

УДК 658.26: 658.511:504.064.36

Давиденко Людмила Валеріївна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедри електропостачання Луцького національного технічного університету, м. Луцьк, Україна. Вул. Львівська, 75, м. Луцьк, Україна, 43018. Тел. +38-032-74-61-19. E-mail: L.Davydenko@mail.ru (orcid.org/0000-0002-0176-2045)

МЕХАНІЗМ БЕНЧМАРКІНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДНИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ ТА ПРИНЦИПИ ЙОГО РЕАЛІЗАЦІЇ

У статті сформульовано принципи реалізації механізму процесу бенчмаркінгу енергоефективності з урахуванням прийнятої моделі методології та деталізовано основні етапи його проведення як систематичної циклічної процедури, що забезпечує нейтралізацію слабких сторін об'єкту дослідження, а також постійне та безперервне удосконалення виробничої системи та її об'єктів.

Ключові слова: енергоефективність, система бенчмаркінгу, методологія бенчмаркінгу.

Давыденко Людмила Валериевна, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры электроснабжения Луцкого национального технического университета, г. Луцк, Украина. ул. Львовская, 75, г. Луцк, Украина, 43018. Тел. +38-032-74-61-19. E-mail: L.Davydenko@mail.ru (orcid.org/0000-0002-0176-2045)

МЕХАНІЗМ БЕНЧМАРКІНГА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ СЛОЖНИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ И ПРИНЦИПЫ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ

В статье сформулированы принципы реализации механизма бенчмаркинга энергоэффективности с учетом принятой модели методологии. Детализированы основные этапы его проведения как систематической циклической процедуры, обеспечивающей нейтрализацию слабых сторон объекта исследования, а также постоянное и непрерывное совершенствование производственной системы.

Ключевые слова: энергоэффективность, система бенчмаркинга, методология бенчмаркинга.

Davydenko Liudmyla Valeriivna, Cand.Sc.(Eng.), Assoc. Prof., Senior Lecturer of the Department of Power Supply Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine. Str. Lvivska, 75, Lutsk, Ukraine, 43018. Tel. +38-032-74-61-19. E-mail: L.Davydenko@mail.ru (orcid.org/0000-0002-0176-2045)

ENERGY EFFICIENCY BENCHMARKING MECHANISM OF COMPLEX PRODUCTION SYSTEMS OBJECTS AND THE PRINCIPLES OF ITS REALIZATION

Principles of implementation energy efficiency benchmarking mechanism taking into account the adopted methodology model have been formulated in this paper. The main stages of its realization to be a systematic cyclic procedure, which provides neutralization of the weak sides of the study object, have been specified. Constant and continuous improvement of the production system has been detailed too.

Keywords: energy efficiency, benchmarking system, benchmarking methodology.

Вступ

Енергоефективність та енергозбереження залишаються одним з пріоритетних напрямів розвитку України в сучасних умовах. Вирішення проблем енергозбереження та підвищення рівня енергетичної ефективності суспільного господарства вимагає управління процесом використання паливно-енергетичних ресурсів на всіх рівнях господарювання: галузевому, на рівні підприємств, виробничих процесів, окремих технологічних установок та агрегатів, результативність якого залежить від реалізації енергоефективних заходів, можливостей організації та підтримки діяльності щодо забезпечення ефективного енергоспоживання. Підвищення рівня енергоефективності підприємств, виробничих систем та їх об'єктів за допомогою застосування нових методів і підходів, що передбачають можливість врахування передового досвіду у цій сфері, є одним з актуальних завдань.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Енергоефективність - комплексна категорія, для якої складно розрахувати узагальнений показник. Аналіз ефективності виробництва без необхідності узагальнення показників енергоефективності, а лише на підставі виявлених їх еталонних значень, є можливим за умови використання процедур порівняльного аналізу – концепції бенчмаркінгу, яка широкого використовується за кордоном та полягає в поширенні передового досвіду та кращих досягнень в цій царині як у промисловості, так і для підприємств з різними видами

діяльності і будь-якої форми власності [1]. Мета бенчмаркінгу полягає в тому, щоб на підставі досліджень встановити потребу в змінах і шлях досягнення успіху в результаті цих змін. Головним його принципом є "від кращого до найкращого". Будучи безперервною процедурою порівняльного аналізу (зіставлення, порівняння та оцінювання аналізованих показників функціонування підприємств, технологій, процесів тощо), бенчмаркінг виступає основою для поліпшення показників власної діяльності, орієнтуючись на кращі аналоги.

Бенчмаркінг енергоефективності є особливим типом бенчмаркінгу діяльності, сфокусованим на ефективності використання енергії [2], який представляє собою збір, аналіз та оцінку інформації про енергоспоживання найкращих підприємств в галузі, а також про методи управління процесами, що ними використовуються. Його мета полягає у підвищенні енергоефективності шляхом зниження загального споживання енергії та пов'язаних з ними витрат і викидів вуглекислого газу на основі порівняння енергоефективності між об'єктами дослідження та пошуку кращих практик, демонстрації можливостей для поліпшення [3].

Країни Євросоюзу ввели спеціальні стандарти проведення бенчмаркінгу, зокрема, EN 16231 «Energy efficiency benchmarking methodology» [3], який розглядає аспекти процедури бенчмаркінгу, а також містить низку вказівок щодо подальшого впровадження і використання енергетичних орієнтирів. Модель методології бенчмаркінгу енергоефективності згідно [3] містить чотири основних етапи (мета і планування; збір і перевірка даних; аналіз даних і результати; звітність) (рис. 1) та п'ятий етап (заходи та спостереження), що стосується моніторингу та прийняття коригувальних дій та декларується як необов'язковий.

