. Виробництво продукції характеризувалося порівняно низькими темпами модернізації існуючих технологій та обладнання. Була практично відсутня мотивація персоналу підприємства до впровадження заходів з енергозбереження. Не були визначені правові аспекти енергозбереження.

Зараз ситуація змінилася. Характерні прояви стрімкого зростання цін на енергоносії, наявні достатньо високі темпи оновлення парку обладнання, широко застосовуються ефективні методи мотивації співробітників підприємства, активні кроки здійснено в напрямку створення законодавчої бази в сфері енергозбереження [6]-[9]. Ясно, що в умовах існуючих змін виникає необхідність підвищення ефективності управління енерговикористанням промислового підприємства і, відповідно, удосконалення існуючих систем контролю енергоспоживання як невід'ємних складових систем управління.

## III. МЕТА РОБОТИ

Визначити недоліки існуючих систем контролю енергоефективності виробничих процесів та причини їх виникнення, виконати аналіз вимог до сучасних систем контролю. Стаття розкриває підходи до вирішення цих завдань.

## IV. ВИКЛАДЕННЯ ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ТА АНАЛІЗ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

Контроль є однією з основних функцій управління системою. Він необхідний для коригування управлінських процесів у ситуації, коли результати енергоспоживання суттєво відрізняються від встановлених норм. Енергетична ефективність процесу виробництва продукції залежить від багатьох факторів, які змінюються в часі. Виникає необхідність широкої інформованості стосовно змін, що відбуваються, оцінці результатів цих змін з метою наступного реагування на нову ситуацію. Використання результатів контролю дозволяє прийняти оптимальні управлінські рішення.

Мета виконання контролю енергоефективності може бути викладена в роз'ясненні ряду позицій. Сформулюємо ці позиції для системи контролю ефективності використання енергії промисловим підпри-

ємством (рис.1).

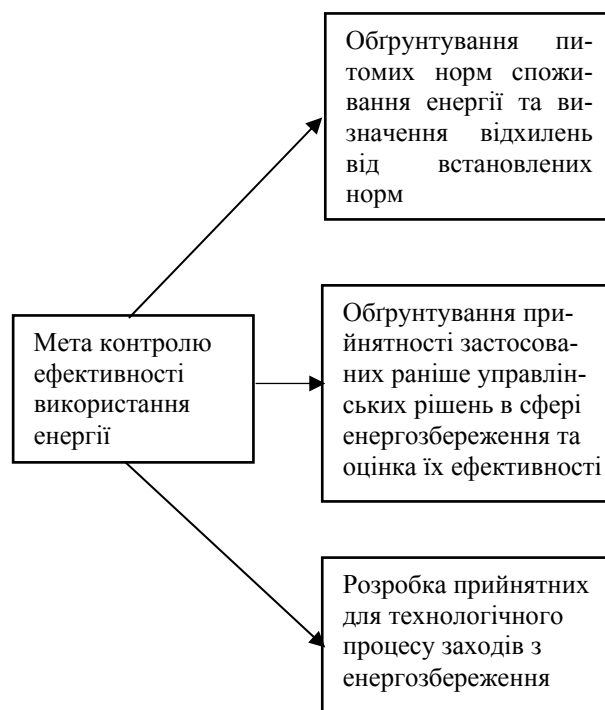


Рисунок 1. Мета контролю ефективності використання енергії

Аналіз сукупності позицій, що визначають мету контролю, свідчить про розгалуженість завдань, які при цьому виникають. Характерно те, що рішення деяких завдань стосуються конкретних об'єктів контролю і ураховують тільки їх особливості. Частина отриманих рішень можуть мати загальні риси і бути прийнятними для сукупності об'єктів контролю. На цій основі існує можливість створення загальних підходів до виконання контролю, які будуть мати характерні риси і застосовуватися для контролю значної кількості об'єктів з визначеними властивостями. Очевидно, що визначення цих характерних рис можливе при детальному аналізі об'єкту контролю з точки зору умов його функціонування. Зупинимося на характерних рисах об'єкту контролю, в межах якого передбачається виконання майбутніх досліджень у сфері контролю та управління енерговикористанням. Таким об'єктом має бути: підприємство, підрозділ підприємства (цех, ділянка), технологічна лінія, окремий енергоємний агрегат. Об'єкт орієнтований на випуск однотипної продукції, властивості якої в процесі контролю не змінюються. Існує можливість визначення обсягу випуску продукції в певний термін часу (робоча зміна, день, місяць, рік).

