

Луцький національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

Давиденко Ніна Володимирівна

УДК 658.26:621.311-047.36

Дисертація

**Моніторинг ефективності електроспоживання насосних станцій системи
комунального водопостачання з урахуванням чинників зовнішнього
середовища**

Спеціальність 05.09.03 – «Електротехнічні комплекси та системи»
технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Н. В. Давиденко

Науковий керівник:

Розен Віктор Петрович
доктор технічних наук, професор

Луцьк - 2017

Зміст

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	23
ВСТУП	24
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ АСПЕКТІВ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	31
1.1 Загальний аналіз рівня енергоефективності системи водопостачання та чинників, що його визначають	31
1.1.1 Характеристика стану ефективності електроспоживання об'єктів водопостачання та визначення суттєвого використання електроенергії ..	31
1.1.2 Аналіз чинників, що впливають на ефективність електроспоживання насосної станції	35
1.2 Огляд існуючих підходів та шляхів підвищення енергоефективності об'єктів водопостачання	36
1.3 Сучасні інструменти забезпечення енергоефективності виробничих об'єктів	43
1.3.1 Засади ефективного управління енергоспоживання та завдання системи енергоменеджменту	43
1.3.2 Планування енергоспоживання	46
1.3.3 Моніторинг ефективності енергоспоживання	47
1.4 Завдання щодо реалізації принципів ефективного управління електроспоживанням в системах комунального водопостачання	51
1.4.1 Загальна характеристика стану вирішення проблеми та питань, що потребують розгляду	51
1.4.2 Складові задачі побудови базового рівня електроспоживання об'єктів водопостачання	53
1.5 Висновки та постановка задач дослідження	56
РОЗДІЛ 2. ФОРМАЛІЗАЦІЯ УРАХУВАННЯ ВПЛИВУ ЗОВНІШНІХ ЧИННИКІВ НА РЕЖИМ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ	

ТА ФОРМУВАННЯ ТИПОВИХ ДІАПАЗОНІВ ДЛЯ ВИЗНАЧАЛЬНИХ ЗМІННИХ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ	58
2.1 Діагностування зовнішніх чинників, що впливають на ефективність електроспоживання	58
2.1.1 Взаємозв'язок моделей об'єктів водопостачання та електроспоживання	58
2.1.2 Критерії ефективного електроспоживання в системі водопостачання	60
2.1.3 Аналіз впливу зовнішніх чинників на витрату води з мережі водопостачання	62
2.2 Опис графіка добової витрати води з мережі водопостачання	64
2.3 Виявлення та формалізація прихованих закономірностей у добових графіках витрати води з мережі водопостачання	67
2.3.1 Обґрунтування вибору методу для вирішення задачі	67
2.3.2 Постановка задачі класифікації графіків витрати води	70
2.3.3 Формування сукупності класифікаційних ознак	71
2.3.4 Розподіл сукупності графіків витрати води з мережі на кластери та інтерпретація результатів класифікації	73
2.3.5 Інтерпретація результатів дискримінації та розпізнавання належності добових графіків витрати води з мережі до типових груп ..	78
2.4 Формалізований опис режиму витрати води з мережі водопостачання з урахуванням впливу чинників зовнішнього середовища	80
2.4.1 Визначення характеристик водоподачі з урахуванням сезонності .	80
2.4.2 Побудова профілів графіків витрати води для типових днів та їх опис	82
2.5 Висновки до розділу	84
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МОДЕЛІ БАЗОВОГО РІВНЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ ...	86
3.1 Формалізація задачі унормування базового рівня електроспоживання до визначальних чинників та вибір періоду дискретизації	86

3.2 Дослідження факторного поля режиму електроспоживання насосної станції та формування інформаційної бази даних	89
3.2.1 Побудова кортежу визначальних змінних базового рівня електроспоживання	89
3.2.2 Планування виробничого експерименту для формування бази даних	94
3.2.3 Статистичний аналіз даних	96
3.3 Вибір методу моделювання електроспоживання насосної станції	99
3.4 Побудова моделей базового рівня електроспоживання з використанням методів самоорганізації	104
3.4.1 Формальна постановка задачі та суть алгоритму методу групового урахування аргументів	104
3.4.2 Формування набору моделей-претендентів	111
3.4.3 Вибір кращої структури моделі	113
3.5 Висновки до розділу	120
РОЗДІЛ 4 АДАПТАЦІЯ ФУНКЦІЙ МОНІТОРИНГУ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПОСТАЧАННЯ ДО ЗМІННИХ УМОВ ФАКТИЧНОГО РЕЖИМУ ВОДОПОДАЧІ	122
4.1 Призначення та складові системи контролю і планування енергоспоживання	122
4.2 Вибір способу ідентифікації неефективного електроспоживання	125
4.3 Процедура контролю енергоефективності	128
4.3.1 Встановлення нормативів для контрольованих параметрів	128
4.3.2 Визначення меж регулювання контрольних карт Шухарта для визначальних змінних	130
4.3.3 Організація повідомлень енергоменеджера (сигналізація) про відхилення від нормативу	132
4.3.4 Алгоритм контролю енергоефективності з урахуванням впливу зовнішніх чинників	135

