

УДК 005:621.311.1

**Ачкасов Ігор Анатолійович**Кандидат технічних наук, докторант кафедри управління проектами, *orcid.org/0000-0002-7049-0530*

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ДІАГНОСТИКА ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПОРТФЕЛЯ ПРОЄКТІВ З УРАХУВАННЯМ РІВНЯ СПОСТЕРЕЖНОСТІ

*Анотація.* Розглянуто модель діагностики втрат електроенергії в електричних мережах для формування портфеля проєктів з урахуванням рівня спостережності. Визначено принципи ощадливого виробництва та їх застосування з метою формування портфеля проєктів зменшення втрат в електричних мережах на основі системи діагностики. Запропоновано модель технологічного аудиту енергосистеми щодо втрат на основі параметрів ощадливого виробництва. Модель класифікує втрати за класами А,В,С щодо вузлів електромережі. Визначення рівня спостережності мереж енергопостачання проводиться на основі шістнадцяти параметрів управління. Побудовано матричну модель щодо пофідерного аналізу втрат та рівня спостережності мережі. Раціональний рівень спостережності визначається мінімальними сумарними витратами на збільшення рівня спостережності та втратами у електромережі.

**Ключові слова:** *ощадливе виробництво; діагностика втрат; портфель проєктів; втрати електроенергії; рівень спостережності; фідер*

### Вступ

Втрати електроенергії на її транспортування від електростанцій до споживачів в Україні значно перевищують аналогічний показник країн Західної Європи. В роботі розглянуто застосування моделей та методів ощадливого виробництва LEAN в галузі зменшення втрат у електричних мережах. За час свого існування філософія LEAN підтвердила свою ефективність на прикладах багатьох компаній: від корпорації Toyota, яка внесла основний внесок в її створення та розвиток, до невиробничих організацій та інститутів. Проте, не дивлячись на популярність і різноманіття інструментів, серед яких кожна компанія повинна знайти те, що найбільш їй підходить, керівництво підприємств і відповідальні за впровадження сперечаються і сумніваються, з чого і як найкраще почати.

Одним зі шляхів вирішення цих проблем є розробки нових або вдосконалення наявних методів управління портфелями проєктів щодо зниження втрат електроенергії в низьковольтних електричних мережах на основі принципів ощадливого виробництва.

### Мета статті

Метою та завданнями публікації є побудова моделі діагностики втрат електроенергії у електричних мережах для формування портфеля проєктів з урахуванням рівня спостережності.

Завданнями дослідження є:

- визначити принципи зменшення втрат енергопостачальних компаній;
- запропонувати принципи ощадливого виробництва енергопостачальних компаній.

### Виклад основного матеріалу

#### 1. Модель ощадливого виробництва при управлінні портфелями проєктів зменшенням втрат енергомереж

Як і будь-яка інша система, ощадливе виробництво засноване на певних принципах. Їх використання дозволяє зробити підприємство в декілька разів ефективнішим внаслідок зменшення втрат, підвищення продуктивності праці, зростання конкурентоспроможності та підвищення якості.

Принципи ощадливого виробництва спрямовані насамперед на боротьбу з основними видами прихованих виробничих втрат електроенергії:

- втратами від перевиробництва електроенергії. Наприклад, виготовлення зайвої електроенергії на замовлення або попереднє виготовлення (до того, як виникне реальний попит);
- втрат під час транспортування. Непотрібні переміщення електроенергії, інформації, документів і т.д.;
- втратами від запасів. Це витрати на переміщення і складування будь-яких запасів на підприємстві (матеріалів, незавершеного виробництва, готових виробів і т.д.);

– втратами від очікування. Будь-яке очікування (поставок матеріалів, прибуття робітників, отримання документів і т.д.);

– інтелектуальними втратами. Іншими словами – недостатнім використанням інтелекту працівників (інженерів, операторів обладнання і т.д.).

Наведемо принципи застосування ощадливого виробництва у енергопостачальних компаніях.

#### 1. Визначення цінності кінцевого продукту

Необхідно вивчати свою продукцію з точки зору споживача і чітко розуміти, які характеристики повинен мати продукт, щоб користуватися попитом. Для електромереж це – підтримка напруги у мережі.