В сучасних умовах виконання контролю нормовані значення питомого енергоспоживання повинні розраховуватися з визначенням впливу окремих факторів на цей показник. Вплив факторів на нормовані значення може бути різним: можливе як зниження, так і збільшення енергоспоживання. Інтенсивність

впливу також може змінюватися. При виконанні функції управління енергоспоживанням необхідно знати ці особливості факторного впливу. Інформація дозволить вірно вибрати прийнятний фактор для реалізації управління, оцінити необхідну для реалізації оптимального процесу інтенсивність його дії. Необхідно також створити умови, щоб значення факторів впливу легко вимірювалися або розраховувалися в ситуації, характерній для конкретного виробництва. Це забезпечить достатньо високу оперативність розрахунку питомих норм, дозволить своєчасно коригувати значення факторів впливу при їхній зміні. В підсумку ці дії дозволять підвищити точність нормування, забезпечать достовірність нормованих значень. Важливо, щоб поряд з результатом розрахунку була зафіксована похибка його визначення, що дозволить уникнути двоякості тлумачення результатів співставлення даних. Принцип відповідності контролю передбачає відповідальність суб'єкта контролю за достовірність результатів.

Ураховуючи різноманіття існуючих методів нормування питомих норм енергоспоживання, необхідно проаналізувати їх з токи зору можливої області застосування, точності визначення норм та їх прийнятності для вирішення завдань контролю у визначеному вище об'єкті управління. Це окреме завдання, що потребує додаткового аналізу і обов'язкового вирішення.

Визначення відхилень фактичних значень енергоспоживання об'єкта від нормованих передбачає процедуру їх співставлення з фіксацією існуючих відмінностей в їх значеннях і урахуванням знаку отриманої різниці показника енергоспоживання. Очевидно, що наявність відхилень в бік перевищення нормованих значень енергоспоживання може мати важливі наслідки при формуванні управлінських дій. Тому повинна приділятися особлива увага до точності реєстрації фактичних значень і розрахунку нормованих значень енергоспоживання. Особливо це стосується нормованих значень, так як їх, як правило, отримують шляхом розрахунку із застосуванням математичних моделей. Так як будь-який розрахунок містить похибку, то важливо оцінити значення похибки. Тоді існує можливість виявлення зони, де наявність відхилень при співставленні є сумнівною (завдяки існуючій похибці). Характерно, що в детермінованих математичних моделях зазвичай визначають максимальне значення похибки моделювання [3]. В стохастичних моделях ця похибка визначається довірчими інтервалами з урахуванням заданої довірчої ймовірності [3]-[5]. Очевидно, що удосконалення методів контролю повинно передбачати можливість формування зон невизначеності, де зафіксовані відхилення від норм не будуть братися до уваги, а результати енергоспоживання будуть вважатися прийнятними для даних умов виробництва продукції. Завдання полягає в обґрунтуванні раціональної методики визначення цих зон. При використанні стохастичної залежності алгоритм розрахунку зони невизначеності

пов'язаний із структурною побудовою залежності нормованого значення від факторів впливу. Тому виникає необхідність обґрунтування раціональної структурної побудови такої залежності, яка дозволить використати ефективний алгоритм розрахунку довірчих інтервалів при умові забезпечення прийнятної точності результату нормування. При існуючих відхиленнях рівнів енергоефективності від встановлених норм необхідно фіксувати знаки відхилень, що відповідають перевищенню норми споживання, або наявній економії. Це необхідно здійснювати виходячи з того, що різні знаки відхилень повинні супроводжуватися різними управлінськими діями.

Характерною ознакою сучасного промислового підприємства є зростання його технологічного рівня. Упроваджуються як нові технології виготовлення продукції, так і нові засоби виробництва. Як правило, процеси модернізації обладнання, удосконалення режимів його експлуатації приводять до коливань значень енергоефективності. Цьому також сприяють часті зміни характеристик матеріалів та напівфабрикатів, властивостей застосованих енергетичних ресурсів, що є звичайною практикою виробничих процесів конкурентної ринкової економіки. Тому оперативність здійснення операції контролю енергоефективності є важливою ознакою сучасного управління енерговикористанням. Дійсно, процес визначення змісту та уведення в дію управлінського рішення потребує певного часу. Затримка прийняття рішень не дозволяє своєчасно реагувати на ситуацію в умовах швидкої зміни енергоемності. Ефективність управління процесом виробництва знижується.