4.3.5	Результати контролю ефективності електроспоживання насосної станції II підйому	136
4.4	Формалізація моніторингу енергоефективності об'єктів водопостачання з урахуванням зовнішніх чинників	140
4.5	Інформаційне забезпечення моніторингу енергоефективності об'єктів водопостачання	145
4.6	Висновки до розділу	147
	ВИСНОВКИ	149
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	152
	ДОДАТКИ	172
	ДОДАТОК А Акти впровадження результатів дисертаційної роботи	173
	ДОДАТОК Б Опис нерівномірності добового графіка витрати води з мережі	177
	ДОДАТОК В Процедура кластерного аналізу добових графіків витрати води з мережі	182
	ДОДАТОК Г Побудова правил розпізнавання належності добових графіків витрати води з мережі до типових кластерів за допомогою дискримінантного аналізу	198
	ДОДАТОК Д Результати аналізу профілів витрати води з мережі для типового дня	210
	ДОДАТОК Е Результати статистичного аналізу даних виробничого експерименту	216
	ДОДАТОК Є Результати моделювання електроспоживання	226
	ДОДАТОК Ж Критерії адекватності моделей та точності прогнозу	229
	ДОДАТОК З Список опублікованих праць за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації	236

ВСТУП

Актуальність теми. Енергетична ефективність на сьогоднішній день є одним із пріоритетів ЄС. Енергоефективність у контексті видачі комплексних рішень є «горизонтальною» проблемою, що стосується будь-яких галузей і технологічних процесів [1]. Питання підвищення рівня енергоефективності в умовах скорочення запасів енергоносіїв і зростання їх ринкової вартості належить до стратегічних завдань держав та є пріоритетним завданням окремих організацій і підприємств. Рекомендації Міжнародного енергетичного агентства щодо реалізації політики у сфері підвищення енергоефективності стосовно сектору житлово-комунального господарства полягають у підвищенні ефективності кінцевого споживання енергії в сфері комунальних послуг [2]. Особливо актуальною дана проблема є для підприємств водопровідно-каналізаційного господарства (ПВКГ). Підвищення рівня енергоефективності потребує впровадження сучасних енергозберігаючих технологій, підвищення якості, результативності та ефективності виробничих процесів і споживання енергоресурсів [3], розвитку системи управління енергоефективністю та розробки дієвих способів виявлення прихованих резервів економії енергоресурсів, а об'єктивний аналіз, обґрунтована кількісна оцінка та контроль ефективності енергоспоживання є необхідною умовою досягнення помітних практичних результатів.

Одним із інструментів ефективного управління енергоспоживанням ПВКГ є впровадження систем енергоменеджменту (СЕМ) і здійснення пооб'єктного контролю ефективності енергоспоживання з урахуванням циклічних змін виробничого процесу. Актуальним завданням є розвиток системи моніторингу енергоефективності як складової СЕМ, зокрема, удосконалення існуючих та розробка нових підходів і процедур аналізу, планування електроспоживання об'єктів водопостачання та контролю його ефективності з урахуванням фактичних умов їх функціонування, зумовлених впливом чинників зовнішнього середовища, для забезпечення управління енергоспоживанням в системі комунального водопостачання (СКВ) та підвищення рівня її енергоефективності.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Виконані в дисертаційній роботі дослідження відповідають пріоритетному напрямку розвитку науки і техніки «Енергетика та енергоефективність» (згідно Закону України від 12.10.2010 р № 2519 - 17 «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки»), пріоритетному тематичному напрямку «Способи застосування сучасного енергоменеджменту. Технології забезпечення енергобезпеки» (згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 942 від 07.09.2011 р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року» із змінами, внесеними згідно Постанови Кабінету Міністрів України № 556 від 23.08.2016). Обраний напрямок дослідження також пов'язано з науково-дослідною роботою, яка проводилася на кафедрі електропостачання Луцького національного технічного університету. Матеріали дисертаційної роботи використано під час виконання науково-дослідної роботи кафедри електропостачання Луцького НТУ «Удосконалення та розробка методів аналізу та підвищення ефективності енерговикористання в складних виробничих системах» ДР №0116 U001933.