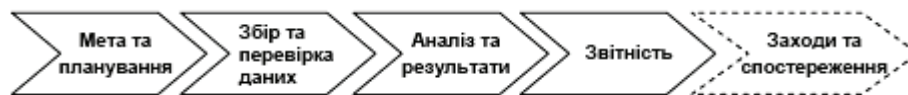


Рис. 1. Модель методології бенчмаркінгу енергоефективності

Проте, стандарт EN 16231 надає лише загальні вказівки щодо проведення бенчмаркінгу енергоефективності [2], що зумовлює необхідність більш детального розгляду та обґрунтування принципів реалізації основних етапів моделі згідно методології бенчмаркінгу.

Мета статті – удосконалення механізму проведення бенчмаркінгу енергоефективності з урахуванням принципів реалізації основних етапів згідно моделі методології бенчмаркінгу.

Основний матеріал

Бенчмаркінг енергоефективності слід розглядати як процедуру планомірного вивчення кращих практик ефективності енергоспоживання у виробничій системі з урахуванням ієрархічного рівня об'єкту дослідження, порівняння його характеристик енергоефективності з еталонними зразками для виявлення сильних та слабких сторін та впровадження досягнень інших об'єктів. Бенчмаркінг енергоефективності становить собою процес. Відтак, цілі даного процесу, функції та завдання, принципи та методи, які є його основними елементами та взаємодія яких забезпечує його ефективне проведення, складають механізм бенчмаркінгу. Враховуючи наведені в [3] рекомендації щодо методології бенчмаркінгу енергоефективності, доцільно охарактеризувати основні принципи реалізації його механізму.

1. Мета та планування. Даний етап передбачає вибір сфери бенчмаркінгу та його цілей, встановлення пріоритетів для вдосконалення; визначення об'єкту дослідження, його опис в системі важливих характеристик; виділення чинників, що впливають на ефективність енергоспоживання, та відбір показників енергоефективності, за якими буде здійснюватися порівняння; вибір типу бенчмаркінгу, масштабів дослідження, партнерів; формування бази для порівняння; ідентифікацію ресурсів; визначення методології збору даних; розроблення плану проведення бенчмаркінгу (планування його проекту в часі, в просторі і за витратами).

1.1. Вибір мети бенчмаркінгу. Зважаючи на багатогранність проблеми енергетичної ефективності складної виробничої системи, в першу чергу, необхідно визначитися з

глибиною та напрямком дослідження: усвідомити для якого рівня проводиться оцінювання; з'ясувати перелік можливих підзадач, за якими слід проводити дослідження; де і хто використовуватиме інформацію, отриману в результаті бенчмаркінгу. Мета бенчмаркінгу залежить від ролі або функції користувача і дозволяє в подальшому впливати на вибір об'єктів для порівняння та визначення кращого з них, вибір показників енергоефективності, а також налаштування процедур збору та аналізу даних [2]. Користувачі та цілі будуть варіюватися залежно від специфіки галузі, підприємства, технологічного процесу і залежатимуть від таких факторів: масштаб та структура виробництва, види енергоресурсів, інтенсивність їх споживання тощо. Зважаючи на ієрархічність проблеми енергоефективності складної виробничої системи [4], бенчмаркінг енергоефективності на різних ієрархічних рівнях залежно від мети аналізу буде здійснюватися з різним ступенем деталізації.

1.2. Вибір об'єкту дослідження та типу бенчмаркінгу. Визначившись із цілями, розпочинають пошук «партнерів бенчмаркінгу». Вибір виду бенчмаркінгу та об'єкта-партнера визначається багатьма факторами. Придатні для здійснення бенчмаркінгу партнери мають бути не лише найкращими, але й мати показники можливі для порівняння з даним об'єктом дослідження. Одним із методів вибору партнерів для бенчмаркінгу є триетапний підбір, який називається процесом STC [5], назва якого походить з початкових букв трьох англійських слів: skim; trim; cream. Перший етап (S) - побіжний огляд - виконують загальний огляд наявних джерел інформації, збирають додаткові дані. Другий (T) - приведення в порядок – впорядковують наявні відомості. Третій етап (C) - вибір кращих - вибір партнерів.

Об'єктом бенчмаркінгу, показники енергоефективності якого підлягають аналізу, можуть виступати окремі агрегати, технологічні установки, структурні одиниці виробничої системи, виробничі процеси, підприємство, галузь тощо. Під час проведення бенчмаркінгу виникає необхідність одержання інформації, репрезентативної щодо різних об'єктів, що знаходяться на різних ієрархічних рівнях виробничої системи. Відповідно до ієрархічної структури виробничої системи повинні бути визначені межі бенчмаркінгу (агрегат, структурний елемент, технологічний процес, виробництво) та тип бенчмаркінгу з позицій: об'єкту дослідження (передбачається порівняння об'єктів одного ієрархічного рівня всередині виробничої системи - внутрішній бенчмаркінг, чи порівняння аналогічних об'єктів інших виробничих систем або аналогічних виробничих систем в цілому - зовнішній бенчмаркінг); еталонних значень показників енергоефективності (передбачається урахування кращих значень - граничний бенчмаркінг, чи середніх значень - неграничний бенчмаркінг).

Вибір об'єктів залежить від користувачів і їхніх цілей і тісно пов'язаний з типом порівняння (аналізом переваги), який використовується. Ці типи враховують орієнтири, засновані на: результатах минулої діяльності; еталонних значеннях; порівнянні декількох об'єктів [2]. Бенчмаркінг енергоефективності об'єкта проти його минулої енергетичної ефективності є доволі простим способом. Типова мета у цьому випадку - моніторинг відносного поліпшення енергоефективності протягом певного часу. При цьому, нівелюються проблеми, які виникають у випадку порівняння декількох схожих, але не ідеально відповідних об'єктів. Разом з тим, під час використання часових рядів для бенчмаркінгу виникає ризик появи структурних зрушень (наприклад, введення нових процесів). Тоді результати порівняльного аналізу можуть відображати не лише зміни в енергетичній ефективності, а й частково відображати ефекти цих зрушень [2]. Даний вид бенчмаркінгу споріднений процедурі поточного контролювання рівня ефективності енергоспоживання та придатний для внутрішнього бенчмаркінгу коли відсутні кращі за об'єкт дослідження зразків або ж для виявлення позитивних зрушень щодо ефективності енергоспоживання (їх відсутності) у випадку об'єктів із стабільно низьким рівнем енергоефективності в групі однотипних. У випадку аналізування енергетичної ефективності об'єкта на основі порівняння значень його показників з деякими еталонними значеннями (визначення відстані до еталону) обов'язковою умовою є можливість достовірного визначення еталонних значень. Порівняння енергоефективності кількох подібних об'єктів передбачає ранжування об'єктів або сортування їх у групи за рівнем енергоефективності для ідентифікації відмінностей між