Як приклад, розглянемо динаміку зміни енергоемності видобутку вугілля  $W$  (кВт\*г/тону) однієї із вугільних шахт Донбасу (рис. 2)



Рисунок 2. Графік щоденної енергоемності видобутку вугілля протягом місяця

Із залежності видно, що щоденні значення  $W$  суттєво різняться. Причини цих змін можуть бути зумовлені різними чинниками, пов'язаними з особливостями вуглевидобутку. Можливе застосування но-

вих технічних засобів, можливі швидкоплинні зміни режимів роботи обладнання, прояви наявності або відсутності застосування заходів з енергозбереження і т.п. Якщо здійснювати щотижневий або щомісячний контроль, то його оперативність буде порівняно низькою, рішення по поліпшенню ситуації будуть прийматися керівництвом шахти із запізненням, що суттєво знизить ефективність управління. Очевидно, що в існуючій ситуації доцільне використання оперативного контролю із щоденним аналізом ситуації.

Проміжок часу між операціями контролю значною мірою залежить від технічних засобів збору необхідної інформації. Він повинен коригуватися з прийняттям на виробництві графіком виконання робіт, прийнятими термінами підготовки звітної документації, заохочення співробітників за результатами їх діяльності. Слід зазначити, що сучасні засоби інформаційного забезпечення енергоспоживання мають достатньо високий рівень і в той же час існує можливість суттєвого розширення обсягу отриманої інформації, підвищення її точності, достовірності. Це буде сприяти підвищенню оперативності контролю, розширенню його інформативності, що забезпечить енергетичну ефективність процесу виробництва продукції. Оперативний контроль повинен мати достатню для прийняття поточних управлінських рішень інформаційну основу, побудовану на системі постійного спостереження [10]-[12]. Його здійснюють у визначені проміжки часу, протяжність яких залежить від динаміки розвитку контрольованого процесу.

З точки зору можливого розширення інформативності контролю енергоефективності процесів важливо чітко визначити фактори, за допомогою яких існуючі відхилення можуть бути ліквідовані, необхідно передбачити інтенсивність їх дії при впровадженні. Для цього необхідно отримати змістовну інформацію стосовно співвідношення різних факторів впливу і визначення в цій сукупності сумарної дії факторів, що будуть застосовані в процесі керування енергоефективністю.

Система контролю буде ефективною, якщо співставлення показників не буде разовою операцією, а буде здійснюватися постійно. Тільки постійні спостереження, що реалізують принцип неперервності контролю, і відповідні управлінські дії дозволять отримати стійкий ефект. Це повною мірою стосується і систем контролю енергоефективності, так як поняття «енергоефективність» передбачає зменшення витрат енергії, і, відповідно, співставлення рівнів цих витрат у різних проміжках часу. Разові співставлення показників витрат енергії не можуть повною мірою характеризувати загальну тенденцію енергоспоживання об'єкта. Інколи існуючі недоліки можуть бути ліквідовані за незначні проміжки часу завдяки вдалим управлінським діям. Як правило, для ліквідації відхилення потрібен більш тривалий час. Тому, на погляд авторів, існує необхідність уведення і використання в процесі контролю інтегральних характеристик енергоспоживання, діючих у певному проміжку часу, де

позитивні та негативні результати отримують загальну оцінку.

Відомо, що оперативний контроль включає систему заходів, організованих керівництвом підприємства (суб'єктом прийняття рішень за результатами контролю), і направлених на найбільш ефективне використання працівниками своїх обов'язків в процесі виробництва продукції [3]. Контроль енергоефективності здійснює фаховий персонал структурних підрозділів підприємства (особа або група осіб), який на основі отриманої в результаті контролю інформації ініціює виконання заходів з енергозбереження, що відповідають рівню відхилень фактичних значень енергоспоживання від планових завдань. Необхідно залучати до контролю також безпосередніх виконавців виробничих операцій, що дозволить виявити відхилення від норм в найкоротші проміжки часу [3],[6].