#### 2. Визначення потоків створення цінності

Потоки створення цінності являють собою сукупності операцій, що виконуються виробником для виробництва продукту. Вони містять три етапи: організація і управління; інформація і зв'язок з клієнтом; безпосереднє виготовлення. Якщо будь-яка дія не формує цінності для кінцевого продукту, то її треба змінити або виключити із загального потоку створення. Підсумком даного кроку є створення карти потоків цінності.

#### 3. Забезпечення сталості потоків формування цінності

Вироби не повинні переміщатися від однієї робочої ділянки до іншої партіями. Необхідно організувати потік створення таким чином, щоб здійснювався безперервний потік від складу (сировини, матеріалів) до виходу готових виробів через всі потрібні виробничі осередки.

#### 4. Витягування продукту споживачем

При реалізації цього кроку треба домогтися того, щоб ті, хто знаходиться вище по потоку формування цінності не робили ніяких дій до тих пір, поки клієнт, розташований нижче по потоку, не потребуватиме вчинення цих дій. Іншими словами, потрібно створити умови для «витягування» споживачем кінцевого продукту під конкретний попит (замовлення).

#### 5. Прагнення до досконалості

Принципи бережливого виробництва мають на увазі постійне вдосконалення продукту і усунення втрат. Виробничий процес має бути максимально наближений до вимог бізнесу, що передбачає зниження трудовитрат, часу на виготовлення, оренду (цехів, складів і т.д.), зменшення собівартості та виробничих помилок.

## 2. Діагностика поточного стану енергетичної системи

Діагностика поточного стану – перший крок впровадження LEAN, без якого досягти успіху неможливо. Перш ніж приступати до послідовного впровадження ощадливого виробництва і усунення втрат і «вузьких місць», треба розуміти, що саме

необхідно виправляти. Для реалізації цього кроку створюється спеціальна змішана команда, в яку входять співробітники різних відділів і різного ієрархічного рівня (обов'язково із залученням представника вищого керівництва), які добре обізнані про стан процесів на підприємстві. Саме вони проводять глибокий аналіз енергопостачального підприємства щодо 16 елементів управління: комунікація (внутрішня і зовнішня); організація робочого місця і візуальний менеджмент; стандартні операції; гнучкість операцій; безперервне поліпшення; захист від помилок; швидке переналагодження; загальний догляд за обладнанням; система управління запасами; вирівнювання виробництва; інжиніринг; система ощадливого обліку; система менеджменту якості; робота з постачальниками і споживачами; технічне обслуговування та ремонт; показники продуктивності.

Для оцінки поточного стану підприємства часто використовують контрольні листи (чек-листи). Вони дозволяють більш системно підійти до аналізу процесів і, відштовхуючись від заздалегідь продуманих критеріїв, відстежувати динаміку навіть протягом тривалого періоду.

Деякі підприємства розробляють власні чек-листи, інші вважають за краще відштовхуватися від вже готових прикладів. Це цілком типова і нормальна ситуація для початківців.

#### Модель картування потоку створення цінності.

Отже, як впливає з назви, ця модель складається з шести етапів:

1. Визначити послідовність дій.
2. Оцінити календарне час, що витрачається на виконання цих дій.
3. Розрахувати час, що витрачається безпосередньо на виконання дії, і час, що витрачається на очікування.
4. Підрахувати час переходу від однієї дії до іншої.
5. Знайти і відзначити будь-які повернення до початку циклу, які зустрічаються в потоці.
6. Підрахувати середню кількість часу, що витрачається на роботу над проектом.

Для кращої ілюстрації цієї моделі звернемося до прикладу. Приклад карти робіт формування цінності наведений на рис. 1.

З метою формування максимальної цінності у діяльності енергопостачальної компанії впровадимо систему проведення аудиту її спостережності та втрат.

Метою аудиту спостережності енергетичної системи щодо втрат визначимо таблицю показників, що діагностують кожен вузол електричної мережі.

Приклад таблиці аудиту втрат на основі показників спостережності електроенергетичної системи наведено в табл. 1.



