

УДК 005:621.311.1

**Ачкасов Ігор Анатолійович**Кандидат технічних наук, докторант кафедри управління проектами, [orcid.org/0000-0002-7049-0530](https://orcid.org/0000-0002-7049-0530)  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ЕНТРОПІЙНІ МОДЕЛІ ОЦІНКИ РІВНЯ СПОСТЕРЕЖУВАНOSTІ СПОЖИВАЧІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ПРИ ФОРМУВАННІ ПОРТФЕЛІВ ПРОЕКТІВ ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ

***Анотація.** Розглянуто метод формування портфеля проектів зниження втрат електроенергії у електричних мережах з урахуванням рівня невизначеності. Визначено модель та принципи формування портфеля проектів зменшення втрат в електричних мережах на основі ентропії, як міри невизначеності впливу проекту на систему щодо зменшення втрат електроенергії. Метод управління портфелем використовує показники ентропії енергопостачальної системи на рівні фідеру. Портфель проектів визначається на основі рівнів ентропії у вузлах фідеру та невизначеності стану енергопостачальної системи, а також на базі стратегії розвитку компанії щодо управління портфелем проектів на основі контрольованої невизначеності. Завдяки адитивним властивостям ентропії проектів портфеля запропоновано обмежити рівень невизначеності та впровадити стратегію щодо такого обмеження. Раціональний рівень невизначеності системи визначається після впровадження портфеля проектів за рахунок зменшення втрат у електромережі.*

***Ключові слова:** метод формування портфеля проектів; невизначеність стану енергопостачальної системи; фідер; ентропія; стратегія розвитку компанії*

### Вступ

Втрати електроенергії на її транспортування від електростанцій до споживачів в Україні значно перевищують аналогічний показник країн Західної Європи.

Найбільш поширені причини виникнення проблем у діяльності енергетичних компаній – невизначеність стану системи, прийняття непродуманих рішень при виборі механізму управління, відсутність чіткого формулювання цілей і завдань, недостатньо повне вивчення потреб зовнішнього середовища, непослідовність в роботі. Зазначені складові є проявом ентропії в управлінні проектно-орієнтованою організацією. За відсутності прогресивного розвитку ця величина збільшується, отже, в системі переважають процеси руйнування, деструкції, руху в бік неупорядкованості, невизначеності, що може призвести до незворотних наслідків.

Під ентропією розуміють кількісну міру неупорядкованості, безладу, невизначеності в досліджуваній системі проектного менеджменту, коли повністю або частково відсутня інформація про можливі стани внутрішнього і зовнішнього середовища, а також можливі події, імовірнісні характеристики яких невідомі. Чим складніше система, тим більшого значення набуває фактор невизначеності в її розвитку. Ентропія як міра інформації, необхідної для роботи і управління,

використовується в ситуаціях з невизначеністю. Рівень інформаційного забезпечення діяльності проектно-орієнтованої організації впливає на здатність вибірково діяти в напрямі підвищення загальної ентропії, що вимагає витрат ресурсів для відновлення нормального стану функціонування системи управління. Інформація завжди повинна зменшувати невизначеність системи. Тому важливо при здійсненні проектно-орієнтованої діяльності використовувати методи для оцінки корисності, цінності інформації. Величина ентропії кожного конкретного проекту показує, яка кількість інформації потрібна для того, щоб можна було працювати в ситуації з невизначеністю процесу або її ймовірністю. Іншими словами, ентропія показує необхідну потужність при прийнятті управлінських рішень для вибору раціональних дій з можливих альтернатив протягом усього циклу реалізації проекту.

Для характеристики ступеня порядку необхідно використовувати поняття ентропії як неупорядкованості і невизначеності – пов'язаної інформації як упорядкованості. Отже, в процесі проектно-орієнтованої діяльності відбувається обмін енергією і інформацією із зовнішнім оточенням шляхом експорту ентропії в навколишнє середовище.

Для розрахунку ентропії, або ступеня невизначеності моделі проектно-орієнтованого управління, важливо визначити ймовірність досягнення мети. Ентропія характеризується реальною невизначеністю системи управління після

прийняття інформації, а також максимально можливою невизначеністю енергетичної системи.

Під час оптимізації будь-якої системи треба прагнути за можливості зменшити ентропію і збільшити невизначеність щодо досягнення мети.