кращим і гіршим об'єктами. Використання даного типу бенчмаркінгу вимагає одночасного аналізування показників енергоефективності кількох подібних об'єктів та їх моніторингу. При цьому, результати бенчмаркінгу будуть відображати відмінності в ефективності енергоспоживання об'єктів, а також відмінності між самими об'єктами (наприклад, їх вихідного стану), тобто, виникає проблема урахування відмінностей між не достатньо однотипними об'єктами. На практиці користувачі часто використовують комбінації цих трьох типів бенчмаркінгу.

Проведення внутрішнього бенчмаркінгу дозволить виявити та «підтягти» відстаючі за рівнем енергоефективності об'єкти в межах виробничої системи та є корисним інструментом для моніторингу енергетичної ефективності агрегатів, технологічних установок, виробничих процесів для того, щоб переконатися, чи дотримуються енергетичні цілі, а також для кращого розуміння результативності заходів щодо підвищення енергоефективності. Але більш ефективним є порівняння з іншими аналогічними об'єктами. Проте, якщо їх вибірка для порівняння мала, це може призвести до низького рівня достовірності отриманих результатів. База для порівняння повинна охоплювати широке коло виробничих об'єктів, у тому числі світових лідерів галузі. Чим більша вибірка для порівняння, тим краще (Strategy Partners Group використовують вибірку, яка містить не менше 25-30 об'єктів [6]).

Внутрішній бенчмаркінг є інструментом безперервного вдосконалення об'єкту дослідження та може бути початковим етапом для проведення зовнішнього бенчмаркінгу. Головною метою зовнішнього бенчмаркінгу, має бути не просто порівняння об'єкту з іншими аналогічними, але застосування його результатів у якості засобу безперервного розвитку та вдосконалення, перетворення об'єкту дослідження в «кращий» з кращих.

1.3. Формування сукупності показників енергоефективності. На початкових етапах бенчмаркінгу головним завданням дослідника стає виявлення тих критеріїв роботи (виробничої системи та її структурних елементів, підприємства, галузі в цілому), які можуть виступати в ролі показників рівня енергоефективності та на підставі яких можливе формування еталону енергоефективності. Щоб визначити показники ефективності енерговикористання, необхідно чітко розрізнити орієнтири різних груп користувачів (об'єкту дослідження залежно від його ієрархічного рівня) щодо досягнення своїх цілей.

Показники енергоефективності (ПЕЕ) повинні дозволити користувачам прозора та об'єктивно виконати аналіз ефективності енергоспоживання для об'єкта дослідження та отримати корисні висновки. Під час визначення набору ПЕЕ постає задача відбору корисної інформації про фактичний стан енергетичної ефективності від інших факторів, які мають вплив на результати порівняння, але не стосуються цілей користувачів [2]. Побудова системи показників енергоефективності вимагає ретельного вивчення вихідної сукупності ПЕЕ та розшарування інформації на корисну і неактуальну, що є складним завданням. Система показників енергетичної ефективності повинна задовольняти такі вимоги [7, 8]:

- відображати основні характеристики режиму енергоспоживання виробничої системи;
- характеризуватися функцією часткових показників (монотонності): покращення будь-якого показника при фіксованих значеннях інших показників повинно зумовлювати підвищення рівня енергоефективності;
- реагувати на зміну показників режиму енергоспоживання (критичності до варійованих параметрів);
- величина показника повинна відрізнятися на достатню величину (чутливості);
- чисельне значення показника має бути між максимальним і мінімальним значеннями відносних показників (нормованості);
- результати комплексної оцінки не повинні залежати від вибору нормуючих показників (порівнюваності результатів);
- формуватися на основі підходу “знизу вгору” по рівнях ієрархії виробничої системи;
- відсутність “подвійного урахування” показників;
- можливість реального визначення показників енергоефективності;

- можливість та доцільність визначення показників з точки зору їх практичного застосування в системі управління енергоспоживанням;
- однозначність в інтерпретації: зміна значень показників повинна однозначно свідчити про позитивні або негативні зміни у досягненні мети;
- доступність даних, необхідних для розрахунку значень показників, та можливість регулярного оновлення.

Формування множини показників енергоефективності для порівняльної оцінки об'єктів нижчого рівня вимагає докладного обліку їх технічних характеристик та особливостей функціонування (паспортних даних агрегатів, відповідності проектних рішень фактичним умовам їх роботи, ефективності організації режиму енерговикористання, ефективності реалізації заходів з економії палива тощо [4]). На рівні підприємства достатньою є сукупність показників, які відображають загальну тенденцію ефективності енергоспоживання не потребуючи детального врахування характеристик нижчих рівнів. Тобто, розподіл показників енергоефективності з урахуванням ієрархічного рівня об'єкту дослідження та розгляду проблеми дозволить виключити ті з них, які розглядати не доцільно.

Сформована сукупність ПЕЕ повинна відображати зміну рівня енергоефективності в результаті впровадження заходів і проектів з підвищення енергоефективності. Наявність відповідних показників повинна дозволити контролювати рівень енергетичної ефективності на кожній із стадій процесу енергопостачання-енергоспоживання.