Рисунок 1 – Приклад взаємодії інструментів формування цінності енергопостачальної компанії

Таблиця 1 – Приклад таблиці аудиту спостережності енергетичної системи (фідеру Житомирської районної електромережі)

Показник	Вплив на зменшення втрат, %	Коментарі аудитора
1. Комунікація (внутрішня і зовнішня)	10	А
2. Організація робочого місця і візуальний менеджмент	15	В
3. Стандартні операції	10	А
4. Гнучкість операцій	15	В
5. Безперервні поліпшення	15	В
6. Захист від помилок	30	С
7. Швидке переналадження	25	С
8. Загальний догляд за обладнанням	30	С
9. Система управління запасами	30	С
10. Вирівнювання навантажень виробництва	20	В
11. Інжиніринг	20	В
12. Система ощадливого обліку	30	С
13. Система менеджменту якості	30	С
14. Робота з постачальниками і споживачами	30	С
15. Технічне обслуговування та ремонт	20	В
16. Продуктивність системи	30	С
Середнє значення втрат	22.5	

В коментарях аудитора визначені літери А – параметри вузла в нормі, В – є відхилення від норми, С – існує проблема щодо втрат.

Приклад демонструє, що велика частина можливостей щодо зменшення втрат, формується за рахунок: системи захисту від помилок, загального догляду за обладнанням, управління запасами,

ощадливого обліку, системи менеджменту якості, роботи з постачальниками, споживачами та продуктивності системи.

Розглянемо структуру системи енергопостачання, яка наведена на рис. 2.

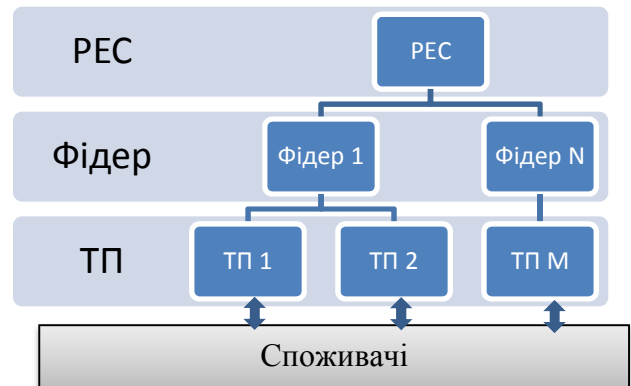


Рисунок 2 – Структура системи енергопостачання

Характерною рисою структури є її ієрархія. Кожний вузол структури характеризується індексом рівня спостережності. Індекс спостережності вузла вищого рівня формується на основі параметрів спостережності елементів нижчого рівня.

### 3. Визначення раціонального рівня спостережності енергосистеми щодо зменшення втрат

На основі проведеного аудиту вузлів електричної мережі визначимо параметри спостережності електричної мережі (табл. 2).

Таблиця 2 – Приклад таблиці рівня спостережності електромережі на рівні фідерів

Фідер	Рівень спостережності	Інтегрований показник втрат, %
Фідер 1	Низький	25
Фідер 2	Високий	4
Фідер 3	Задовільний	15
Фідер 4	Середній	9
Фідер 5	Задовільний	13
Фідер 6	Середній	10
Фідер 7	Задовільний	13
Фідер 8	Низький	18
Фідер 9	Задовільний	14
Фідер 10	Середній	10
Середні значення	Задовільний	13

На основі аналізу рівня спостережності та показників втрат наведемо графік витрат на підвищення рівня спостережності та втрат (рис. 3).

З графіка, наведеного на рис. 3, може бути визначена раціональна сума витрат на забезпечення спостережності електромережі.

## Висновки

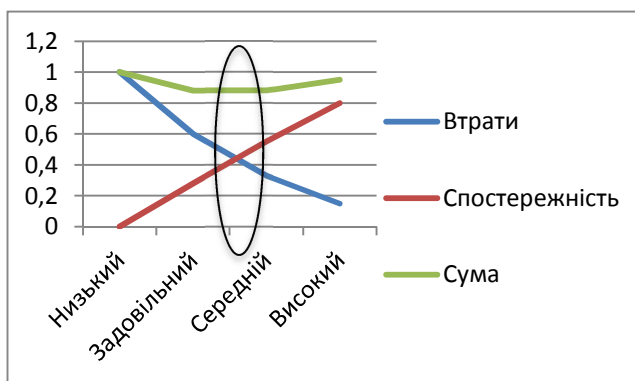


Рисунок 3 – Графіки втрат в мережах, витрат на підвищення спостережності

1. Застосування принципів ощадливого виробництва при формуванні портфеля проектів повинно бути підтвержене економічними та технічними розрахунками, з урахуванням таких питань, як надійність постачання електроенергії та її якість.

