

УДК 005:621.311.1

Ачкасов Ігор АнатолійовичКандидат технічних наук, докторант кафедри управління проектами, orcid.org/0000-0002-7049-0530
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛІВ ПРОЕКТІВ ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Анотація. Розглянуто концептуальну модель формування портфеля проектів зменшення втрат електроенергії у електричних мережах в умовах невизначеності (спостережності, неверифікованої інформації та недосконаlosti методів оцінки технологічних втрат). Визначено принципи та методи формування портфеля проектів зменшення втрат в електричних мережах. Такими принципами є: принцип поелементних розрахунків, принцип характерних режимів, принцип характерних діб, принципи, в яких використовують кількість годин найбільших втрат, принцип середніх навантажень. Залежно від повноти інформації про навантаження елементів електричної мережі за розрахунковий період для розрахунків навантажувальних втрат використовуються різні методи формування портфелів проектів зменшення втрат у електричних мережах. Для вирішення проблем неповноти та недостовірності інформації автором пропонується застосування квантових алгоритмів, які забезпечать необхідний рівень спостережності на основі пофідерного аналізу. Визначено метод на базі α -рівневого узагальнення. На базі цього методу наведені основні алгебраїчні дії над нечіткими числами, у вигляді яких можна представити напруги у вузлах та струми навантаження, які, зазвичай, для мереж низьких напруг носять характер невизначеності. Запропоновано метод оцінки втрат електроенергії в мережах низької напруги, для яких характерна велика кількість елементів. Метод базується на використанні нечіткої кластеризації. Для проведення кластеризації об'єктів використано метод нечітких c -середніх.

Ключові слова: концептуальна модель; портфель проектів; втрати електроенергії; принципи зменшення втрат; квантова модель; кластеризація

Вступ

Однією з умов інтеграції України у Європейське співтовариство є ефективне використання енергоресурсів, одним з яких є електроенергія. Саме витрати електроенергії на її транспортування від електростанцій до споживачів в Україні значно перевищують аналогічний показник країн Західної Європи. Особливо це стосується розподільних електричних мереж 0,38 кВ, витрати в яких на сьогодні сягають 30% в деяких регіонах країни [1], що є результатом неефективності проектів їх зменшення.

Основними причинами неефективності проектів зменшення витрат електроенергії на її транспортування в розподільних мережах 0,38 кВ є:

- низький рівень спостережності електричних мереж цього класу напруг, що зумовлює низьку якість вхідної інформації про режимні параметри, та наявність необлікованих споживачів [3];
- відсутність методів верифікації вихідної інформації [4];
- недосконалість методів розрахунку технологічних витрат електроенергії, а саме в частині їх точності, адекватності та можливостей

щодо аналізу чутливості втрат в задачах їх зниження [5] та ін.

Одним зі шляхів вирішення цих проблем є розробка нових або вдосконалення наявних методів управління портфелями проектів щодо зниження втрат електроенергії в низьковольтних електричних мережах.

Мета статті

Метою та завданнями публікації є побудова концептуальної моделі формування портфелів проектів зменшення втрат електроенергії з урахуванням рівня спостережності, принципів формування портфеля та методів розрахунку втрат й верифікації наявної інформації.

Виклад основного матеріалу

1. Концептуальна модель системи портфельного управління зменшенням втрат енергомереж

Концептуальне моделювання портфельного управління зменшенням втрат електромереж пов'язане з необхідністю урахування взаємозв'язку операційної діяльності та управління розвитком організації. При цьому стратегія та цілі організації

пов'язані зі збалансованим управлінням портфелем проектів та операційною діяльністю на основі єдиних організаційних ресурсів. Загальна модель системи управління наведена на рисунку.

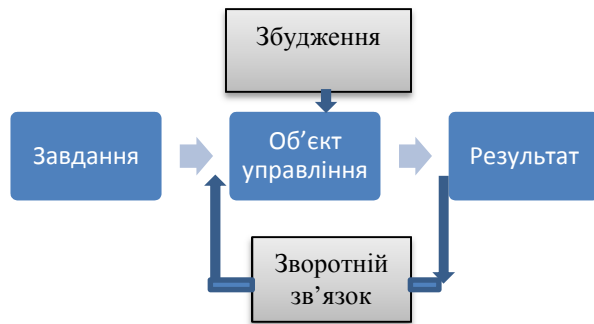


Рисунок – Загальна модель системи управління

Наведена типова модель системи управління інтерпретує «Об'єкт управління» у вигляді портфеля проектів зменшення втрат електроенергії. На вхід системи управління подається завдання ТОП менеджменту організації. На виході отримуємо результати впровадження проектів портфеля. При цьому відхилення та збудження від завдання регулюються зворотнім зв'язком.