Визначення мети бенчмаркінгу (яка визначає всі подальші рішення від вибору показників та об'єктів для порівняння до способу представлення даних та структуру звіту), сфер та підсфер дослідження, показників енергоефективності для кожної сфери утворюють «систему бенчмаркінгу». Система — це не лише набір статистичних показників. Система бенчмаркінгу передбачає вивчення та побудову зв'язків між усіма складовими проблеми енергоефективності залежно від її постановки та ієрархічного рівня, на якому проводиться дослідження, чітко відображення зв'язків між цілями та показниками енергоефективності.

1.4 Розроблення плану проведення бенчмаркінгу. Оскільки бенчмаркінг є комплексним інструментом, то потребує детального розроблення процедур його реалізації. Планування бенчмаркінгу спрямоване на формування команди, відповідальних виконавців, визначення критичних з точки зору ефективності енергоспоживання агрегатів, технологічних установок, виробничих процесів, їх кількісне й якісне оцінювання, розроблення порядку виконання етапів, визначення обсягу необхідних ресурсів, установлення термінів завершення кожного етапу, перевірку відповідності проекту цілям енергетичної стратегії підприємства.

Бенчмаркінг - діяльність цілої команди (групи запуску бенчмаркінгу) відповідальної за початок і управління процесом бенчмаркінгу, яка складається з осіб, що мають різний досвід, кваліфікацію, погляди на вирішення проблеми підвищення енергоефективності виробничих систем, володіють навиками оцінювання рівня енергоефективності, контактами та є основними користувачами бенчмаркінгової інформації (хоча, інколи, може проводитися і однією особою). Завданнями команди бенчмаркінгу є: визначення конкретних об'єктів для бенчмаркінгу та встановлення пріоритетів дослідження; визначення критичних процесів і можливості вимірювання їх показників; формування сукупності необхідних ПЕЕ та методів їх визначення; складання діаграми причинно-наслідкових зв'язків показників; розробка плану визначення ПЕЕ та збору даних; обговорення планів по збору даних та проведення бенчмаркінгу з експертами на місцях; створення бази даних для об'єкта бенчмаркінгу; розробка процедур оцінки значень показників енергоефективності для об'єкта бенчмаркінгу; визначення методів аналізу даних; складання графіку виконання робіт тощо.

План робіт з бенчмаркінгу повинен включати всі етапи дослідження і містити такі елементи: цілі, завдання, масштаб, ресурси, основні виконавці, терміни, форми збору даних та представлення звітності, відповідальні по етапах і роботі в цілому, план збору необхідних для об'єкта бенчмаркінгу даних, початковий список потенційних партнерів, а також у вигляді приміток, посилань на джерела або додатків в плані - можливі методи виконання основних

етапів роботи (збору, перевірки та зберігання даних; обробки та аналізу результатів тощо).

2. Збір та перевірка даних. На цьому етапі проводиться збір інформації як про об'єкт дослідження, так і про партнерів з бенчмаркінгу, узгодження методики збору даних та їх верифікації; визначення методології аналізу отриманих даних для їх порівняння [3].

2.1. Збір даних. Цей етап охоплює збір кількісних та якісних даних, вивчення та опис процесів енергоспоживання і факторів, що пояснюють енергоефективність. Збір інформації вимагає: формування концепції опитувальних листів, яка містить визначення і пояснення; підбір інформації про об'єкт, виявлення сильних (слабких) сторін; збір фактів про партнерів бенчмаркінгу; документальне оформлення інформації; перевірка наявних даних.

Метою збору інформації про фактори переваги є задоволення потреб в інформації обсязі, достатньому для цілей аналізу, при цьому використовують як первинні, так і вторинні дані. Його успіх залежить від планування обсягу і змісту робіт, проведеного на попередніх етапах. Перелік необхідних відомостей, кількість джерел інформації можуть відрізнятися залежно від змісту проекту. До того, як розпочати збір інформації про інші об'єкти, команда бенчмаркінгу має зібрати інформацію про власний об'єкт дослідження. Збір цих даних уточнить процес дослідження і дасть змогу визначити оптимальну систему необхідних ПЕЕ.

Джерелами інформації, крім партнера по бенчмаркінгу, можуть бути статистичні дані, публікації, інтерв'ю, спостереження. Джерела даних повинні відповідати таким вимогам: максимальна надійність та авторитетність; регулярність оновлення даних; зрозумілість та прийнятність методології їх отримання; наявність даних для максимальної кількості об'єктів порівняння; порівнюваність – у випадку використання різних джерел для різних об'єктів.

На вибір методу збору інформації впливають часові та ресурсні обмеження, просторове охоплення об'єктів дослідження, обсяг і деталізації необхідних даних, вид інформації, тривалість збору даних, досвід членів команди, прийняті підходи. Метод збору даних повинен бути визначений залежно від цілей, об'єктів та типу бенчмаркінгу, а також наявних ресурсів [3]. Збір інформації різного типу і формату потрібно проводити впорядковано, плануючи заздалегідь тип необхідної інформації. Для оптимізації ресурсів слід підготувати проект блок-схеми процесу об'єкту, що представляє потенційний бенчмарк.

Інструментом дослідження, зазвичай, є анкета або опитувальний лист. Відповідальні за проведення бенчмаркінгу особи повинні скласти шаблони збору даних залежно від ієрархічного рівня об'єкта дослідження. В них мають бути чітко прописані тип, формат і точність необхідних даних [3]. Для забезпечення консенсусу щодо адекватності та повноти анкет і опитувальних листів, їх зміст повинен бути представленим учасникам дослідження.

Збір даних повинен мати постійний характер. Якщо отримати показники важко або дорого, складно забезпечити стабільність процедури бенчмаркінгу протягом тривалого часу.

Часто збір даних є значною проблемою, особливо на нижчих рівнях ієрархії виробничої системи, що обумовлено відсутністю на підприємстві засобів для вимірювання необхідних ПЕЕ. Для аналізу ситуації на підприємстві та оцінки рівня енергоефективності необхідні об'єктивні показники, джерелом яких має стати система моніторингу, побудована на сучасних системах обліку, збору, зберігання і обробки даних. Невід'ємною частиною вирішення питань енергозбереження та отримання необхідної інформації про об'єкт дослідження є енергоаудит підприємства. Його проведення (крім виявлення джерел нерациональних витрат енерго-ресурсів та розробки заходів з енергозбереження) забезпечує можливість визначення низки показників, які не обліковуються існуючими на підприємстві засобами обліку енергоресурсів, але характеризують технічний стан об'єкту та ефективність його функціонування.