Мета і задачі дослідження. *Метою* роботи є підвищення рівня енергоефективності системи комунального водопостачання шляхом урахування впливу чинників зовнішнього середовища та удосконалення функцій моніторингу ефективності електроспоживання об'єктів водопостачання.

Для досягнення мети були поставлені та вирішені такі задачі:

1. Виконати аналіз існуючого стану енергоефективності в СКВ та чинників, що впливають на ефективність електроспоживання об'єктів водопостачання, а також шляхів підвищення рівня енергоефективності та сучасних принципів ефективного управління енергоспоживанням.

2. Запропонувати підхід для урахування циклічних змін процесу водоподачі, зумовлених впливом чинників зовнішнього середовища, в процедурі моніторингу ефективності електроспоживання об'єктів водопостачання.

3. Визначити типові робочі межі основних технологічних параметрів процесу водопостачання та відповідні часові діапазони для визначення (спостереження)

визначальних змінних базового рівня електроспоживання (БРЕ) з урахуванням циклічних, сезонних та соціальних чинників.

4. Провести аналіз факторного поля змінних, що впливають на електроспоживання насосної станції водопостачання, дослідити взаємозв'язок вхідних і вихідних змінних та сформувані сукупність визначальних змінних БРЕ.

5. Вибрати метод унормування БРЕ до визначальних змінних та побудувати багатофакторну математичну модель електроспоживання, адаптовану до впливу сезонних змін зовнішнього середовища та соціальних чинників.

6. Запропонувати процедуру моніторингу, зокрема, планування електроспоживання та контролю його ефективності, з урахуванням чинників зовнішнього середовища і принципи використання його результатів в СЕМ ПВКГ.

Об'єкт дослідження: процес моніторингу електроспоживання насосними станціями водопостачання.

Предмет дослідження: планування електроспоживання насосних станцій водопостачання та контроль його ефективності.

Методи дослідження. Науково-методичну основу виконаних досліджень склали: методи морфометричного аналізу фігур різної форми та розмірів для опису нерівномірності добового графіка витрати води з мережі водопостачання, представленого у формі діаграми радарного типу; методи кластерного та дискримінантного аналізу для виявлення подібності добових графіків витрати води з мережі; методи статистичного аналізу даних виробничого експерименту для опису вибірок та встановлення характеру взаємозв'язку між електроспоживанням та визначальними змінними; метод групового урахування аргументів для унормування базового рівня електроспоживання до визначальних змінних; методи статистичного контролю для організації процедури контролю ефективності електроспоживання насосної станції водопостачання.

Наукова новизна одержаних результатів.

1. Набула подальшого розвитку реалізація функцій моніторингу енергоефективності об'єктів системи комунального водопостачання, зокрема, планування та контролю електроспоживання, яка передбачає інтеграцію процедур

інтелектуального аналізу даних не лише про об'єми електроспоживання та технологічні показники процесу водоподачі, а й про добовий графік витрати води з мережі водопостачання, що забезпечує можливість урахування впливу чинників зовнішнього середовища на ефективність режиму електроспоживання.

2. Запропоновано новий підхід до формалізації урахування впливу зовнішнього середовища на електроспоживання насосної станції водоподачі, який базується на виділенні подібності добових графіків витрати води з мережі водопостачання, нерівномірність яких описана класичними та морфометричними показниками, що дозволяє виявити циклічні зміни технологічного процесу, зумовлені впливом сезонних і соціальних чинників, та визначити часові діапазони для визначення (спостереження) визначальних змінних та побудови базового рівня електроспоживання.

3. Вперше побудовано структуровану багатофакторну модель базового рівня електроспоживання насосної станції водоподачі, яка базується на груповому урахуванні не лише технологічних параметрів процесу водоподачі, а й характеристик нерівномірності витрати води з мережі водопостачання залежно від типу дня, що дозволяє враховувати вплив на ефективність електроспоживання циклічних і сезонних змін стану зовнішнього середовища та соціальних чинників.