Для обґрунтування прийнятності застосованих раніше управлінських рішень необхідно проаналізувати рівні впливу різних факторів на ефективність споживання енергії і показати, які управлінські рішення були вдалим, а які не сприяли покращенню ситуації. Зрозуміло, що фактори впливу необхідно вимірювати, а їх зміна в процесі управління повинна бути зафіксована. Існують ситуації, де можливості управління процесом енергоспоживання обмежені, тому кінцевий результат може свідчити про збільшення (в порівнянні з минулим періодом) питомих витрат енергії. Але в цій ситуації слід впевнитися, що управлінські рішення, що сприяли зменшенню витрат енергії, були задіяні і сприяли зменшенню прояву негативного наслідку. Звідси виникає необхідність відокремлення результату зміни енергоефективності процесу, зумовленого дією управлінських рішень, від загального результату, досягнутого зміною всієї сукупності факторів впливу. Виходячи з того, що існують декілька методів нормування показників енергетичної ефективності, загальної методики визначення ефективності управлінських рішень в умовах оперативного управління енергоспоживання не існує. У кожному випадку відокремлення результатів управлінських дій від впливу некерованих факторів (факторів, управління якими є неможливим в існуючій ситуації, або є неприйнятним, виходячи із суттєвих фінансових витрат) відбувається з урахуванням прийнятого методу нормування і виходячи із можливостей цього методу.

Відокремлення впливу управляючих факторів від впливу некерованих важливо не тільки з точки зору оцінки можливостей їх повторного застосування в майбутньому, а також виходячи з урахування кількісних характеристик такого впливу. Очевидно, що отримані кількісні характеристики позитивного впливу слід пов'язувати з мотивацією дій обслуговуючого персоналу в реалізації заходів з енергозбереження.

Відхилення фактичного енергоспоживання від нормованих значень повинно бути проаналізовано і за результатами аналізу розроблені прийнятні заходи з енергозбереження. В процесі контролю енергоефек-

тивності вибір відповідного заходу слід пов'язувати як із знаком відхилення нормованого значення так і зі значенням наявного відхилення. Якщо процес співставлення фіксує знижене значення енергоспоживання, то уведення додаткових заходів з енергозбереження не є необхідним, але і не виключається. У випадку збільшення показника енергоспоживання аналіз повинен бути більш детальним. Необхідно визначити, яка доля збільшення пояснюється зміною некерованих факторів впливу, а яка частина пояснюється недостатньо чітким виконанням режимних вимог в процесі виробництва продукції. Задіяний при нормуванні значень енергоспоживання математичний апарат повинен бути реалізованим таким чином, щоб у процесі контролю відповідь на ці питання була конкретною і достовірною. Таким чином, виникає необхідність розширення інформативності процесу контролю в частині визначення причин наявності відхилень і ступеня впливовості на процес окремих факторів.

Виходячи із рівня існуючих відхилень, необхідно вводити в дію заходи енергозбереження, що мають відповідні рівні ефективності. Наприклад, використання безвитратних або маловитратних заходів, що пов'язані в основному з режимами роботи обладнання, характеризується порівняно незначним рівнем економії енергоресурсів. Збільшення фінансових витрат на вирішення завдань енергозбереження дозволяє отримати більш суттєві результати, але слід пам'ятати, що, наприклад, заміна парку обладнання для випуску продукції потребує значного проміжку часу для уведення його в дію. Тому ефективність прийняття такого рішення зміщується в часі. Важливо також, щоб використаний для нормування математичний апарат акумулював досягнуті раніше, як позитивні, так і негативні результати (збільшення або зменшення витрат енергії, зафіксовані у попередньому етапі контролю). Це дозволить чітко фіксувати як наявність, так і відсутність енергоефективності виробництва в контрольованому проміжку часу. На основі цих значень можуть бути сформовані інтегральні показники ефективності енергоспоживання.

Напрямки удосконалення існуючих систем контролю передбачають суттєві зміни в їх організаційному, технічному та інформаційному забезпеченні. Підвищення оперативності та забезпечення безперервності процесу контролю потребує упровадження систем обліку з розширеними функціональними можливостями, що забезпечують безперервність процедури, можливість реєстрації широкого переліку параметрів з певними проміжками часу, формування бази даних за результатами вимірювань. Автоматизовані системи комерційного обліку енергії (АСКОЕ) дозволяють автоматизувати процедуру збору інформації, забезпечивши при цьому багатоканальність обліку, що важливо у випадку, коли одночасно здійснюється контроль ефективності споживання енергії в різних технологічних процесах промислового виробництва [13]-[15]. АСКОЕ орієнтовані на облік різних видів енергетичних ресурсів, що розширює область їх можливо-