Збір інформації повинен проводитися з дотриманням етичних правил бенчмаркінгу. Бенчмаркінг повинен проводитися як відкрите порівняння, а відносини між партнерами бенчмаркінгу будуватися на довірі та відповідальному поведженні з даними. Рішення взяти участь у проекті і забезпечення доступу до інформації ґрунтуються, крім інтересу до обміну інформацією про кращі методи, на гарантії повної конфіденційності. Тобто, ніякі відомості не можуть передаватися третім особам без згоди всіх зацікавлених сторін.

2.2. Верифікація даних. Вся отримана інформація повинна бути всебічно перевірена. Верифікація одержаних даних може бути здійснено шляхом застосування низки статистичних фільтрів. Це дозволить виявити потенційно недостовірні значення показників, перевірити їх та, за потреби, виправити або відхилити. Перевірені значення показників ефективності для забезпечення зручного їх перегляду, оновлення та використання слід занести до спеціально розробленої бази даних. Залежно від наявності достовірних даних, перелік показників енергоефективності та вибірка об'єктів бенчмаркінгу можуть потребувати змін.

2.3. Нормалізація даних. Кожне підприємство або виробнича система унікальна з точки зору географічного положення, особливостей організації технологічного процесу, технологій тощо. Висновки про енергоефективність тих чи інших практик можуть бути некоректними, оскільки, крім впроваджених практик, на показники будуть впливати неконтрольовані фактори. Крім того, показники енергоефективності можуть бути представлені в різних одиницях вимірювання, мати різну шкалу. Для коректного проведення порівняння партнерів бенчмаркінгу необхідно провести нормалізацію показників з метою їх приведення до єдиного стандарту, щоб уникнути плутанини з одиницями вимірювання, а також урахування особливостей об'єктів і аналогів. Для цього використовують загальноприйняті методи, зокрема [3, 9]: експертні методи для ранжирування показників, визначення поправкових коефіцієнтів; метод мінімуму-максимуму; Z-показник (стандартне відхилення від середнього); відмінність від еталону, методи статистичного аналізу тощо.

Система інформаційно-методичного забезпечення бенчмаркінгу енергоефективності як одного з інструментів підтримки і безперервного покращення діяльності у сфері енергозбереження та дієвого механізму підвищення рівня ефективності енергоспоживання є сукупністю різних видів первинної інформації, методик отримання вторинної інформації (верифікації первинної інформації, нормалізації показників тощо), яка є основою для побудови бази даних щодо показників енергоефективності партнерів бенчмаркінгу, необхідної для вирішення поставлених завдань, проведення процедур порівняльного аналізу та оцінювання рівня енергоефективності складної виробничої системи та її об'єктів.

3. Аналіз даних та результати. Аналізування має на меті виявлення можливостей застосування передового досвіду й розроблення рекомендацій з удосконалення об'єкта бенчмаркінгового дослідження на підставі отриманих результатів. Аналіз зібраної інформації та отриманих даних вимагає глибокого розуміння особливостей процесу енергоспоживання в виробничій системі та показників ефективності. На його основі здійснюється перший відбір зразків, які будуть вивчатися і оцінюватися, перш ніж їх можна буде вважати бенчмарками. Аналізування означає усвідомлення подібності і розходження між об'єктами дослідження, розуміння взаємозв'язку між чинниками, що визначають рівень енергоефективності, а також виявлення тих з них, які можуть ускладнити порівняння та фальсифікувати результати. Аналіз даних повинен підтвердити однорідність характеристик партнерів бенчмаркінгу, актуальність бенчмаркінгового дослідження та отриманих результатів, забезпечити достатню інформацію для пояснення відмінностей в енергоефективності між партнерами бенчмаркінгу, створення загальної бази даних, можливість перевірки попередніх результатів порівняльного аналізу енергоефективності [3], можливість врахування додаткової інформації у випадку недостовірності даних або їх відсутності для якогось із партнерів бенчмаркінгу, корекції даних у випадку виявлення їх аномальних значень або результатів порівняння.

На етапі аналізу отримана інформація класифікується та систематизується; виконується представлення інформації в табличній та графічній формі для аналізування ефективності енергоспоживання об'єктів; здійснюється вибір методу порівняння та оцінювання поточного рівня енергоефективності, аналіз його динаміки; формування еталону енергоефективності та визначення лідерів і аутсайдерів; ідентифікація розриву в рівнях енергоефективності та позиціонування об'єкту дослідження; пошук невідповідностей та аналіз причин розриву; виявлення слабких місць об'єкта дослідження; прийняття рішення щодо точки прикладання дій; пошук шляхів та розробка рекомендацій з усунення розриву в енергоефективності [3], а

також оцінюється ступінь досягнення мети і чинники, що визначають результат.

3.1. Вибір еталону. В основі бенчмаркінгу лежить вибір еталону (підприємства, технології, рішення тощо) для порівняння, аналіз його параметрів і розробка рішення. Аналіз сукупності показників енергоефективності партнерів бенчмаркінгу дозволяє визначити та їх еталонні (найкращі) значення та сформувані еталон ефективного енергоспоживання - об'єкт, що описуються сукупністю найкращих значень показників енергоефективності - для проведення подальшого порівняння. Слід зазначити, що еталоном не завжди може виявитись реальний об'єкт, це може бути ідеал, якого необхідно прагнути, що не існує насправді.