2. Застосування аудиту втрат електроенергії у вузлах системи дозволяє зменшити витрати на перевірки втрат та чітко зорієнтувати кожен з вузлів мережі на ощадливий режим роботи та зменшити втрати за рахунок формування ощадливої спостережності.

## 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. – Киев: ІРІДІУМ, 2010. – 225 с.
10. Имаи Масааки Гембакайдзен: Путь к снижению затрат и повышению качества / Пер. с англ. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. – 346 с.
11. Kerzner H. In search of excellence in Project Management. VNB, 1998. 274p.
12. Kerzner H. Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity Model (2001). John Wiley & Sons Inc
13. Forsberg, K., Mooz, H., Cotterman, H. Visualizing Project Management, 3rd edition, John Wiley and Sons, New York, NY, 2005. Pp. 108-116, 242-248, 341-360.
14. Slivitsky A. Value migration Mann, Ivanov & Ferber, 2006, – 432 p.

Стаття надійшла до редколегії 26.07.2016

**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](https://orcid.org/0000-0002-7049-0530)  
 Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**ДИАГНОСТИКА ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ  
 ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРТФЕЛЯ ПРОЕКТОВ С УЧЕТОМ УРОВНЯ НАБЛЮДАЕМОСТИ**

**Аннотация.** Рассмотрена 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:** бережливое производство; диагностика потерь; портфель проектов; потери электроэнергии; уровень наблюдаемости; фидер

**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

#### DIAGNOSIS OF ENERGY LOSSES IN ELECTRIC GRID OVER PREPARATION OF PROJECT PORTFOLIO TAKING INTO ACCOUNT OBSERVABILITY LEVEL

**Abstract.** A model of diagnosis of energy losses in electric networks is described into the article in the context of organization of project's portfolios with taking into account of the observability level. Principles of economical manufacturing and application of these principles are defined to form the project's portfolio reducing of losses in electric networks on the basis of diagnosis system. The methods of diagnosis to determine the observability level of supply networks based on sixteen elements of controls are proposed. The model classifies expenses for class A, B, C according to the nodes of the networks. Definition of observability energy networks is based on sixteen control parameters. A matrix model of feeder cost analysis and level of observability network is build. A rational level of observability is defined the minimum total cost on increasing the level of observability and losses in the electric grid.

**Keywords:** economical manufacturing, diagnosis of losses, project's portfolio, energy losses, observability level, feeder

#### References

1. Energy losses in electric networks of power systems. (1983). / [V. E. Vorotnickii, U. S. Zhelezko, V. N. Kazantsev et al.]; under the 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. Yaroshenko, F.A., Bushuev, S.D., Tanaka, H. (2012). Management of innovative projects and programs based on the system knowledge R2M. Kyiv: "Summit-Book", 272.
8. Azarov, M.Y., Yaroshenko, F.O., Bushuyev, S.D. (2011). Innovative principles for management development programs. — Kyiv: Summit book, 564.
9. Bushuyev, S.D., Bushueva, N. (2010). Foundations of professional knowledge and the system of assessing the competence of project managers. Kyiv: RDM, 225.
10. Gembakaizen, Imai Masaaki. (2005). Path to cost reduction and quality. Moscow, Russia: Alpina Business Books, 346.
11. Kerzner, H. (1998). In search of excellence in Project Management. VNB, 274.
12. Kerzner, H. (2001). Strategic Planning for Project Management Using a Project Management Maturity Model. John Wiley & Sons Inc.
13. Forsberg, K., Mooz, H., Cotterman, H. (2005). Visualizing Project Management, 3rd edition. New York: John Wiley and Sons, NY, 108-116, 242-248, 341-360.
14. Slivitsky, A. (2006). Value migration. Mann, Ivanov & Ferber, 432.

#### Посилання на публікацію

- APA Achkasov, I.A. (2016). Diagnosis of energy losses in electric grid over preparation of project portfolio taking into account observability level. *Management of Development of Complex Systems*, 27, 11–15.
- ГОСТ Ачкасов І.А. Диагностика втрат електроенергії електричних мережах для формування портфеля проектів з урахуванням рівня спостережності [Текст] / І.А. Ачкасов // Управління розвитком складних систем. – 2016. – № 27. – С. 11 – 15.