

## Економічні засади підвищення контролю якості енергоресурсів промислових підприємств

О. М. Маценко<sup>i</sup>, Д. М. Овчаренко<sup>ii</sup>

Поступова інтеграція України у світові торговельні відносини зумовлює відкриття вільного доступу товарів іноземного виробництва на національні ринки, що ставить на межу банкрутства вітчизняні підприємства через їх енергоємні виробничі цикли та високу вартість енергоресурсів на внутрішньому ринку. У статті проаналізовано вплив енергетичних ресурсів неналежної якості на фінансовий стан промислових підприємств. Аналіз параметрів якості основних паливно-енергетичних ресурсів, що застосовуються у виробничих циклах, виявив значний вплив цих показників на витрати енергоресурсів, продуктивність роботи обладнання та динаміку амортизаційних відрахувань. Запропоновано програму реалізації заходів із підвищення якості енергоресурсів, яка передбачає виконання сукупності послідовних кроків, що покликані оптимізувати як систему постачань енергоресурсів, так і систему їх споживання, а саме: внутрішній аудит використання енергоресурсів, аналіз та оптимізацію договорів на їх поставку, моніторинг виконання договорів у частині відповідності якості, планування і реалізації заходів із підвищення якості енергетичних ресурсів.

*Ключові слова:* якість, енергоресурс, ефективність, енергозбереження, підприємство.

*Абревіатури:*

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси  
ЄС – Європейський Союз  
ТЕС – теплова електрична станція

УДК 658.26:005.336.3:005.935

JEL коди: A11, B41, D20, Q40

**Вступ.** Сучасні реалії національної та світової економіки вимагають від керівництва промислових підприємств приділяти все більшу увагу ефективності споживання енергоресурсів. Адже саме високі ціни на основні ПЕР промисловості та надзвичайно висока їх частка у собівартості готової продукції (наприклад, близько 80% для продукції хімічної промисловості [1]) не дають змоги конкурувати з виробниками менш енергоємної продукції закордонного виробництва навіть на внутрішньому ринку України. Така ситуація ставить під загрозу існування національних виробничих потужностей. Разом із тим, дослідження у сфері енергозбереження доводять можливість скорочення витрат енергоресурсів у промисловості на 20–25% без значних фінансових витрат [10]. Згідно зі світовим досвідом, реалізація всього комплексу заходів з ефективного використання енергоресурсів дозволяє на деяких об'єктах промисловості скоротити споживання ПЕР у 3–4 рази та підвищити їх прибутковість більш ніж на 10% [2].

**Постановка проблеми.** Економному використанню енергоресурсів приділяється значна увага в усьому світі. Перші спроби до економічного обґрунтування необхідності

<sup>i</sup> Маценко Олександр Михайлович, кандидат економічних наук, доцент кафедри економіки та бізнес-адміністрування Сумського державного університету.

<sup>ii</sup> Овчаренко Дмитро Миколайович, аспірант кафедри економіки та бізнес-адміністрування Сумського державного університету.

© О. М. Маценко, Д. М. Овчаренко, 2013.



впровадження програм ефективного енергоспоживання на промислових підприємствах у колишньому СРСР були зроблені ще на початку 30-х років ХХ століття. Вже у 50–70-ті роки ХХ століття вітчизняними та закордонними вченими була розроблена добра теоретична база для обґрунтування, організації, управління і оцінки економічної ефективності програм з енергозбереження та ефективного використання енергоресурсів. Значний науково-практичний інтерес у цій сфері становлять праці таких вчених, як В. В. Каменєва, Т. В. Сердюк, І. Б. Швець, О. В. Захарова, Д. Ю. Наконечна, І. О. Самойленко, І. М. Трунова, С. Є. Герасимов, М. Т. Браун, С. Дж. Клівленд, Р. К. Кауфман, Д. І. Стерн, Д. Чепмен, А. Тайц, Е. Ловінс та ін.

Попри значну кількість наукових досліджень у цій галузі залишається низка проблем, що значно зменшує економічну ефективність програм із раціонального енергоспоживання. Так, відсутність економічного обґрунтування необхідності контролю якості споживаних енергоресурсів з боку підприємств робить цей захід серед енергоменеджменту та керівництва вкрай непопулярним, а на деяких промислових підприємствах сприймається взагалі як недоцільний. Така ситуація зумовлює необхідність визначення фінансових загроз, що несе низька якість ПЕР для промислових підприємств та відповідного доопрацювання системи заходів із підвищення ефективного використання енергоресурсів.