3.2. Порівняння та оцінювання. Бенчмаркінг в однаковій мірі передбачає оцінювання та порівняння. Бенчмаркінг-дослідження повинне забезпечити порівняння об'єктів одного ієрархічного рівня всередині підприємства (внутрішній бенчмаркінг), а також порівняння аналогічних об'єктів інших підприємств або підприємств в цілому (зовнішній бенчмаркінг). Результати порівняння даних мають бути оцінені та інтерпретовані. Оцінювання є ключовою функцією та фактором успішного проведення бенчмаркінгу. У даному контексті оцінювання виступає як систематичний збір інформації, необхідної для прийняття ефективних рішень щодо відбору, адаптації, поліпшення процесу енергоспоживання у виробничій системі та її об'єктів. Оцінювання рівня енергоефективності слід виконувати з урахуванням кращих власних показників, кращих показників інших підприємств, середніх показників в галузі.

Оцінювання передбачає, перш за все, визначення рейтингів, надання їм кількісної чи якісної оцінки. Одним із способів оцінювання рівня енергоефективності є визначення рейтингу об'єкту на основі багатомірного порівняння групи об'єктів, яке передбачає урахування сформованої сукупності показників енергоефективності, визначення їх еталонних значень, формування «зразка» енергоефективності та визначення відстаней до нього, сприяє виявленню кращих (гірших) з точки зору ефективності енергоспоживання об'єктів [10].

3.3. Позичування об'єкту дослідження та визначення лідерів та аутсайдерів. Визначення рейтингу дозволяє позиціонувати об'єкт дослідження серед групи однотипних та визначити лідерів та аутсайдерів. Лідером слід вважати об'єкт (групу об'єктів), показники енергоефективності якого найменше відрізняються від еталонних значень, а аутсайдером - об'єкт (групу об'єктів), показники енергоефективності якого найбільше відрізняються від еталонних значень.

Групування партнерів бенчмаркінгу за їх схожістю щодо ефективності використання енергоресурсів забезпечує можливість формування груп однотипних об'єктів та дозволяє позиціонувати об'єкт в групі. Це, в свою чергу, дає змогу виявити лідерів та аутсайдерів в групі, тобто визначити «кращих серед кращих», «гірших серед кращих», «кращих серед гірших» тощо, а також визначити середні показники енергоефективності в групі. Таке позиціонування об'єктів в групах забезпечує можливість встановлення більш «досяжних еталонів» для прийняття рішення щодо першочергових заходів, спрямованих на підвищення ефективності енерговикористання, оскільки не кожен з партнерів бенчмаркінгу відразу може досягнути рівня енергоефективності абсолютного лідера. Крім того, групування об'єктів дослідження за рівнем енергоефективності дозволяє виконати рейтингування груп, визначити відмінність у ефективності енерговикористання між групами, а також сформувані еталон як збірний образ кращих практик об'єктів, що входять у групу з вищим рейтингом.

3.4. Ідентифікація розриву. Даний етап передбачає визначення відстаней від об'єкту до лідера або від об'єкту до лідера групи, тобто розриву між партнерами бенчмаркінгу та його інтерпретацію, а також виявлення причин, що зумовили розрив, сильних та слабких сторін.

Під розривом розуміється різниця між справжнім станом об'єкту та станом, в якому хотілося б перебувати. Розрив може бути позитивним, нульовим і негативним. При ретельному виборі партнера і акуратно зібраних даних позитивні розриви виникають не часто. Нульовий розрив свідчить про те, що об'єкт дослідження знаходиться на рівні партнера бенчмаркінгу. Використовуючи інформацію, зібрану в процесі порівнянь, нульовий

розрив можна перетворити на позитивний. Негативний розрив - це нормальний результат хорошого процесу порівняння. Це заклик до дій та впровадження плану поліпшень.

Аналіз розриву між досліджуваними об'єктами можна здійснювати як із позицій поточного стану справ, так і з позиції тенденцій зміни рівня енергоефективності упродовж певного проміжку часу. Після виявлення розриву команда з бенчмаркінгу повинна проаналізувати впливові фактори, характер їх взаємозв'язку та побудувати прогноз на перспективу. Щоб ідентифікувати розриви, достатньо перебрати всі показники енергоефективності та порівняти їх значення з аналогами. Значно складніше провести якісний аналіз і встановити причини розриву, щоб намітити шляхи поліпшень.

3.5. Виявлення причин неефективного енергоспоживання. Результати бенчмаркінгу допомагають виявити прогалини в енергоефективності порівняно з іншими. Проте лише оцінити розриви недостатньо. Аналіз вихідного стану та умов функціонування лідерів (бенчмарків) та особливостей організації їх режимів роботи та процесу енергоспоживання дозволить визначити «кращі практики» енергоефективності та зрозуміти, як лідери досягають своїх показників і які можливості застосування їх практики в енергозбереженні.

Наступним кроком є визначення масштабу та природи проблеми з метою виявлення причин різниці в енергоефективності та шляхів її покращення. Для цього необхідним є аналіз та розуміння заходів, завдяки яким кращі об'єкти досягли успіху. В нагоді можуть стати методи оцінювання рівня енергоефективності, засновані на засадах багатокритерійної класифікації можливих станів об'єкту за окремими класифікаційними характеристиками енергоефективності, які мають вербальні оцінки та агрегуються в складові критерії вищих рівнів, що забезпечує формування ієрархічної системи класифікаційних критеріїв для комплексного оцінювання рівня енергоефективності. На основі побудованих градацій шкали оцінок виконується визначення належності об'єкту дослідження до одного з впорядкованих за рівнем ефективності енерговикористання класів по кожному з критеріїв, що не лише забезпечує оцінку його фактичного рівня енергоефективності, а й сприяє виявленню недоліків в організації технологічного процесу [11].