Ентропія конкретного проекту показує величину необхідної інформації для прийняття рішення. Що стосується сумарної ентропії, вона визначає сукупність можливих станів, в які може потрапити проектно-орієнтована організація. У разі несвочасного прийняття управлінського рішення у процесі реалізації проектів, ентропія і, отже, безлад в організації істотно зростає.

Для складання ефективної моделі управління енергетичною компанією спочатку слід розробити концептуальну модель, що включає в себе процеси, зв'язок, зовнішнє оточення, матеріальні, фінансові та енергетичні ресурси. Важливо підкреслити, що внаслідок непевного характеру інформаційних даних знижується точність отриманих результатів, збільшується невизначеність, яку створюють зміни навколишнього середовища, коливання попиту і пропозиції. Тому доцільно для збільшення оптимальності прийняття рішень, а також надійності моделей управління додатково враховувати критерії ентропії.

За допомогою параметра ентропії оцінюється кількість управлінських зусиль, необхідних для вибору оптимального рішення і подолання невизначеності в конкретному проекті. Слід зазначити, що чим менша ентропія або невизначеність у проекті, тим менше зусиль потрібно затратити на вибір рішення. З можливих альтернативних рішень вибір правильного рішення тим складніше, чим більша ентропія а, отже, невизначеність процесу управління в проектно-орієнтованій організації. Одним зі шляхів вирішення цих проблем є розробка нових або вдосконалення наявних методів управління портфелями проектів щодо зниження втрат електроенергії в низьковольтних електричних мережах на основі підвищення рівня спостережуваності та принципів ощадливого виробництва. Сучасні енергетичні підприємства реалізують велику кількість проектів. При цьому виникає необхідність об'єднувати проекти та формувати портфелі проектів. Управління такими портфелями проектів, що забезпечують підвищення рівня спостережуваності та ощадливого виробництва, є актуальною науковою задачею щодо методів формування портфеля інноваційних проектів зменшення втрат електроенергії.

### Мета статті

Метою та завданнями публікації є дослідження застосування ентропійного підходу у процесі формування портфеля проектів зниження втрат

електроенергії у електричних мережах з урахуванням рівня спостережуваності.

Завданнями дослідження є:

– визначити принципи ентропійного формування портфеля проектів зменшення втрат енергопостачальних компаній;

– запропонувати метод формування портфеля проектів зменшення втрат енергопостачальних компаній на основі принципу ентропії.

## Виклад основного матеріалу

### 1. Концептуальна модель портфельного управління на основі ентропійного підходу

Розглянемо застосування ентропійного підходу до визначення стану та проблем щодо зменшення втрат електричної енергії у енергопостачальній мережі.

В теорії системи невизначеність вимірюється ентропією. У цьому контексті ентропія це математичне сподівання (усереднене значення) невизначеності інформації про стан системи.

У більш технічному сенсі, є причини (пояснені нижче) визначати інформацію як від'ємний логарифм розподілу ймовірності. Розподіл ймовірності подій, у поєднанні з кількістю інформації кожної події, формує випадкову величину, чиє математичне сподівання є усередненою кількістю інформації, або ентропією, породжуваною цим розподілом. Одиницями вимірювання ентропії є шеннони, нати та гартлі, залежно від основи логарифму, що використовується при їхньому визначенні, хоча шеннон зазвичай називають бітом. Логарифм розподілу ймовірності є корисним як міра ентропії, оскільки для незалежних джерел він є адитивним. Зазвичай потрібно  $\log_2(n)$  бітів для представлення величини, яка може набувати одного з  $n$  значень, якщо  $n$  є степенем числа 2. Якщо ці значення є однаково ймовірними, то ентропія (в шеннонах) дорівнює числу бітів. Рівність між кількістю бітів і шеннонів дотримується лише тоді, коли всі результати є однаково ймовірними. Якщо одна з цих подій є ймовірнішою за інші, то спостереження цієї події є менш інформативним. І навпаки, рідкісніші події надають більше інформації при їхньому спостереженні. Оскільки спостереження менш ймовірних подій трапляється рідше, в підсумку виходить, що ентропія (при розгляді її як усередненої інформації), отримувана від нерівномірно розподілених даних, є меншою за  $\log_2(n)$ . Якщо вихід є незмінним, то ентропія дорівнює нулеві. Коли розподіл ймовірності джерела є відомим, ентропія Шеннона точно кількісно виражає ці міркування. Зміст спостережуваних подій в технічній системі у визначенні ентропії не має значення. Ентропія враховує лише ймовірність спостереження певної

події, тому інформація, яку вона включає, є інформацією про розподіл ймовірності, що лежить в основі, а не про зміст самих подій. Взагалі, ентропія позначає безлад або невизначеність.