го застосування, дозволяє вести облік енергії і скласти енергетичні баланси підприємства в умовах різномановності їх енергетичного забезпечення. Очевидно, що ці системи можуть забезпечити системи контролю енергоефективності достовірною інформацією про фактичні значення енергоспоживання в певних проміжках часу. В той же час, системи контролю енергоефективності, що підлягають аналізу, передбачають наявність нормованих значень енергоспоживання. В умовах оперативного контролю швидкоплинна зміна параметрів технологічного процесу повинна фіксуватися і без затримок у часі знаходити безперервне відображення у коригованих значеннях нормованого енергоспоживання. Це неможливо здійснити без застосування комп'ютерної техніки з відповідним програмним забезпеченням. Таким чином, приходимо до висновку про необхідність поєднання інформаційних потоків із системами АСКОЕ з вихідною інформацією комп'ютерних програм, що забезпечують визначення нормованих значень енергоспоживання, співставлення фактичних показників з плановими, розрахунку характеристик, що розширюють інформативність системи контролю. Поєднання інформаційних потоків може здійснюватися як без участі оператора (в автоматичному режимі), та і за його участю [16]-[18]. Зазвичай ці функції на підприємстві виконує енергоменеджер. При цьому увесь обсяг додаткових функцій, пов'язаних з контролем енерговикористання, покладається на нього.

Виконаний в роботі аналіз дозволяє сформулювати характерні недоліки існуючих систем контролю та визначити причини їх виникнення. Результати аналізу наведені в табл. 1.

Перелічені недоліки функціонування систем контролю енергоефективності і їх безпосередній вплив на якість управління процесом енергоспоживання можуть мати різні негативні наслідки. Недостатня обґрунтованість прийнятих управлінських рішень супроводжується суттєвими фінансовими збитками. Їх рівень залежить від сукупності факторів, але для потужних енергоємних підприємств навіть незначні недоліки в управлінні енергоефективністю мають відчутні наслідки. Як приклад, розглянемо ситуацію із щоденними коливаннями питомого енергоспоживання вугільної шахти, наведену на рис.1. Граничні значення енергоємності процесу вуглевидобутку протягом місяця склали  $W_{max}=30 \text{ кВт}\cdot\text{г}/\text{тону}$  та  $W_{min}=21 \text{ кВт}\cdot\text{г}/\text{тону}$ . Відповідно, різниця в енергоємності процесу  $\Delta W=9 \text{ кВт}\cdot\text{г}/\text{тону}$ . Якщо врахувати, що місячний видобуток вугілля склав 129.7 тисяч тон, то різниця у вартості спожитої електроенергії при видобутку з максимальною та мінімальною енергоємностями процесу близька до 1 млн. грн. Якщо, навіть частина цих коштів буде заощаджена завдяки вдалим управлінським рішенням у сфері енергозбереження, то удосконалення системи контролю буде мати чудову фінансову перспективу.

**Таблиця 1.** Аналіз недоліків існуючих систем контролю ефективності використання енергії

Недоліки системи контролю енергоефективності	Причини їх виникнення
Низька оперативність контролю	- низькі темпи упровадження заходів з енергозбереження; - відсутність методів, адаптованих до оперативного контролю; - складність оперативного визначення внеску факторів впливу в показники енергоефективності; - обмеженість використання автоматизованих систем обліку енергії, комп'ютерних систем оперативної обробки та збереження інформації.
Відсутність оцінки похибки розрахунку нормованих значень енергоспоживання	- низькі вимоги до точності розрахунку питомих норм енергоспоживання в період планової економіки; - відсутність досліджень в області підвищення точності розрахунку шляхом розробки нової методики визначення похибки.
Обмежена інформативність контролю	- однобокність у визначенні факторів впливу на показник енергоефективності; - відсутність підходів до оцінки енергоефективності процесів у тривалих проміжках часу; - не повною мірою задіяні зворотні зв'язки системи контролю.

Результати аналізу свідчать про те, що управління процесом енергозабезпечення сучасного промислового підприємства потребує суттєвого удосконалення існуючих систем контролю енергоефективності технологічних процесів на основі підвищення їх оперативності та інформативності, обґрунтування похибки розрахунку норм енергоспоживання. Вплив цих складових на процеси контролю та управління є значущим, що свідчить про існування наукової проблеми, яку необхідно вирішувати. Визначені в статті причини існуючих недоліків дозволяють сформулювати пріоритетні напрямки наукових досліджень, пов'язаних з вирішенням цієї проблеми. Дослідження стосуються широкого переліку різнопланових завдань, передбачають використання сучасних методів аналізу, розробку нових та удосконалення існуючих

методів контролю.