Розглянемо ключові проблеми та принципи формування портфеля проектів зменшення втрат електроенергії як об'єкта управління. Одна з базових проблем є урахування низького рівня спостерженості низьковольтних електричних мереж. Для вирішення цієї проблеми широкого застосовується принцип розрахунку втрат електроенергії, де вся електрична мережа зводиться до одного елемента – еквівалентного опору. Адекватність та точність вирішення даної проблеми підсилюється за рахунок використання коефіцієнтів, які відображають вплив того чи іншого фактора. Значення коефіцієнтів впливу зазвичай визначаються за допомогою статистичної інформації у вигляді їх середніх значень, що значним чином спотворює реальне значення втрат. Недоліком такого вирішення проблеми є також неможливість виявлення окремих ділянок мережі з підвищеним значенням втрат і неможливість розробки проектів з їх зниження засобами аналізу чутливості. Втрати електроенергії в електричних мережах стали одним з важливих показників економічності роботи енергопостачальних компаній, характерним показником технічного стану електромереж, метрологічної відповідності розрахункових засобів вимірювальної техніки, ефективності функціонування енергетичного нагляду та збутової діяльності в електроенергетичній галузі. Незадовільний стан електричних мереж, їх невідповідність режимам електроспоживання, а також низький рівень

точності приладів обліку призводять до значного зростання втрат електроенергії, що є предметом розгляду дослідження автора.

Враховуючи складність та велику кількість проблем, які розв'язуються в проектах зменшення втрат електроенергії в розподільних електричних мережах, постала першочергова необхідність у створенні комплексної системи проектів зі зменшення втрат електроенергії з урахуванням особливостей вітчизняної економіки. З метою повного розуміння існуючих проектів необхідно провести повний аналіз основних етапів розв'язку задач зменшення втрат електроенергії в розподільних електричних мережах та різних підходів щодо вирішення проблем кожного з цих етапів.

Як відомо, вирішення проблеми зменшення втрат електроенергії складається з шести етапів: збирання необхідної інформації; розрахунок втрат як показника роботи енергопостачальної компанії та перевірка достовірності цих розрахунків; виявлення місць з підвищеним значенням втрат електроенергії; вибір ефективних проектів щодо їх зниження та проведення ретроспективного аналізу роботи енергосистем щодо ефективності впроваджуваних ними проектів; прогнозування втрат в енергосистемі.

Методи розрахунку або оцінки втрат електроенергії передбачають визначення технологічної складової, а саме всіх її частин. Комерційна складова визначається як різниця між фактичними і технологічними втратами електроенергії. Точне визначення всіх складових втрат є запорукою точного збалансування режиму.

Кожний метод розрахунку втрат електроенергії передбачає використання певного об'єму інформації про режим та обладнання електричних мереж. За таких умов збирання необхідної достовірної інформації для моделювання електричного режиму та визначення в подальшому втрат електроенергії є одним з визначальних етапів вирішення проблеми їх зменшення. Отже саме через недосконалість систем обліку електроенергії (похибка обліку складає 10–15%), яка споживається, майже всі енергопостачальні компанії України довгий час були збитковими підприємствами [8; 10]. Через це питання достовірності інформації про режим електричних мереж є досить актуальним не тільки в задачах оптимального керування, але і в задачах встановлення реального тарифу за спожиту електроенергію та, в подальшому, в задачах вибору оптимальних засобів зменшення втрат електроенергії.

Всю інформацію про режим мережі можна умовно розділити на детерміновану та вірогідну. Детермінована інформація – це паспортні дані

обладнання, кількість генеруючого обладнання та ЛЕП, довжина ЛЕП. Під імовірнісною інформацією розуміють дані про режимні параметри мережі. Наприклад, навантаження споживачів, потужність генерування, значення напруги у вузлах.