**Метою** статті є дослідження впливу використання основних паливно-енергетичних ресурсів неналежної якості на економічний стан підприємства та удосконалення організації системи ефективного енергоспоживання.

**Результати дослідження.** Під терміном «якість енергоресурсу» слід розуміти ступінь відповідності параметрів енергоресурсу його встановленим значенням. У свою чергу, параметр енергоресурсу – це величина, яка кількісно характеризує певну властивість конкретного енергоресурсу, що розглядається. Зважаючи на це, доцільним є розгляд параметрів якості кожного основного ПЕР промислових підприємств окремо, а саме: електричної енергії, стисненого повітря, природного газу.

*Параметри якості електричної енергії.* Електрична енергія залишається на сьогодні основним енергоресурсом для промисловості. Близько 54% усієї виробленої в Україні електроенергії споживається на об'єктах промислового призначення. Відповідно саме низька якість електроенергії є головним джерелом фінансових збитків та недоотриманого прибутку для промислових підприємств поміж інших ПЕР. Так, наприклад, дослідження, проведені у рамках програми Європейської комісії «Leonardo Energy», показали, що щорічні фінансові збитки для промисловості лише ЄС через неналежну якість енергоресурсів становлять не менше ніж 10 млрд євро, в той час як витрати на їх запобігання не перевищували б 5% від цієї суми [11].

Слід зауважити, що споживання електричної енергії неналежної якості призводить не лише до її перевитрати, збільшення часу технологічного процесу та простою трудових ресурсів, а й до погіршення якості готової продукції, зростання кількості браку, скорочення міжремонтних інтервалів обладнання, збільшення ймовірності аварій.

Основні параметри електроенергії, неналежна якість яких спричиняє найбільші фінансові збитки промислових підприємств, наведені на рис. 1. Розглянемо їх більш детально.

1. Падіннями та провалами напруги є короточасні зменшення амплітуди напруги, що тривають від сотих часток секунди до декількох секунд. Незважаючи на досить незначну тривалість таких явищ, вони несуть із собою значні фінансові збитки,

оскільки, як правило, викликають системні аварії. Дослідження, проведені у промислових мережах 5–30 МВА низькотехнологічних виробництв ЄС за 10 місяців, виявили 858 провалів напруги, 42 із яких призвели до збоїв технологічного процесу. Орієнтовна сума збитків для цих виробництв склала не менше ніж 600 тис. євро (у середньому 14,3 тис. євро на один випадок чи 50 тис. євро на ділянку досліджуваної мережі). Вочевидь, що збитки високотехнологічних виробництв від провалів напруги є ще більшими.

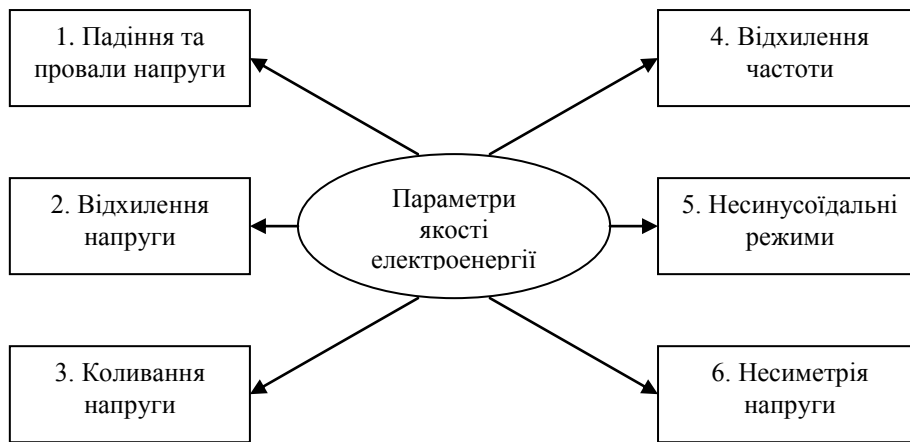


Рис. 1. Основні параметри якості електричної енергії

У табл. 1 наведені типові фінансові збитки від провалів та падінь напруги.