## V. ВИСНОВКИ

1. Недоліки існуючих систем контролю енергетичної ефективності полягають у наступному:

- Наявна низька оперативність контролю, що зумовлена
  - ігноруванням факту прискорення темпів зміни показника енергоефективності значної кількості виробничих процесів;
  - обмеженістю досліджень в сфері формування прийнятних для оперативного контролю методів розрахунку нормованих значень ефективності споживання енергії;
  - складністю оперативної реєстрації реальних значень факторів впливу на показник енергоефективності;
  - відсутністю оперативної оцінки впливу кожного із сукупності факторів на показник енергоефективності з окремим виділенням управлінських дій в сфері енергозбереження;
  - обмеженістю застосування сучасних засобів обліку енергії, систем обробки та збереження інформації.
- Характерна порівняно низька інформативність контролю, яка полягає в тому, що
  - в процесі контролю, як правило, акцентується увага на визначення впливу технологічних факторів на показник енергоефективності, отримання енергетичних балансів процесів виробництва продукції. Меншою мірою аналізується вплив управлінських дій в сфері енергозбереження, умотивованість дій обслуговуючого персоналу;
  - відсутні інтегральні критерії оцінки енергоефективності виробничих процесів у тривалих проміжках часу та не розроблені методики їх визначення;
  - не достатньо інформативні канали зворотного зв'язку в системах контролю.

• Відомі методики розрахунку питомих норм енергоспоживання не забезпечують визначення рівня похибки розрахунку нормованого значення, що вносить елемент невизначеності в результат співставлення фактичних і нормованих значень енергоспоживання, ускладнює або унеможливує прийняття раціональних управлінських рішень.

2. В умовах швидкоплинної зміни показника енергоефективності існує необхідність підвищення оперативності контролю шляхом збільшення кількості контролюючих дій, обґрунтування раціональної структурної побудови математичних моделей для нормування енергоспоживання, визначення точності прогнозованих значень з метою підвищення достовірності контролю, розширення його інформативності на основі оцінки результативності впровадження заходів з енергозбереження, створення механізму оцінки енергоефективності виробництва в тривалих проміжках часу.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Кудрин, Б.И. Электроснабжение потребителей и режимы: учебное пособие [Текст]/ Б.И. Кудрин, Б.В. Жилин, Ю.В. Матюнина. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 412 с.
- [2] Гофман, И.В. Нормирование потребления энергии и энергетические балансы промышленных предприятий [Текст]/ И.В. Гофман; под ред. акад. Л.А.Мелентьева. – М.: Энергия, 1966. – 319 с.
- [3] Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення: навч. посібник [Текст]/ Г.Г. Півняк, С.І. Випанасенко. О.І. Хованська, Ю.В. Хацкевич, Н.С. Дрешпак. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 214 с.
- [4] Vyranasenko, S., Dreshpak N. (2013) The features of energy efficiency measurement and control of production processes *Energy efficiency improvement of geotechnical systems, 1, 71-78*.
- [5] Vyranasenko, S., Dreshpak N. (2015) Informational and methodological support for energy efficiency control *Power Engineering, Control and Information Technologies in Geotechnical Systems, 2, 53-57*.
- [6] Родионова, В.Н. Современные тенденции развития организации производственной деятельности на предприятии [Текст]/ В.Н. Родионова, И.С. Владимировича// Организатор производства.– 2007. –№2. –С.4-8.
- [7] «Про енергозбереження» [Електронний ресурс]: Закон України [Прийнятий постановою Верховної Ради України № 75/94-ВР від 01.07.94.– Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80>.
- [8] Rambabu Pothina, Vladislav Kecojevic (2007). A Gyrotory Crusher Model and Impact Parameters Related to Energy Consumption. *Minerals and Metallurgical Processing, 24(3), 170-180*.
- [9] M. Silva, A. Casali. (2015) Modelling SAG milling power and specific energy consumption including the feed percentage of intermediate size particles *Minerals Engineering, 70, 156-161*.
- [10] Нападовська, Л.В. Внутрішньогосподарський контроль в ринковій економіці [Текст]/ Л.В. Нападовська: монографія. – Дніпропетровськ, 2000, – 224 с.
- [11] Пантелеев, В.П. Концепція внутрішньогосподарського контролю діяльності підприємств: методологія, організація, розвиток [Текст]: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра екон. наук: 08.00.09 /Пантелеев Володимир Павлович. –К., 2009. – 42 с.
- [12] Donovan J. (2003) Fracture toughness-based models for the prediction of power consumption, product size, and capacity of jaw crushers. Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in mining and minerals engineering. Blacksburg, 211. – Режим доступу: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/28544/Dissertation.pdf?sequence=1>
- [13] Ожегов, А.Н. Системы АСКУЭ [Текст]: учебное пособие/ А.Н. Ожегов. – Киров: Изд-во ВятГУ, 2006. –102 с.
- [14] Adamatzky A. (2017) Advantages in unconventional computing. Prototypes, Models and Algorithms. Springer International Publishing, 812.
- [15] Albers V., Still B. (2011) Usability of complex information systems. Evaluation of user interaction. CRS press, 392.
- [16] Aslaksen E. (2008) Designing complex systems. Foundations of design in the functional domain. Auerbach publications, 176.
- [17] Barrera D., Diaz M. (2011) Communicating systems with UML 2. Modelling and analysis of network protocols. ISTE ltd, 268.
- [18] Boehm B. (2010) A spiral model of software development and enhancement. Object management group, 180.