Залежно від ступеня повноти та достовірності отриманої інформації будується з відповідною точністю модель електричних мереж та використовується відповідний метод розрахунку режиму електричної мережі. Якість цієї інформації визначається за такими класичними критеріями, як інформаційна і методична похибки.

Для низьковольтних електричних мереж, тобто мереж побутових споживачів є проблема надходження повної і достовірної інформації для розрахунків втрат електроенергії. Ця проблема вирішується енергопостачальними компаніями поступово заміною всіх електромагнітних лічильників на електронні, які мають більший клас точності, деякі з них можуть передавати дані про графік споживання електроенергії засобами вбудованого модему.

Створення автоматизованої системи АСКОЕ для цього класу напруги є надто капіталомістким проектом для енергопостачальних компаній і може бути виконаний лише як окремий рівень для вирішення задач обліку електроенергії, яка відпускається споживачу та подальшого розрахунку втрат електроенергії в межах вирішення задачі точного обліку електроенергії. Пропонується встановлювати електронні лічильники з вбудованим модемом для функціонування АСКОЕ за рахунок споживачів.

За наявності інформації про навантаження у вітках, яка надходить в обчислювальний центр від системи телевимірювання, задача розрахунку втрат електроенергії зводиться до сумування втрат потужності в кожному з розрахованих режимів. Відомо, що засобами телевимірювання сьогодні оснащені навіть не всі транзитні мережі 110 кВ. Тому для розподільних мереж менше 110 кВ задача розрахунку втрат електроенергії за період T базується на розрахунку втрат потужності для обмеженої кількості режимів. В цьому випадку втрати потужності помножують на визначені тим або іншим способом інтегруючі множники, чисельні значення яких розраховуються на базі даних про графіки навантаження.

З використанням даних телевимірювання проводяться оперативні розрахунки, а з використанням інтегруючих множників – аналітичні. В окрему групу зводяться розрахунки втрат за узагальненими параметрами – оціночні розрахунки.

Наведемо характеристику методів розрахунків втрат електроенергії та засоби підвищення точності

оціночних розрахунків втрат в розподільних низьковольтних мережах.

Оціночні методи розрахунку використовують під час розв'язку задач пов'язаних з прогнозуванням, нормуванням, а також з визначенням фактичних втрат в низьковольтних електричних мережах, де спожита електроенергія кожним споживачем визначається за сплаченими рахунками, тобто існує невизначеність вихідної інформації.

Нормування – це процедура встановлення для розрахункового періоду нормального за економічними критеріями рівня втрат, значення якого визначають на базі розрахунків втрат, аналізуючи можливості зниження в запланованому періоді. Узагальнені показники, які використовуються в оціночних моделях нормативу втрат електроенергії, повинні базуватися на офіційних звітних даних за минулий розрахунковий період. Методи прогнозування втрат електроенергії за змістом не відрізняються від методів нормування. Відмінністю цих розрахунків є подальше використання їх результатів.

В окрему групу можна звести оцінювання фактичних втрат електроенергії в розподільних мережах низької напруги. Метою цих розрахунків є визначення місць з підвищеним значенням втрат та складання попередніх балансів електроенергії.

2. Принципи формування портфеля проектів зменшення втрат в електричних мережах

Залежно від повноти інформації про навантаження елементів електричної мережі за розрахунковий період для розрахунків навантажувальних втрат можуть використовуватись такі принципи:

1. Принцип поелементних розрахунків;
2. Принцип характерних режимів;
3. Принцип характерних діб;
4. Принципи, в яких використовують кількість годин найбільших втрат;
5. Принцип середніх навантажень.

Ці принципи передбачають проведення електричних розрахунків мережі при заданих значеннях параметрів схеми і навантажень. Ці принципи називають схемотехнічними.

Також набуло широкого застосування в задачах моделювання параметрів розподільних електричних мереж 110-35-10 кВ нейроматематичне моделювання, яке полягає в застосуванні штучних нейронних мереж, що попередньо навчаються методами математичного моделювання.

Нейроматематичне моделювання на відміну від звичайних штучних нейронних мереж, нечіткої логіки та нейро-нечіткого моделювання має важливу перевагу – пристосованість до

використання в процесі навчання штучних нейронних мереж раніше розроблених математичних моделей розрахунку та аналізу параметрів усталеного режиму, які, в умовах достатньої кількості вихідної інформації від засобів обліку, мають незначну похибку. Додатково нейроматематичне моделювання враховує зміну топології електричної мережі.