Розглянемо п'ять базових властивостей ентропії енергопостачальної системи.

#### 1. Ефективність

Ефективність є корисною для кількісної оцінки ефективності використання каналу зв'язку. Це формулювання також називають нормалізованою ентропією, оскільки ентропія ділиться на максимальну ентропію Ентропія – Шеннона, що характеризується невеликим числом критеріїв, наведених нижче.

#### 2. Неперервність

Ця міра повинна бути неперервною: зміна значень ймовірностей на дуже незначну величину повинна змінювати ентропію тільки на незначну величину.

#### 3. Симетричність

При перевпорядкуванні виходів  $x_i$  ця міра повинна залишатися незмінною.

#### 4. Максимум

Ця міра повинна бути максимальною тоді, коли всі виходи є однаково правдоподібними (невизначеність є найвищою, коли всі можливі події є рівноймовірними).

Для рівноймовірних подій ентропія повинна зростати зі збільшенням числа виходів.

#### 5. Адитивність

Величина ентропії повинна не залежати від того, який поділ процесу на частини розглядається.

Ця функціональна залежність характеризує ентропію системи з підсистемами. Вона вимагає, щоби ентропію системи можна було обчислити з ентропії її підсистем, якщо взаємодії між цими підсистемами є відомими.

При заданому ансамблі  $n$  рівномірно розподілених елементів, які поділяються на  $k$  блоків (підсистем) з  $b_1, \dots, b_k$  елементами в кожному, ентропія всього ансамблю повинна дорівнювати сумі ентропії системи блоків і окремих ентропій блоків, кожна з яких є зваженою на ймовірність знаходження в цьому відповідному блоці.

Як міра невизначеності множини можливих станів системи використовується поняття ентропії

$$H = - \sum_{i=1}^N p_i \log_2 p_i.$$

Ентропія системи енергопостачання є математичним сподіванням логарифма ймовірності перебування системи  $Q$  в стані  $Q_i$  і відповідає введеної К. Шенноном в теорії інформації «ступеня невизначеності».

Таким чином, невизначеність здійснення одного із множини можливих станів системи залежить як від

числа можливих станів, так і від розподілу ймовірностей цих станів. Наприклад, якщо здійснення будь-якого з варіантів різновірогідні, то невизначеність вибору максимальна і визначається загальним числом можливих варіантів:

$$H(N) = - \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log_2 \frac{1}{N} = \log_2 N.$$

Змістовне значення поняття ентропії є ступінь різноманітності можливих станів системи.

Розглядаючи план як систему, можна сказати, що йому також властива ентропія, оскільки реалізація прийнятого рішення через значну невизначеність майбутньої поведінки планованої системи не може бути однозначною.

Очевидно, що з точки зору прийняття управлінського рішення, різноманітність необхідно обмежити. Ступінь обмеження якраз і визначає можливість прийняття певного, і зокрема оптимального, рішення у процесі планування.

## 2. Метод формування портфеля проектів на основі ентропійної моделі

Розглянемо метод формування портфеля проектів зменшення втрат електричної енергії у мережах на основі ентропійної моделі. Метод базується на зменшенні невизначеності поведінки споживачів енергопостачальної компанії у межах фідерів.

Ентропія станів визначається як міра різноманітності множини можливих варіантів плану  $z_1, z_2, \dots, z_k$ . Інакше кажучи, якщо необхідно зробити вибір серед сукупності планів  $z_k$ , яким відповідає ймовірність  $p_k$ , то різноманітність цього вибору визначається відповідною ентропією.

У такому аспекті ентропія за своїм змістом відповідає аналогічному поняттю теорії систем.

Нехай задача планування портфеля проектів зниження втрат в енергосистемі на основі спостереження поведінки вузлів фідера сформульована як задача лінійного програмування:

$$\sum_{j=1}^m c_j x_j = Z \rightarrow \min,$$

$$\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j \geq B_i, \quad i = \overline{1, n}, \quad x_j \geq 0.$$

Умови, що визначають множини допустимих проектів портфеля, виділяють у всьому просторі станів системи опуклий багатогранник. Спочатку можна вважати, що їхні капітали в ньому різновірогідні. В цьому випадку

$$H(N) = - \sum_{i=1}^N \frac{1}{N} \log_2 \frac{1}{N} = \log_2 N,$$

де  $N$  – кількість різних станів системи.