Стаття надійшла до редакції 28.02.2020

## СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ПУТИ ИХ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

ДРЕШПАК Н.С. канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры электротехники Национального технического университета «Днепропетровская политехника», Днепр, Украина, e-mail: nat.dreshpak@gmail.com.

**Цель работы.** Определить недостатки существующих систем контроля энергоэффективности производственных процессов и причины их возникновения, выполнить анализ требований к современным системам контроля.

**Методы исследования.** Анализ недостатков существующих систем контроля, сопоставление и определение их возможностей в условиях рыночной экономики, обобщение результатов.

**Полученные результаты.** Функциональные возможности существующих систем контроля эффективно-

сти использования энергии не соответствуют современным условиям протекания производственных процессов, что создает проблемы для определения содержания и внедрения управленческих действий в сфере энерго-сбережения. Низкая оперативность систем контроля обусловлена ограниченными возможностями существующих методов расчета нормированных значений энергопотребления, отсутствием оперативной оценки факторов влияния на конечный результат энергоэффективности, существенной стоимостью современных средств учета энергии. Ограниченность информационной составляющей контроля состоит в том, что существует сложность выделения из совокупности факторов влияния на достигнутый уровень энергоэффективности составляющей, связанной с активностью обслуживающего персонала в сфере внедрения мероприятий по энергосбережению. Существует необходимость повышения точности расчета нормированных значений энергопотребления. Пути устранения существующих проблем заключаются в определении закономерностей формирования нормированных значений энергопотребления в условиях оперативного контроля, применении новых подходов к оценке результативности действия факторов влияния, обосновании погрешности расчета нормированных значений энергоэффективности, создании и определении критериев оценки эффективности потребления энергии в периодах, связанных с отчетностью предприятия. Реализация этих действий предусматривает существенное изменение взглядов на организацию процедуры контроля, техническое и информационное обеспечение его исполнения.

**Научная новизна.** Впервые предложено комплексное усовершенствование существующих систем контроля энергоэффективности на основе повышения их оперативности, информативности и достоверности данных. Впервые проанализированы причины возникновения и проявления недостатков существующих систем контроля в условиях современного производства.

**Практическая ценность.** Заключается в том, что определены направления научных исследований, реализация которых расширит функциональные возможности контроля энергоэффективности в современных условиях, позволит повысить эффективность управления производственным процессом.

**Ключевые слова:** контроль энергоэффективности; нормирования энергопотребления; оперативность; информативность; достоверность.

## ENERGY EFFICIENCY CONTROL SYSTEMS OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND THE WAYS TO IMPROVE THEM

DRESHPAK N.S. Ph.D, Associate professor, Associate professor of electrical engineering department of Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine, e-mail: nat.dreshpak@gmail.com.

**Purpose.** To identify the disadvantages of the existing systems of energy efficiency control of production processes and the reasons for their occurrence, to analyze requirements for modern control systems.

**Methodology.** Analyzing disadvantages of the existing control systems, comparing and determining their capabilities in a market economy, generalizing the received results.

**Findings.** The functionalities of the existing energy efficiency control systems do not correspond to the current conditions of production processes, that create problems for determining the content and implementation of energy saving measures. Low efficiency of the control systems is caused by the limited capabilities of the existing methods of calculating the normalized values of energy consumption, the lack of prompt assessment of the factors affecting the final result of energy efficiency, as well as the significant cost of modern energy metering. The limitation of the information component of control is that there is a difficulty in identifying from the set of factors influencing the achieved level of energy efficiency component, which is associated with the activity of service personnel in the implementation of energy saving measures. There is a need to improve the accuracy of calculating the normalized values of energy consumption. The ways to eliminate existing problems are to determine the patterns of formation of normalized values of energy consumption in terms of operational control, application of new approaches to assessing the effectiveness of impact factors, justification of errors in calculating normalized values of energy efficiency, creating and determining criteria for energy consumption in the periods related to the reporting of the enterprise. The implementation of these actions involves a significant change in views on the organization of the control procedure, technical and information support for its implementation.