Тому подальший розвиток цього напрямку полягає в адаптації наявних принципів та методів розрахунку, а саме поелементних розрахунків втрат електроенергії, тобто створення цілої системи, в якій буде збиратися інформація про поточний режим, перевірятися її достовірність, проводитися розрахунок втрат електроенергії та їх аналіз, визначатися проекти щодо їх зниження та, в подальшому, навіть проводитися компетентнісне управління портфелями проектів [9].

Саме для електричних мереж низької напруги характерна велика кількість комутаційних перемикачів, велика щільність та протяжність ліній, що з'єднують споживачів. Тому закономірно, що інформація про режимні параметри цих мереж найменш повна і достовірна. Для вирішення проблем неповноти та недостовірності інформації автором пропонується застосування квантових алгоритмів, які забезпечать необхідний рівень спостережливості на основі пофідерного аналізу.

Зазвичай для оцінки втрат електроенергії в мережах цього класу напруг використовують дві групи методів: група методів оцінювання втрат електроенергії за схемними параметрами мережі та відпуском електроенергії в головну ділянку фідера; метод оцінювання втрат електроенергії за втратами напруги та метод за сумарною довжиною ліній. Існують також і інші методи оцінювання, але використання їх на практиці не поширено. Крім того, класифікацію методів оцінювання можна виконувати за територіальними ознаками: методи оцінювання втрат в міських мережах та методи оцінювання втрат в мережах сільських територій.

Використання математичної статистики дає можливість систематизувати, обробляти та використовувати статистичні дані для наукових та практичних висновків. Наприклад, пропонується для визначення втрат електроенергії в розподільних мережах використовувати мультиплікативні моделі

$$y = b_0 \left(\prod_{i=1}^m x_i b_i \right) \varepsilon,$$

де b_0 , b_i , – коефіцієнти регресії; m – кількість факторів; ε – випадкова похибка.

Однак широкого застосування ця математична модель не набула.

Регресійні залежності практично не використовуються через недостатню точність результатів розрахунку.

В практиці застосовуються два методи оцінювання втрат електроенергії в електричних мережах 10 та 0,38 кВ, які, на відміну від наявних узагальнених математичних моделей розрахунку втрат, мають більш гладкі апроксимуючі властивості.

Перший метод базується на використанні α -рівневого принципу узагальнення. На базі цього принципу визначені основні алгебраїчні дії над нечіткими числами, у вигляді яких можна представити напруги у вузлах та струми навантаження, які, зазвичай, для мереж низьких напруг носять характер невизначеності.

Метод оцінювання втрат електроенергії використовує такі вихідні дані: струм в голові фідера; максимальне навантаження кожного вузла; частки категорій навантаження в кожному вузлі; типові графіки навантаження різних категорій споживачів.

Метод призначений для оцінки втрат електроенергії в мережах низької напруги, для яких характерна велика кількість елементів. Метод базується на використанні нечіткої кластеризації.

Для проведення кластеризації об'єктів автор використовує метод нечітких c -середніх.

Перший крок. Встановити параметри алгоритму: c – кількість кластерів; m – експоненціальна вага; ε – параметр зупинки алгоритму.

Другий крок. Випадковим чином згенерувати матрицю нечіткого розбиття F .

Третій крок. Розрахувати центри кластерів:

$$V_i = \frac{\sum_{k=1, N} (\mu_{ki})^m x_k}{\sum_{k=1, N} (\mu_{ki})^m} \quad i = \overline{1, C},$$

де μ_{ki} – функції належності об'єкта X_k i -м кластерам.

Четвертий крок. Розрахувати відстані між об'єктами X та Центрами кластерів:

$$D_{ki} = \sqrt{\|X_k - V_i\|^2}, \quad k = \overline{1, M}, \quad i = \overline{1, C}.$$

П'ятий крок. Перерахувати елементи матриці нечіткого розбиття $i = \overline{1, C}, k = \overline{1, M}$.

$$\text{Якщо } D_{ki} > 0 \text{ то } \mu_{ki} = \frac{1}{(D_{ki}^2 \sum_{j=1, C} \frac{1}{D_{jk}^2})^{1/(m-1)}}.$$

Якщо $D_{ki} = 0$, то елементи матриці нечіткого розбиття залишаються попередніми.