Таблиця 1 – Типові розміри збитків підприємств від падінь та провалів напруги [6]

Галузь виробництва	Типовий фінансовий збиток за подію
Виробництво напівпровідників, тис. грн	40850,0
Виробництво сталі, тис. грн	3762,5
Виробництво скла, тис. грн	2687,5
Комп'ютерний центр, тис. грн	8062,5
Телекомунікаційний центр, тис. грн/хв.	322,5

2. Відхиленням напруги називається різниця між фактичним значенням напруги та його номінальним значенням. Основним джерелом відхилень напруги у промисловості є зміна режиму роботи приймачів та нераціональні підключення. Відхилення напруги чітко регламентуються та, як правило, не перевищують  $\pm 10\%$  від номінального значення. Та навіть таке відхилення негативно впливає на виробничий цикл. Так, наприклад, при виплавленні феросплаву ФС-45 відхилення напруги на 1% від номінального значення призводить до зменшення продуктивності рудо-термічної печі на 1,717 т/добу або в грошовому еквіваленті на 16,8 тис. грн. Негативні наслідки від відхилення напруги для деяких галузей промисловості наведені в табл. 2.

Також треба зауважити негативний вплив відхилення напруги на освітлювальні прилади: при відхиленні напруги на 1% споживана потужність ламп розжарювання зростає на 1,5%, а їх термін служби скорочується на 14%.

Таблиця 2 – Негативні наслідки відхилення напруги  
від номінального значення для промисловості [8]

Галузь промисловості	Зміна показника відхилення напруги	Наслідок
Ткацька	на кожен –1%	Зменшення продуктивності механізмів та верстатів на 0,2%
Целюлозно-паперова	на кожен –1%	Виробнича продуктивність комбінату зменшується на 0,1%
Металургійна	на –7%	Тривалість плавки металів в печах опору зростає з 3 до 5 годин
	на –(8–10)%	Неможливо довести технологічний процес в печах опору та індукційних печах до кінця
Металообробна	на –10%	Тривалість металообробки на станках та тривалість зварювальних робіт зростає на 20%
Виробництво електроніки	> +/- 2%	Зростання відсотка браку готової продукції до 20–25%

3. Коливання напруги оцінюється за частотою зміни напруги. Як правило, у промисловості коливання напруги виникає через роботу потужних різкозмінних навантажень. Дослідження показали, що для нормальної роботи машин контактного зварювання коливання напруги не повинно перевищувати 5%, а 10–15% коливання напруги призводить до виходу з ладу перетворювачів частоти, конденсаторних батарей та порушення режиму роботи електродвигунів [5]. Окрім того, коливання напруги викликані роботою прокатних станів, призводять до коливання активної і реактивної потужності синхронних генераторів ТЕС, що збільшує їх споживання електроенергії на 8–14% та відповідно негативно відображається на економічності роботи всієї мережі.

4. Під коливанням частоти розуміють різницю між діючим та номінальним значенням основної частоти. Відомо, що відхилення коливання частоти на 1% від номінального значення призводить до зростання втрат у мережах на 2%. Вплив відхилення коливання частоти на роботу приймачів електроенергії промислового призначення вивчений досить погано. Найбільше ж сильно від коливання частоти у промислових електричних мережах залежить робота електродвигунів змінного струму.

5. Несинусоїдальні режими роботи в мережах промислового електропостачання є джерелом вищих гармонік. Вищі гармоніки струму та напруги викликають додаткові втрати активної потужності в усіх елементах електричних мереж. Так, наприклад, рівень додаткових втрат при несинусоїдальних режимах роботи в живильних мережах промислових підприємств зростає до 4–6% номінальних втрат при синусоїдальному режимі. Також дослідження показують, що при коефіцієнті несинусоїдальності, що дорівнює 10–15%, сумарні амортизаційні відрахування та вартість поточних ремонтів кабельних ліній зростають на 15–20%, а при коефіцієнті несинусоїдальності, що дорівнює 15–20%, – до 30% [3].

6. Несиметрія напруги трифазної мережі є одним із найважливіших параметрів якості електричної енергії. Основною причиною появи несиметрії напруги є підключення до електричної мережі потужних однофазних приймачів. Найбільш сильно цей параметр якості електроенергії впливає на роботу асинхронних двигунів. Наприклад, при несиметрії напруги 4% термін служби електродвигуна скорочується у 2 рази, а при несиметрії напруги 5% потужність двигуна зменшується на 5–10%, а при

несиметрії 10% – на 20–25% залежно від типу електродвигуна.