**Originality.** For the first time, a comprehensive improvement of the existing energy efficiency control systems, basing on increasing their efficiency, information content and the reliability of data, are proposed. For the first time, the causes and demonstration of the disadvantages of the existing control systems in modern production are analyzed.

**Practical value.** Certain areas of research are identified, their implementation will expand the functionality of energy efficiency control in modern conditions and will increase the efficiency of production process management.

**Keywords:** energy efficiency control; rationing of energy consumption; efficiency; informational content; accuracy.



## REFERENCES

- [1] Kudrin, B.I., Zhilin B.V., Matinina U.V. (2013) *Elektrosnabzhenie potrebiteley i rezhimiyi*. M.: Izdatelskiy dom MEI, 412. (in Russian)
- [2] Gofman, I.V. (1966) *Normirovaniye potrebleniya energii i energeticheskiye balansy promyshlennykh predpriyatiy*. M.: Energiya, 319. (in Russian)
- [3] Pivnyak, G.G., Vypanasenko, S.I., Hovanskaya O.I., Hatskevych U.V., Dreshpak, N.S. (2013). *Systemy enerhomenedzhmentu ta yikh matematychno zabezpechennia*. D.: Natsionalnyi hirnychiy universytet, 214. (in Ukrainian)
- [4] Vypanasenko, S., Dreshpak N. (2013) The features of energy efficiency measurement and control of production processes *Energy efficiency improvement of geotechnical systems, 1, 71-78*.
- [5] Vypanasenko, S., Dreshpak N. (2015) Informational and methodological support for energy efficiency control *Power Engineering, Control and Information Technologies in Geotechnical Systems, 2, 53-57*.
- [6] Rodionova, V.N., Vladymirova, I.S (2007). *Sovremennyye tendentsii razvitiya organizatsii proizvodstvennoy deyatelnosti na predpriyatii*. *Organizator proizvodstva*, 4-8 (in Russian)
- [7] «Pro energozberezhennya» [Elektronnij resurs]: Zakon Ukrayini [Priinyatij postanovo Verkhovnoyi Radi Ukrayini № 75/94-ВР від 01.07.94.– Rezhim dostupu: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/74/94-%D0%B2%D1%80>. (in Ukrainian)
- [8] Rambabu Pothina, Vladislav Kecojevic (2007). A Gyrotory Crusher Model and Impact Parameters Related to Energy Consumption. *Minerals and Metallurgical Processing*, 24(3), 170-180.
- [9] M. Silva, A. Casali. (2015) Modelling SAG milling power and specific energy consumption including the feed percentage of intermediate size particles *Minerals Engineering*, 70, 156-161.
- [10] Napadovska, L.V.(2000) *Vnutrishnohospodarskyi kontrol v rynkovii ekonomitsi*. Dnipropetrovsk, 224. (in Ukrainian)
- [11] Pantelieiev, V.P. (2009) *Kontseptsiiia vnutrishnohospodar-skoho kontroliu diialnosti pidpriemstv: meto-dolohiia, orhanizatsiia, rozvytok: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia d-ra ekon. nauk: 08.00.09*, 42. (in Ukrainian)
- [12] James G. Donovan. (2003) *Fracture toughness-based models for the prediction of power consumption, product size, and capacity of jaw crushers*. Dissertation submitted to the Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in mining and minerals engineering. Blacksburg, 211. – Режим доступу: <https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/28544/Dissertation.pdf?sequence=1>
- [13] Ozhehov, A.N. *Sistemy ASKUE* (2006). Kirov: Yzd-vo ViatHU, 102. (in Russian).
- [14] Adamatzky A. (2017) *Advantages in unconventional computing. Prototypes, Models and Algorithms*. Springer International Publishing, 812.
- [15] Albers V., Still B. (2011) *Usability of complex information systems. Evaluation of user interaction*. CRS press, 392.
- [16] Aslaksen E. (2008) *Designing complex systems. Foundations of design in the functional domain*. Auerbach publications, 176.
- [17] Barrera D., Diaz M. (2011) *Communicating systems with UML 2. Modelling and analysis of network protocols*. ISTE ltd, 268.
- [18] Boehm B. (2010) *A spiral model of software development and enhancement. Object management group*, 180.