Шостий крок. Перевіряється умова $\|F - F^*\| < \varepsilon$, F^* – матриця нечіткого розбиття на попередній ітерації алгоритму.

Основою ідеєю методу полягає у тому, що з усієї множини електричних мереж низької напруги формується вибірка 15-20%, для якої робляться додаткові вимірювання величин для проведення розрахунку втрат електроенергії за відомими методами. Потім проводиться кластеризація

елементів вибірки за алгоритмом, що наведений вище. Наступна операція полягає у розбитті на класи інших 80-85% електричних мереж з урахуванням центрів кластерів з попереднього кроку (на даному етапі у вигляді атрибуту не враховуються втрати електроенергії). На останньому етапі розраховуються ті характеристики, яких не вистачало для розрахунку втрат електроенергії у 80-85% електричних мереж за допомогою перемноження величин характеристик центрів кластерів на функції належності електричних мереж, для яких не розраховані втрати.

Метод потребує наявності вихідних даних про довжини ліній, кількість ділянок лінії, кількість споживачів, переріз проводів та максимальні навантаження трансформаторів. Враховуючи, що точність цього методу залежить від вихідної інформації, доцільність його використання потребує проведення додаткових досліджень.

Висновки

Впровадження кожного з проектів портфеля повинно бути підтверджене економічними та технічними розрахунками, з урахуванням таких питань, як надійність постачання електроенергії та її якість.

Першими необхідно впроваджувати організаційні проекти, які не потребують залучення великих обсягів коштів. Потім необхідно впроваджувати більш капіталомісткі проекти по заміні вимірювальної техніки та основного обладнання. Вирішення означеної задачі можливе, на нашу думку, за рахунок використання засобів управління проектами. Тобто розробка системного підходу до використання проектів щодо зниження втрат електроенергії в низьковольтних мережах має здійснюватись шляхом формування портфеля проектів.

Список літератури

1. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / [В. Э. Воротницкий, Ю. С. Железко, В. Н. Казанцев и др.]; под ред. В. Н. Казанцева. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 366 с.
2. Стандарт управления портфелями. Второе издание. – РМІ, 2008. – 144с.
3. Казанцев В. Н. Методы расчета и пути снижения потерь энергии в электрических сетях – Свердловск: Издание УПИ, 1983. – 82 с.
4. Железко Ю. С. Выбор мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю. С. Железко – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 172 с.
5. Адизес И. Интеграция: Выжить и стать сильнее в кризисные времена / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. – 128 с.
6. Пригожин А. И. Методы развития организаций. – М.: МЦФЭР, 2003. – С. 93 – 104.
7. Ярошенко Ф.А., Бушуев С.Д., Танака Х. Руководство инновационными проектами и программами на основе системы знаний Р2М. – К.: Саммит-Книга, 2012. – 272 с.
8. Азаров М.Я., Ярошенко Ф.О., Бушуев С.Д. Инновационные механизмы управления программами развития. – К.: Саммит-книга, 2011. – 564 с.
9. Бушуев С.Д., Бушуева Н.С. Основы профессиональных знаний и система оценки компетенции проектных менеджеров. – К.: ІРДІУМ, 2010. – 225 с.
10. Имаи Масааки Гембакайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 346 с.

Стаття надійшла до редколегії 14.03.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.Д. Бушуев, Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ.

Ачкасов Игорь Анатольевич

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры управления проектами, orcid.org/0000-0002-7049-0530
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ

Аннотация. Рассматривается концептуальная модель формирования портфеля проектов уменьшения расхода электроэнергии в электрических сетях в условиях неопределенности (наблюдаемости, неверифицированности информации и несовершенства методов оценки технологических потерь). Определены принципы и методы формирования портфеля проектов уменьшения потерь в электрических сетях. Такими принципами являются: принцип поэлементного расчета; принцип характерных режимов; принцип характерных суток; принципы, использующие количество часов с наибольшими потерями; принцип средних нагрузок. В зависимости от полноты информации о нагрузках элементов электрической сети за расчетный период для расчетов нагрузочных потерь используются различные методы формирования портфелей проектов уменьшения потерь в электрических сетях. Для решения

проблем неполноты и недостоверности информации автором предлагается применение квантовых алгоритмов, которые обеспечат необходимый уровень наблюдаемости на основе пофидерного анализа. Определен метод на базе α -уровневого обобщения. На базе этого метода приведены основные алгебраические действия над нечеткими числами, посредством которых можно представить напряжения в узлах и токи нагрузки, которые, как правило, для сетей низкого напряжения несут характер неопределенности. Предложен метод оценки потерь электроэнергии в сетях низкого напряжения, для которых характерно большое количество элементов. Метод основан на использовании нечеткой кластеризации. Для проведения кластеризации объектов автор использует метод нечетких c -средних.