*Параметри якості стисненого повітря.* У промисловості стиснене повітря є другим за широтою використання енергоресурсом після електричної енергії. Стиснене повітря застосовується як робоче середовище у технологічних процесах (наприклад, у хімічній промисловості) і як енергоносіє практично на всіх підприємствах. У зв'язку з різноманітністю функцій до стисненого повітря висуваються певні вимоги з якості. Основними з них є: концентрація та розмір частинок пилу та вологість.

Ступінь вологості стисненого повітря має особливу значущість, оскільки при великій вологості можлива конденсація вологи з повітря та осідання її на внутрішніх поверхнях механізмів. Конденсат здатний викликати корозію у трубопроводах та арматурі, що збільшує витрати стисненого повітря на 30–40% [9]. Висока концентрація вологи у стисненому повітрі погіршує якість продукції фармацевтичної, хімічної, целюлозно-паперової та харчової промисловості.

При стисненні повітря до 10 бар концентрація частинок пилу у ньому зростає у 11 разів, що загрожує пошкодженням апаратури обліку та випуском браку електроніки.

Слід зазначити, що важливим параметром якості з економічної точки зору є і густина повітря до стиснення. Наприклад, влітку щільність повітря на 14–17% нижча за зиму, що призводить до зниження продуктивності компресора на 4–7% та до зростання додаткових витрат електроенергії на 7–10% [7].

*Параметри якості природного газу.* Горючі природні гази набули широкого використання у промисловості як паливо для невеликих котелень та як енергоносіє для газових печей прожарювання. Основним параметром якості природного газу є число Воббе, що є відношенням теплоти згорання газу до його кореня квадратного з відносної густини. Значення числа Воббе для природного газу згідно з чинними нормами повинно знаходитися в межах 9800–13000 ккал/м<sup>3</sup>. Чим нижчим є показник цього параметра, тим більшими є перевитрати природного газу на виробництві для виконання одного й того самого технологічного процесу. Слід зазначити, що показники числа Воббе для різних регіонів України досить сильно відрізняються та залежать від класу видобутого газу, його переробки та очищення (якщо таке має місце). Показники числа Воббе для деяких регіонів України та перевитрата природного газу щодо регіону з найкращим параметром наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Число Воббе та перевитрата природного газу для регіонів України

Область України	Число Воббе природного газу, ккал/м <sup>3</sup>	Перевитрата природного газу на кожну 1 Гкал теплоти, м <sup>3</sup>
АР Крим	12241	0
Донецька	11843	+2,7
Сумська	11850	+2,6
Київська	11653	+4,1
Львівська	11788	+3,1
Черкаська	11892	+2,4

Іншим важливим параметром якості природного газу для промисловості є наявність у його складі сірчаних сполук. Адже вони є причиною корозії апаратури, викликають швидке та незворотне пошкодження каталізаторів, що використовуються при конверсії газу. До того ж при спалюванні газу, що має у своєму складі сірчані сполуки,

виділяються високотоксичні оксиди сірки, які негативно впливають на навколишнє середовище [4].

Зважаючи на все наведене вище, доцільним є введення контролю та системи заходів з покращання якості енергоресурсів промислового підприємства у рамках підрозділу енергоменеджменту. Реалізацію заходів з контролю та покращання якості енергоресурсів пропонується проводити за схемою, наведеною на рис. 2.



Рис. 2. Програма реалізації заходів із підвищення якості енергоресурсів підприємства

Перед реалізацією заходів, які вимагають значних капітальних вкладень, доцільною є перевірка умови економічної ефективності їх застосування:

$$K_e \cdot (K_{n,e} + K_a) + p_0 \cdot \Delta E < L, \quad (1)$$

де  $K_e$  – капітальні вкладення для реалізації заходу з підвищення якості енергоресурсу, грн;  
 $K_{n,e}$  – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;  
 $K_a$  – коефіцієнт відрахування на амортизацію, ремонт та обслуговування;  
 $p_0$  – ринкова вартість одиниці енергоресурсу, грн;

$\Delta E$  – додаткові витрати енергоресурсу на реалізацію заходу;  
 $L$  – річні фінансові збитки для підприємства від неналежної якості енергоресурсу, що можуть бути усунені у рамках даного заходу, грн.