3.6. Розробка плану заходів з метою підвищення рівня енергоефективності Результатом процесу бенчмаркінгу повинно бути не тільки виявлення проблем чи недоліків, а й встановлення чітких шляхів їх подолання з використанням можливих засобів. На основі інформації, зібраної в процесі бенчмаркінгу, та отриманих результатів по кожному об'єкті бенчмаркінгу щодо наявних розривів і виявлення їх причин мають бути розроблені чіткі, практичні, детальні рекомендації стосовно прийняття управлінських рішень та пріоритезація заходів для впровадження. Бенчмаркінг повинен стимулювати не лише разову ідентифікацію і впровадження кращої практики, а й постійний пошук проблем і напрямків удосконалення з метою підвищення рівня енергоефективності. При цьому слід враховувати, що партнер по бенчмаркінгу теж буде удосконалюватись.

Етап розробки плану заходів розпочинається зі складання плану впровадження змін для досягненню цільових показників енергоефективності - «дорожньої карти», яка має бути узгоджена зі стратегічними пріоритетами підприємства та розроблена у відповідності його енергетичної стратегії. На її основі вибираються пріоритетні за ступенем їх впливу на енергоефективність процеси для підвищення енергоефективності об'єкту бенчмаркінгу [6].

На цьому етапі розробляються довгострокові та короткострокові плани, які повинні враховувати стратегію бенчмаркінгу та повторюваний характер процесу порівняння. При цьому визначають не лише конкретні коригувальні дії, а й те, які кроки необхідні для здійснення цих змін і оцінки їх ефективності. Необхідно визначити темпи поліпшень, які мали місце в минулому, спрогнозувати зростання енергоефективності після поліпшень. Створення бази даних за оцінками ПЕЕ, усвідомлення причини розбіжності між партнерами бенчмаркінгу дозволяє оцінити різні альтернативи, щоб встановити оптимальні за затратами на їх впровадження рішення для досягнення майбутнього стану. Визначивши оптимальне рішення про майбутній стан, група бенчмаркінгу об'єкта повинна зосередити свої зусилля на розробці плану його здійснення. Зміни повинні проводитися в певній послідовності, щоб

кожну окрему зміну можна було оцінити незалежно від інших. Слід простежити, щоб зміни в об'єкті бенчмаркінгу не чинили негативного впливу на інші об'єкти виробничої системи.

4. Звітність. Представлення результатів бенчмаркінгу є одним із основних завдань. Результати бенчмаркінгу важливо правильно подати. Дані, рецензія у пресі, доповіді мають чітко та зрозуміло доносити інформацію. Ці завдання ефективно вирішуються за допомогою графічних об'єктів, що дозволяють стисло представити інформацію, яку складно передати словами, та дають досліднику шанс підвищити ефективність сприйняття рекомендацій.

Звітність передбачає опис результатів бенчмаркінгу енергоефективності, включаючи найкращий практичний досвід, а сам звіт повинен містити мету (цілі), межі, предмет, тип, об'єкт бенчмаркінгового дослідження; результати збору даних та їх порівняльного аналізу у вигляді таблиць, графіків, кривих бенчмаркінгу або діаграм, логічних схем, карт тощо, а також аналіз труднощів, що виникли під час проведення дослідження; обґрунтування щодо вибору поправкових коефіцієнтів та їх значень; кращі практики енергоефективності, які повинні бути задокументовані з урахуванням можливості їх використання для поліпшення енергоефективності об'єкту бенчмаркінгу [3]. Обов'язковим є дотримання конфіденційності.

5. Моніторинг та дії. На цьому етапі розробляється план впровадження запланованих заходів, процедура спостереження, аналізу, оцінювання та контролювання впливу результатів впровадження на рівень енергоефективності об'єкта (моніторинг прогресу), виявлення нових проблем для їх майбутнього вирішення і планування подальших бенчмаркінгових досліджень (калібрування бенчмаркінгу). При цьому повинна бути продумана система вимірювань та звітності для моніторингу прогресу. Контроль за прогресом під час впровадження результатів бенчмаркінгу повинен відбуватися в двох площинах: по-перше, необхідно здійснювати моніторинг показників енергоефективності об'єкту дослідження та всієї виробничої системи і, по-друге, необхідно перевіряти досягнення проміжних цілей, визначених стратегією підприємства, дотримання планів впровадження запланованих заходів щодо використання ресурсів та термінів. Якщо спостереження виявили проблему в деякій сфері, необхідно якнайшвидше скоригувати дії. Якщо при впровадженні плану значних проблем не виникає, увага повинна бути приділена системі заохочення учасників процесу енергоспоживання до його подальшого удосконалення. Після досягнення мети виявляються нові проблеми для їх вирішення, і процедура бенчмаркінгу повторюється. Процес бенчмаркінгу замикається, тим самим забезпечуючи постійність та безперервність процесу вдосконалення.

Робота з реалізації результатів бенчмаркінгу повинна бути спрямована не лише на нейтралізацію слабких сторін об'єкту дослідження на основі адаптації та використання передового досвіду кращих практик ефективного енергоспоживання шляхом впровадження розроблених рекомендацій щодо підвищення рівня енергоефективності об'єкта дослідження, а й на подальше удосконалення виробничої системи. Головним завданням удосконалення є вибір методологій та інструментів, які містять складову постійного удосконалення. Необхідно домогтися, щоб створений процес міг визначити, коли почнеться негативне зрушення в характеристиках об'єкта бенчмаркінгу. Це вимагає постійного оновлення бази даних об'єкта бенчмаркінгу; регулярної перевірки, чи мають ще силу виявлені найкращі практики енергоефективності, та безперервного удосконалення об'єкту дослідження.

Висновки

Запропоновані принципи реалізації механізму бенчмаркінгу енергоефективності базуються на урахуванні основних рекомендацій щодо його методології. Проте, деталізація основних етапів його проведення як систематичної циклічної процедури орієнтована не лише на нейтралізацію слабких сторін об'єкту дослідження, а на постійне та безперервне удосконалення виробничої системи та її об'єктів, що вимагає обов'язкового моніторингу прогресу, тобто організації процедур контролювання результатів впровадження заходів з підвищення енергоефективності та досягнення мети, виявлення нових проблем для їх вирішення і планування бенчмаркінгових досліджень на систематичній основі.