Ключевые слова: концептуальная модель; портфель проектов; потери электроэнергии; принципы уменьшения потерь; квантовая модель; кластеризация

Achkasov Igor Anatolievich

PhD, Associated professor of the project management department, orcid.org/0000-0002-7049-0530

Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev

CONCEPTUAL MODEL OF PORTFOLIOS OF PROJECTS REDUCING ELECTRICITY LOSSES IN NETWORKS

Abstract. A conceptual model of portfolio projects formation reducing of power consumption in electric networks in conditions of indeterminacy (observability, nonverified information and imperfections of evaluation of technological losses method) is considered. Principles and methods of portfolio projects formation reducing of power consumption in electric network defined. These principles are principle by element calculations, the principle of characteristic modes, the principle of specific days, and the principles in which amount hours of the most losses are used, the principle of medium burdens. Different methods of portfolio projects formation reducing of power consumption in electric networks are used in depends on the completeness of the load elements of the electrical network for the billing period for calculation of load losses. The author offers to use quantum algorithm that are provided necessary level of observation on the base of finder analyze for solutions of the imperfections and falsity information problem. The method on the base of the α -level synthesis has been defined. On the base of the method the main algebraic operations on fuzzy numbers are presented. Using these fuzzy numbers, it can to present node voltage and current intensity of electric potential which for low-voltage networks carry of uncertainly character. The method of evaluation of energy losses in low voltage networks offers. The networks are described a large number of elements. The method is based on the use of fuzzy clustering. The author uses the method of fuzzy c -averages for the clustering of objects.

Keywords: conceptual model, portfolio projects, electric power losses, principle of reducing power consumption, quantum model, clasterization

References

1. Vorotnitsky, V.E., Zhelezko, S.V., & Kazantsev, V.N. (1983). *The losses in electric networks of power supply*. Ed. by V. Kazantsev. Moscow, Russia: Energoatomizdat, 366.
2. *The Standard for Portfolio Management. Second edition.* (2008). PMI. 144.
3. Kazantsev, V. (1983). *Calculation methods and ways to reduce energy losses in electric networks*. Sverdlovsk: UPI Edition, 82.
4. Zhelezko, S. (1989). *Selecting measures to reduce losses in electric networks*. Moscow, Russia: Energoatomizdat, 172.
5. Adizes, I. (2009). *Integration: to survive and become stronger in times of crisis / Trans. from English*. Moscow, Russia: AlpinaBusinessBooks, 128.
6. Prigogine, A. (2003). *Methods development organizations*. Moscow, Russia: MCFER, 93-104.
7. Yaroshenko, F, Bushuyev, S., & Tanaka, H. (2012). *Management of innovative projects and programs on the basis of knowledge P2M*. Kyiv, Ukraine: "SummitBook", 272.
8. Azarov M., Yaroshenko, F., & Bushuyev S. *Innovative principles for management development programs*. – Kiev: Summit book, 2011. – 564 p.
9. Bushuyev, S, & Bushueva, N. (2010). *Basics of professional knowledge and competence assessment system of project managers*. Kyiv, Ukraine: IRIDIUM, 225.
10. Masaaki, Imai Gemba Kaizen (2005): *The way to reduce costs and improve the quality*. Trans. from English. Moscow, Russia: AlpinaBusinessBooks, 346.

Посилання на публікацію

- APA Achkasov, I.A. (2016). *Formation of portfolios of projects reducing electricity losses in electric networks*. *Management of Development of Complex Systems*, 26, 15 – 20.
- ГОСТ Ачкасов І.А. Концептуальна модель формування портфелів проектів зменшення витрат електроенергії в електричних мережах [Текст] / І.А. Ачкасов // *Управління розвитком складних систем*. – 2016. – № 26. – С. 15 – 20.