**Висновки і перспективи подальших наукових розробок.** Зважаючи на значні фінансові збитки промислових підприємств від використання енергоресурсів низької якості, існуючий на підприємствах механізм ефективного використання енергоресурсів, що зводиться лише до застосування енергозберігаючих технологій, є малорезультативним. Тому для підрозділу енергетичного менеджменту підприємства доцільним є введення додаткової функції контролю та підвищення якості енергетичних ресурсів, що базувалася б на таких основних елементах: 1) моніторинг та оптимізація договорів на поставку енергоресурсів з урахуванням необхідних вимог якості; 2) контроль якості енергоресурсів власного виробництва; 3) обґрунтування, планування та реалізація заходів з підвищення якості енергоресурсів, що використовуються підприємством.

#### **Література**

1. *Петрушка, Т. О.* Аналізування впливу чинників на ефективність впровадження ресурсоощадних технологій / Т. О. Петрушка // Науковий вісник НЛТУ України. – 2011. – № 21.1 – С. 248–255.
2. *Толбатов, В. А.* Організація систем енергозбереження на промислових підприємствах / В. А. Толбатов, І. Л. Лебединський, А. В. Толбатов. – Суми : СумДУ, 2009. – 195 с.
3. *Баталов, А. Г.* Качество электроэнергии в системах электроснабжения / А. Г. Баталов, Д. В. Бородин, В. И. Васильченко и др. – Харьков : ХНАГХ, 2006. – 272 с.
4. *Исмагилов, Ф. Р.* Экология и новые технологии очистки сероводородсодержащих газов / Ф. Р. Исмагилов. – Уфа : Экология, 2000. – 216 с.
5. *Суднова, В. В.* Качество электрической энергии / В. В. Суднова. – М. : Энергосервис, 2000. – 80 с.
6. *Чэпмэн, Д.* Цена низкого качества электроэнергии / Д. Чэпмэн ; пер. с англ. Е. В. Мельникова // Энергосбережение. – 2004. – № 1. – С. 66–70.
7. *Усанова, О. Ю.* Технологические энергоносители предприятий / О. Ю. Усанова. – М. : МГИУ, 2011. – 118 с.
8. *Федоров, А. А.* Основы электроснабжения промышленных предприятий / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – М. : Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
9. *Влияние качества сжатого воздуха на работу пневматического оборудования и его планирование для конкретных применений* // Сайт компании «ЭнергоТехника» [Електронний ресурс]. – Режим доступа к ресурсу : <http://boge-su/articles/7.html>.
10. *Энергосбережение в промышленности* // Сайт компании ООО «Электропрестиж» [Електронний ресурс]. – Режим доступа к ресурсу : <http://electroprestige.net.ua/a3482-energoberezhnie-promyshlennosti.html>.
11. *Introduction to power quality* // Site of The Global Community for Sustainable Energy Professionals «Leonardo Energy» [Електронний ресурс]. – Режим доступа до ресурсу : <http://leonardo-energy.org/good-practice-guide/introduction-power-quality>.

*Отримано 01.09.2013 р.*

#### **Экономические основы повышения контроля качества энергоресурсов промышленных предприятий**

*АЛЕКСАНДР МИХАЙЛОВИЧ МАЦЕНКО\*,  
ДМИТРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ОВЧАРЕНКО\*\**

\* кандидат экономических наук, доцент кафедры экономики  
и бизнес-администрирования Сумского государственного университета,  
ул. Р.-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина,  
тел.: 00-380-542-332223, e-mail: amatsenko@mail.ru

\*\* аспирант кафедры экономики и бизнес-администрирования  
Сумского государственного университета,  
ул. Р.-Корсакова, 2, г. Сумы, 40007, Украина,  
тел.: 00-380-542-332223, e-mail: ovcharenko.dn@gmail.com

Постепенная интеграция Украины в мировые торговые отношения обуславливает открытие свободного доступа товаров иностранного производства на национальные рынки, что ставит на грань банкротства отечественные предприятия из-за их энергоемких производственных циклов и высокой стоимости энергоресурсов на внутреннем рынке. В статье проанализировано влияние энергетических ресурсов ненадлежащего качества на финансовое состояние промышленных предприятий. Анализ параметров качества основных топливно-энергетических ресурсов, применяемых в производственных циклах, обнаружил значительное влияние этих показателей на расходы энергоресурсов, производительность работы оборудования и динамику амортизационных отчислений. Предложена программа реализации мероприятий по повышению качества энергоресурсов, которая предусматривает выполнение совокупности последовательных шагов, которые призваны оптимизировать как систему поставок энергоресурсов, так и систему их потребления, а именно: внутренний аудит использования энергоресурсов, анализ и оптимизацию договоров на их поставку, мониторинг выполнения договоров в части соответствия качества, планирование и реализацию мероприятий по повышению качества энергетических ресурсов.