Оскільки множина допустимих проектів портфеля в цьому випадку нескінченна, розглянуті умови фактично дуже слабо обмежують різноманітності ( $H=\infty$ ).

Як відомо, розв'язання задачі оптимізації наведеної вище знаходиться серед так званих опорних планів, відповідних кутовим точкам багатогранника рішень. Тому можна ввести додаткову умову – «виділити опорні плани». Таке обмеження різноманітності перетворює нескінченну множину можливих станів в кінцеву, що залежить від рангів матриці обмежень і розширеної матриці. Міра ентропії в цьому випадку стає кінцевим числом.

Наступна умова, що призводить до зниження ентропії, може відобразити той факт, що серед множини опорних планів потрібно розглянути тільки ті, в базис яких обов'язково входить певний перелік об'єктів, або, навпаки, не входить деякий перелік об'єктів. Ентропія і в цьому випадку знижується навіть у разі рівномірного здійснення, оскільки потужність множини можливих станів нижча.

Вплив плану портфеля на стратегію досягається за рахунок п'яти областей невизначеності:

1. Підтримка узгодженості портфеля. Кожен компонент повинен відповідати одній або декільком стратегічним цілям.

2. Розподіл фінансових ресурсів. Пріоритет кожного компонента визначає рішення щодо розподілу фінансових ресурсів, хоча в той же час кожен компонент потребує виділення коштів, якщо він має бути виконаний.

3. Розподіл людських ресурсів. Пріоритет кожного компонента визначає планування ресурсів, дії щодо найму, а також розподіл часу зайнятості та навичок.

4. Вимірювання вкладу компонента. Якщо метою виконання компонента є досягнення стратегічної мети, то вклад компонента має бути визначений в контексті цієї мети.

5. Управління стратегічними ризиками. Для кожного компонента слід провести оцінку ризиків і визначити, як ці ризики можуть впливати на досягнення стратегічних цілей.

Відібрані метрики повинні бути пов'язані з цілями організації та відповідати іншим метрикам впровадження проектів. Менеджер портфеля має бути готовий до розробки нових метрик, коли виникає необхідність, і видалення метрик, які більше не мають відношення до зацікавлених сторін, або які більше не підтримують цілі організації. Кількість метрик не має бути надмірною для зацікавлених сторін, щоби метрики своєчасно відстежувалися і були зрозумілі. Прикладами метрик портфеля є:

– збільшення доходу за рахунок зменшення невизначеності стану проектів, що належить до портфеля;

– ступінь, в якому ризики портфеля і бізнесу були знижені при виконанні компонентів портфеля;

– доступність ресурсів, необхідних для підтримки компонентів портфеля, як запланованих, так і використовуваних;

– відсоток, на який зменшено тривалість циклів контролю за рахунок портфеля;

– зміна показників поліпшення якості, що належать портфелю.

Розподілимо основні параметри портфеля на дві підмножини:

– незалежні параметри, де для кожного параметра його важливість можна задати заздалегідь і змінити незалежно від важливості інших параметрів;

– залежні параметри, важливість яких може не залежати однозначно від важливості незалежних параметрів.

Метод гармонізації передбачає кілька етапів. На першому етапі вивчаються всі можливі комбінації незалежних значень параметрів. Отримані значення незалежних параметрів використовуються як вихідні значення на другому етапі, де для кожного залежного параметра розв'язується задача часткової допоміжної оптимізації з метою підвищення цінності енергопостачальної системи. Рішення цього етапу відбувається завдяки винятковій залежності значення, що оптимізується, від будь-якої комбінації незалежних початкових параметрів.

Розв'язання наведеної задачі дозволить знайти оптимальний портфель проектів щодо мінімізації втрат електричної енергії у мережах на основі зниження невизначеності.

Подивимося на криву, яка відобразить зміни енергії в живих системах (рисунок). Ми виявимо, що живі системи існують в двох режимах. Один з цих режимів – це стабільний рівень (на рисунку позначено горизонтальним відрізком); другий – це перехід між рівнями (позначений кривими лініями зі стрілками на кінцях).