Список використаної літератури:

1. Розен В. П. Методологія бенчмаркінгу енергоефективності для промисловості України / В. П. Розен, Б.

Л. Тишевич, П. В. Розен // Энергосбережение: Энергетика: Энергоаудит. – 2012. – № 06 (100). – С. 9–19.

2. Benjamin Sontag. Energy-benchmarking within companies: insights from benchmarking practice / Benjamin Sontag, Simon Hirzel, Oliver Bender, Hans Kloos, Michael Laubach, Rolf Walkötter, Clemens Rohde.// ECEEE – 2014. Industrial summer study – retool for competitive and sustainable industry. – 2014. – P. 637–646.

3. FprEN16231:2012 Energy Efficiency Benchmarking Methodology, Brussels, CEN-CENELEC Management Centre, Ahril, 2012.

4. Давыденко Л. В. Формирование системы показателей для бенчмаркинга энергоэффективности объектов коммунальной энергетики / Л. В. Давыденко // Problemele energeticii regionale. – 2015. – № 1 (27). – С. 58–70.

5. Кузьмин А. М. Бенчмаркинг / А. М. Кузьмин // Методы менеджмента качества. – 2007. – № 2. – С. 71.

6. Ованесов А., Бенчмаркинг в энергетике / А. Ованесов, Е.Киселева – Режим доступа: // http://iteam.ru/publications/strategy/section_16/article_4583

7. Розен В. П. Модель оцінки ефективності використання планової величини електричної потужності промислових підприємств / В. П. Розен, Г. В. Курбака, С. М. Мильніченко // Вісник ЧДТУ. – 2013. – № 3. – С. 56–60.

8. Рубан-Максимець О. О. Особливості розрахунку показників енергетичної ефективності на базі статистичної звітності України / О. О. Рубан-Максимець // Проблеми загальної енергетики. – 2009. – № 20. – С. 21–26.

9. Лафлер Бренда. Бенчмаркинг: ефективність українських міст і областей : посібник / Бренда Лафлер.// Проект “Розбудова спроможності до економічно обґрунтованого планування розвитку областей і міст України” – К., 2012. – 44 с. – Режим доступа: http://www.academy.gov.ua/doc/mijnar_spivrob/mizhnar_proekt/pdf/reop/Benchmarking_Manual-UKR.pdf

10. Давиденко Л. В. Оцінювання рівня енергоефективності об’єктів складних енерготехнологічних систем як задача багатомірного порівняння / Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Випуск 116 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ, 2011. – С.76–78.

11. Давиденко В. А., Давиденко Л. В. Оцінювання рівня енергоефективності складних виробничих систем з позицій багатокритерійної класифікації // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Випуск 142 „Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України”. – Харків: ХНТУСГ. – 2013.– С.6–8.

References:

1. V. Rosen, B. Tyshevych, P. Rosen (2012), Methodology of benchmarking of energy efficiency for the industry of Ukraine [Metodologiya benchmarkingu energoefektyvnosti dlia promyslovosti Ukrainy], *Energy saving: Power engineering: Energy audit.*, No. 6, P. 9–19.

2. Benjamin Sontag, Simon Hirzel, Oliver Bender, Hans Kloos, Michael Laubach, Rolf Walkötter, Clemens Rohde (2014), Energy-benchmarking within companies: insights from benchmarking practice, *ECEEE. Industrial summer study – retool for competitive and sustainable industry*, P. 637–646.

3. Energy Efficiency Benchmarking Methodology, FprEN16231:2012, Brussels, CEN-CENELEC Management Centre, Ahril, 2012, P.24.

4. L. Davydenko (2015), Indicators system creation for the energy efficiency benchmarking of municipal power system facilities [Formirovanie sistemy pokazateley dlia benchmarkinga energoeffektivnosti obektov kommunalnoi Energetiki], *Problemele energeticii regionale*, no. 1 (27), P. 58–70.

5. A. Kuzmin (2007) Benchmarking [Benchmarking], *Methods of Quality Management*, no2, P. 71.

6. A. Ovanesov, E.kiselova Benchmarking in Energy [Benchmarking v enerhetike] Available at: http://iteam.ru/publications/strategy/section_16/article_4583

7. V. Rosen, H. kurbaka, S. Mylnichenko (2013) The model evaluate efficiency of using the planned amount of electric power industrial enterprises [Model otsinky efektyvnosti vykorystannia planovoi velychyny elektrychnoi potuzhnosti promyslovykh pidpriemstv], *Transactions ChDTU*, No.3, P. 56–60.

8. O. Ryban-Maksymets (2009) The features energy efficiency indicators of calculation on the basis of statistical reports of Ukraine [Osoblyvosti rozrahunku pokaznykiv energetychnoi efektyvnosti na bazi statystychnoi zvitnosti Ukrainy], *The power engineering problems*, No. 20, P.21–26.

9. Brenda Lafleur (2012), Benchmarking: Efficiency of Ukrainian cities and regions: manual [Benchmarking: efektyvnist Ukrainських mist I oblastei], Kyiv, 2012. Available at: http://www.academy.gov.ua/doc/mijnar_spivrob/mizhnar_proekt/pdf/reop/Benchmarking_Manual-UKR.pdf.

10. V. Davydenko, L. Davydenko (2011) The energy efficiency level evaluation of complex energotechnological system object as problem multidimensional comparative [Otsiniuvania rivnia enerhoefektyvnosti obiektiv skladnykh enerhotekhnolohichnykh system yak zadacha bahatomirnoho porivniannia], *Transactions KhNTUSH. Technical sciences*, Vol. 116 , P. 76–78.

11. V. Davydenko, L. Davydenko (2013), Assessment level energy efficiency of complex manufacturing systems with position classification multicriterial [Otsiniuvania rivnia enerhoefektyvnosti skladnykh vyrobnychkh system z pozytsii bahatokryteriinoi klasyfikatsii], *Transactions KhNTUSH. Technical sciences*, Vol. 142 , P. 6–8.

Поступила в редакцию 16.10 2015 г.