*Ключевые слова:* качество, энергоресурс, эффективность, энергосбережение, предприятие.

*Mechanism of Economic Regulation*, 2013, No 3, 71–79  
ISSN 1726-8699 (print)

**Economic Principles of Increase the Control Quality  
of Energy Resources Industrial Enterprises**

**OLEKSANDR M. MATSENKO\***,  
**DMYTRO M. OVCHARENKO\*\***

\* *C.Sc. (Economics), Associate Professor, Department of Economics and Business-Administration,  
Sumy State University, R.-Korsakova Street, 2, Sumy, 40007, Ukraine,  
phone: 00-380-542-332223, e-mail: amatsenko@mail.ru*

\*\* *Postgraduate Student, Department of Economics and Business-Administration,  
Sumy State University, R.-Korsakova Street, 2, Sumy, 40007, Ukraine,  
phone: 00-380-542-332223, e-mail: ovcharenko.dn@gmail.com*

*Manuscript received* 01 September 2013.

The gradual integration of Ukraine into the world trade relations leads to the opening of the free access of goods of foreign production to domestic markets, which puts on the brink of bankruptcy domestic enterprises through their energy-intensive production cycles and high cost of energy resources in the domestic market. The article analyzes the impact of poor quality of energy resources on the financial condition of industrial enterprises. Analysis of main quality parameters of the energy resources used in the production cycle, revealed a significant effect of these parameters on energy consumption, performance and dynamics of machinery depreciation. The program of measures to improve the quality



of energy is proposed, which involves the set of steps that are designed to optimize energy supplies system and the system of consumption, namely: internal energy audit, analyze and optimize supply contracts, monitoring of contracts in the field of qualities, planning and implementation of measures to improve the quality of energy resources.

*Keywords:* quality, energy resource, efficiency, energy saving, enterprise.

*JEL Codes:* A11, B41, D20, Q40

Tables: 3; Figures: 2; Formulas: 1; References: 11

*Language of the article:* Ukrainian

*References*

1. Petryshka, T. O. (2011), "Analysis of influence factors on the efficiency of resource saving technologies," *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*, 21.1, 248–255. (In Ukrainian)
2. Tolbatov, V. A., Lebedinskij, I. L. and Tolbatov, A. V. (2009), *Organization of energy saving at the industrial enterprises*, Sumy, Sumy State University. (In Ukrainian)
3. Batalov, A. G., Borodin, D. V., Vasilchenko, V. I., Grib, O. G., Hromadsky, Y. S., Dovgalyuk, O. N., Kalyuzhnyi, D. N., Manov, I. A., Senderovich, G. A. and Rozhkov, P. P. (2006), *The quality of electricity in supply systems*, Kharkov. (In Russian)
4. Ismagilov, F. R. (2000), *Ecology and new treatment technologies hydrogen sulfide containing gas*, Ufa, Ecology. (In Russian)
5. Sudnova, V. V. (2000), *Quality of electric energy*, Moscow, Energoservice. (In Russian)
6. Chapman, D. (2004), "Price of low quality electricity," *Energoberezhenie*, 1, 66–70. (In Russian)
7. Usanova, O. Y. (2011), *Technological energy carriers of enterprises*, Moscow. (In Russian)
8. Fedorov, A. A. and Kameneva, V. V. (1984), *Fundamentals of industrial power supply*, Moscow, Energoatomizdat. (In Russian)
9. *The influence of the quality of the compressed air at the work of pneumatic equipment and its planning for specific applications*, <http://boge.su/articles/7.html>. (In Russian)
10. *Energy saving in industry*, <http://electroprestige.net.ua/a3482-energoberezhenie-promyshlennosti.html>. (In Russian)
11. *Introduction to power quality*, <http://leonardo-energy.org/good-practice-guide/introduction-power-quality>. (In English)