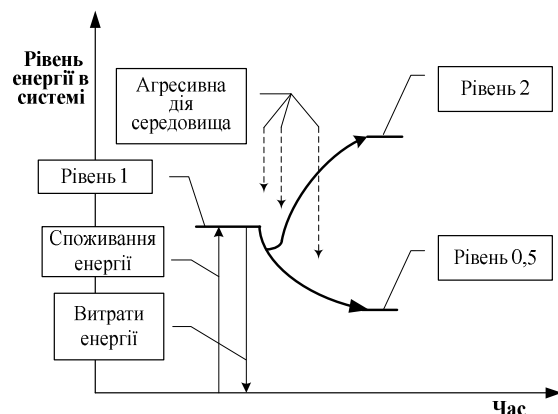


Рисунок – Моделювання стабільності енергопостачальної системи

Звідки беруться стабільні рівні? Система енергопостачання постійно витрачає енергію. Але вона не може собі дозволити втратити занадто багато енергії, оскільки тоді вона просто помре (збанкрутує). Тому їй доводиться ворушитися і активно цю енергію поглинати.

Рано чи пізно ці два процеси збалансуються. Кількість енергії, що віддається системою, буде приблизно дорівнювати кількості, що поглинається. Цей стан підтримувати легко, оскільки рано чи пізно кількість зусиль, необхідних для поглинання даної кількості енергії, зменшується, дії стають звичними, низьковитратними і достатніми, щоби покривати поточні витрати. Для компанії це буде сформоване коло споживачів плюс стандартний набір операцій, який приносить відносно постійний і рівномірний потік доходів, який покриває стандартний набір витрат на підтримку бізнесу.

## Висновки

1. Застосування ентропійної моделі формування портфеля проектів має бути підтвержене економічними та технічними розрахунками, з урахуванням невизначеності та надійності постачання електроенергії.

2. Ентропія, як міра невизначеності стану системи, дозволяє формувати стратегію портфельного управління щодо мінімізації втрат електроенергії у вузлах системи, де маємо максимальну ентропію. Це дозволяє зменшити витрати на перевірки втрат та чітко зорієнтувати кожен з вузлів мережі на ощадливий режим роботи та зменшити втрати за рахунок збільшення спостережності.

## Список літератури

1. Потери электроэнергии в электрических сетях энергосистем / В. Э. Воронницкий, 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. – 144 с.
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. Прангишвили И.В. Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами / И.В. Прангишвили; Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова. – М.: Наука, 2003. – 428 с.
8. Волков А В. Энтропийные модели - и наноструктур: учеб.пособие / А.В. Волков, И.Н. Еремина, А.Г. Саноян. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. – 80 с.
9. Ярошенко Ф.А., Бушуев С.Д., Танака Х. Руководство инновационными проектами и программами на основе системы знаний Р2М. – К.: Саммит-Книга, 2012. – 272 с.
10. Азаров М.Я., Ярошенко Ф.О., Бушуев С.Д. Инновационные механизмы управления программами развития. – Киев: Саммит-книга, 2011. – 564 с.
11. Бушуев С.Д., Бушуева Н.С. Основы профессиональных знаний и система оценки компетенции проектных менеджеров. – К.: ІРІДІУМ, 2010. – 225 с.
12. Имаи Масааки Гембакайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества / пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 346 с.
13. Kerzner H. (2001.) *Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity Model*, 255 p.
14. Slivitsky A. *Value migration* Mann, Ivanov& Ferber, 2006, 432 p.
15. Саченко О.А. Концептуальна модель портфельного управління інноваційними проектами модернізації обладнання енергопідприємств / О.А. Саченко // *Управління проектами та розвиток виробництва*. – 2015. – № 4(56). – С. 61 – 70.

Стаття надійшла до редколегії 30.01.2017

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

### Ачкасов Игорь Анатольевич

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

## ЭНТРОПИЙНЫЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ НАБЛЮДАЕМОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ ПОРТФЕЛЕЙ ПРОЕКТОВ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ

**Аннотация.** Рассматривается модель диагностики потерь электроэнергии в электрических сетях для формирования портфеля проектов с учетом уровня наблюдаемости. Определены принципы бережливого производства и их применение с целью формирования портфеля проектов уменьшения потерь в электрических сетях на основе системы

диагностики. Предложена модель технологического аудита энергосистемы по потерям на основе параметров бережливого производства. Модель классифицирует потери по классам А,В,С относительно узлов электросети. Определение уровня наблюдаемости сетей энергоснабжения проводится на основе шестнадцати параметров управления. Построена матричная модель пофидерного анализа потерь и уровня наблюдаемости сети. Рациональный уровень наблюдаемости определяется минимальными суммарными затратами на увеличение уровня наблюдаемости и потерями в электросети.

**Ключевые слова:** метод формирования портфеля проектов; неопределенность состояния энергоснабжающей системы; фидер; энтропия; стратегия развития компании

**Achkasov Igor Anatolievich**

PhD, Associate professor of the project management department, [orcid.org/0000-0002-7049-0530](https://orcid.org/0000-0002-7049-0530)  
Kiev National University of Construction and Architecture, Kiev

#### ENTROPY MODEL OBSERVABILITY CONSUMER ASSESSMENT IN ELECTRIC NETWORKS IN THE FORMATION OF PORTFOLIO LOSSES REDUCTION PROJECTS

**Abstract.** A model for diagnosing electric power losses in electric networks is considered to form a portfolio of projects, taking into account the level of observability. The principles of lean manufacturing and their application with the purpose of forming a portfolio of projects are reduced, losses in electrical networks are reduced on the basis of a diagnostic system. A model of technological audit of the power system based on losses to the fundamentals of lean manufacturing parameters is proposed. The model classifies losses by classes A, B, C with respect to the nodes of the power grid. The definitions of the level of observability of power supply networks are based on sixteen control parameters. A matrix model of the ponied loss analysis and the observability level of the network is constructed. The rational level of observability is determined by the minimum total costs for increasing the level of observability and losses in the electric grid.

**Key words:** method of project portfolio formation; Uncertainty of the state of the power supply system; feeder; entropy; Company development strategy

#### References

1. Vorotnickii, V.E., Zhelezko, U.S., Kazantsev, V.N. et al. (1983). *Energy losses in electric networks of power systems*. Editorship of V.N. Kazantsev. Moscow, Russia: Energoatomizdat, 366.
2. *The standard for portfolio management*. (2008). Second edition. PMI, 144.
3. Kazantsev, V.N. (1983). *Calculation methods and ways to reduce rubbed his energy into electrical energy networks*. Sverdlovsk: Edition UPI, 82.
4. Zhelezko, U.S. (1989). *Choice of measures to reduce rubbing of electricity in electric networks*. Moscow, Russia: Energoatomizdat, 172.
5. Adizes, I. (2009). *Integration: to Survive and become stronger in times of crisis*. Moscow, Russia: Alpina Business Books, 128.
6. Prigozhin, A.I. (2003). *Methods of organizational development*. Moscow, Russia: MTSFER, 93-104.
7. Prangishvili, I.V. (2003). *Entropy and other system regularities: Control questions of complex systems*; Institute of Management Problems named after V.A. Trapeznikova. Moscow, Russia: Nauka, 428.
8. Volkov, A.V., Eremina, I.N. & Sanoian, A.G. (2007). *Entropy models - and nanostructures: teaching aid*. – Samara: Publishing house of the Samara State Aerospace University, 80.
9. Yaroshenko, F.A., Bushuev, S.D., Tanaka, H. (2012). *Management of innovative projects and programs based on the system knowledge R2M*. Kiev, Ukraine: "Summit-Book", 272.
10. Azarov, M.Y., Yaroshenko, F.O., Bushuyev, S.D. (2011). *Innovative principles for management development programs*. Kyiv, Ukraine: Summit book, 564.
11. Bushuyev, S.D., Bushueva, N. (2010). *Foundations of professional knowledge and the system of assessing the competence of project managers*. Kyiv, Ukraine: RDM, 225.
12. Imai Masaaki Gembakaizen: *Path to cost reduction and quality*. Moscow, Russia: Alpina Business Books, 346.
13. Kerzner, H. (2001). *Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity Model*, 255.
14. Forsberg, K., Mooz, H., Cotterman, H. (2005). *Visualizing Project Management*, 3rd edition, John Wiley and Sons, New York, NY, 108-116, 242-248, 341-360.
15. Sachenko, A. (2015). *Conceptual model for portfolio management of innovative projects of modernization of equipment of the power enterprises*. *Project management and development of production*, 4(56), 61–70.

#### Посилання на публікацію

- APA Achkasov, I.A. (2016). *Entropy model observability consumer assessment in electric networks in the formation of portfolio losses reduction projects*. *Management of Development of Complex Systems*, 29, 6 – 11.
- ГОСТ Ачкасов І.А. Ентропійні моделі оцінки рівня спостережуваності споживачів в електричних мережах при формуванні портфелів проектів зниження втрат [Текст] / І.А. Ачкасов // *Управління розвитком складних систем*. – 2017. – № 29. – С. 6 – 11.