4. Удосконалено процедуру здійснення контролю ефективності електроспоживання насосної станції водоподачі, яка базується на використанні інструменту статистичного контролю та передбачає контроль як електроспоживання, так і технологічних показників, що забезпечує можливість виявлення не лише моментів невіпадкової зміни рівня ефективності електроспоживання, а й причин, що зумовлюють ці зміни, а також сприяє виявленню факту неефективної організації технологічного процесу водоподачі.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що проведені в роботі дослідження дозволили отримати нове вирішення актуальної задачі моніторингу ефективності електроспоживання насосної станції водоподачі з урахуванням конкретних умов її функціонування, зокрема:

- процедура виявлення прихованих закономірностей у добових графіках витрати води з мережі водопостачання та формування їх однотипних груп дозволяє виявити циклічні зміни технологічного процесу та визначити усереднені характеристики витрати води та профіль її добового графіка для характерного дня кожного сезону з метою їх використання для планування ефективного режиму водоподачі та електроспоживання;

- розроблені моделі електроспоживання, які є адаптованими до режиму водоподачі для характерного типу дня відповідного сезону, дозволяють врахувати фактичні умови функціонування насосної станції, зумовлені впливом сезонних та соціальних чинників, та згідно вимог стандартів серії ISO 50000 визначити базовий рівень електроспоживання, характерний для конкретного часового проміжку;

- запропонована процедура контролю електроспоживання, забезпечує можливість комплексного аналізу ефективності електроспоживання, причин, що зумовлюють відхилення від запланованого значення, а також ефективності технологічного процесу водоподачі, що є основою для прийняття рішень щодо удосконалення технологічного процесу та підвищення рівня енергоефективності насосної станції.

Реалізацію отриманих результатів здійснено на підприємстві водопровідно-каналізаційного господарства КП «Луцькводоканал» під час організації системи енергоменеджменту підприємства для підвищення енергоефективності системи комунального водопостачання м. Луцьк (акт впровадження від 18.10.2017 р.). Результати дисертаційної роботи використані в НДІ автоматики та енергетики «Енергія» НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» під час розробки автоматизованого робочого місця енергоменеджера промислових підприємств (акт впровадження від 11.10.2017 р.). Основні теоретико-методичні та практичні результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі як частина дисципліни «Енергетичний аудит та енергоменеджмент», що викладається в Луцькому НТУ під час підготовки магістрів за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (акт впровадження від 20.10.2017 р.).

Підтвердженням впровадження результатів дисертаційної роботи є наявність відповідних актів (додаток А).

Результати теоретичних досліджень, що викладені у [4] – [21], були отримані у Луцькому національному технічному університеті.

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримано автором самостійно. У роботах написаних та опублікованих в співавторстві, автору належать такі результати: [8] - результати виявлення прихованих закономірностей у ГВВ, їх опис та формування структурованого виду моделі електроспоживання; [9] - формулювання принципів контролю енергоефективності в СКВ, опис сформованих категорій класів; [10] - опис множини характеристик нерівномірності добових ГВВ, побудова архітектури їх аналізу; [11] - формалізація процедури контролю енергоефективності в СКВ, принципи її інформаційного забезпечення; [12] - характеристика основних процедур та етапів оперативного контролю енергоефективності в СКВ; [15] - побудова архітектури контролю енергоефективності в СКВ, опис її етапів; [16] - опис процедури виявлення прихованих закономірностей у ГВВ та принципів урахування її результатів; [17] - характеристика етапів процедури контролю енергоефективності в СКВ; [18] - формування множини характеристик опису нерівномірності графіків витрати води з мережі водопостачання; [19] - побудова процедури планування електроспоживання та опис її етапів.

Апробація результатів наукових досліджень. Основні результати роботи доповідались на 15 наукових конференціях, в тому числі 2 закордонних, та 3 наукових семінарах, зокрема: International Conference Systems, Control and Information Technology (SCIT-2016), Industrial Research Institute for Automation and Measurements PIAP, Warsaw, Poland, 2016; International Conference “Energy of Moldova – 2016. Regional aspects of development”, Institute of Power Engineering of Academy of Sciences of Moldova, Chisinau, Republic of Moldova, 2016; міжнародних науково-технічних та навчально-методичних конференціях «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку», НТУУ «КПІ», Київ, 2015 р., 2016 р., 2017 р.; міжнародних науково-технічних конференціях «Проблеми

енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», ХНТУСГ, Харків, 2015 р., 2016 р., 2017 р.; IV Міжнародній науково-технічній конференції «Оптимальне керування електроустановками» (ОКЕУ-2017), ВНТУ, м. Вінниця, 2017 р.; міжнародній науково-практичній конференції «Енергетика. Екологія. Людина» НТУУ «КПІ», Київ, 2016 р.; XVII міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика.», КрНУ, Кременчук, 2016 р.; міжнародних науково-технічних конференціях «Підвищення ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах», Луцький НТУ, Луцьк, 2014 р., 2016 р.; міжнародній науково-практичній конференції молодих науковців, аспірантів та студентів «Інформаційно-обчислювальні технології, автоматика та електротехніка (ІТАЕ – 2016)», НУВГП, Рівне, 2016 р.; всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених, спеціалістів, аспірантів «Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика», ДВНЗ «ПДТУ», Маріуполь, 2015 р.; I всеукраїнському науковому семінарі «Моніторинг енерго- та ресурсовикористання в складних виробничих системах», Луцький НТУ, Луцьк, 2015 р.; всеукраїнських науково-технічних семінарах «Проблеми і перспективи енергозбереження в ЖКГ та на промислових підприємствах», Луцький НТУ, Луцьк, 2015 р., 2017р.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 18 наукових праць, у тому числі 7 статей у наукових фахових виданнях України (з них 3 внесені до міжнародних науково-метричних баз даних), 2 статті у закордонних періодичних виданнях (з них 1 внесена до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus), 3 статті у наукових журналах і збірниках наукових праць, 6 - у матеріалах конференцій.

Структура та обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та додатків. Робота містить 128 сторінок основного друкованого тексту, 28 рисунків, 14 таблиць, список використаних джерел із 175 найменувань та дев'ять додатків. Загальний обсяг роботи – 240 сторінок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] European Commission. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC). *Reference Document on Best Available Techniques for Energy Efficiency*. Seville: Institute for Prospective Technological Studies, European IPPC Bureau, 2008. [Online]. Available: <http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/ene.html>.
- [2] С. П. Денисюк, «Особливості реалізації політики енергоефективності - пріоритети України», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 3, с. 7-19, 2013.
- [3] О. М. Ковалко, О. В. Новосельцев, та Т. О. Євтухова, *Вступ до теорії енергоефективності багаторівневих систем: методи та моделі енергетичного менеджменту в системі житлово-комунального господарства*. Київ: НАН України, Ін-т технічної теплофізики, 2014.
- [4] Н. В. Давиденко, «Формування кортежу визначальних змінних базового рівня електроспоживання насосної станції водопостачання», *Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки*, Вип. 187 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», с. 23-25. 2017.
- [5] Н. В. Давиденко, «Використання морфометричного підходу для моніторингу нерівномірності водоподачі в системі комунального водопостачання», *Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки*, Вип. 176 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», с. 31-32, 2016.
- [6] Н. В. Давиденко, «Формалізація урахування чинників впливу на ефективність режиму електроспоживання в системі комунального водопостачання», *Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки*. Вип. 175 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», с. 69-70, 2016.
- [7] Н. В. Давиденко, «Принципи урахування добової нерівномірності водоспоживання в задачах моніторингу ефективності енерговикористання в системах комунального водопостачання», *Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка*.

- Технічні науки*, Вип. 165 «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України», с. 28-30, 2015.
- [8] В. П. Розен, Л. В. Давиденко, та Н. В. Давиденко, «Процедура побудови базового рівня електроспоживання об'єктів водопостачання з урахуванням впливу зовнішніх чинників», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 3 (49), с. 31-37, 2017.
- [9] В. П. Розен, Л. В. Давиденко, та Н. В. Давиденко, «Структура системи комплексного контролю ефективності енергоспоживання об'єктів комунального водопостачання», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 4 (46), с. 81-88, 2016.
- [10] В. П. Розен, та Н. В. Давиденко, «Формування множини характеристик фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 3, с. 85-92, 2015.
- [11] L. Davydenko, V. Rozen, V. Davydenko, and N. Davydenko, «Formalization of Energy Efficiency Control Procedures of Public Water-Supply Facilities», *Advances in Intelligent Systems and Computing*, Vol. 543, pp. 196-202, 2017.
- [12] L. Davydenko, and N. Davydenko, «Integration of procedures of benchmarking and energy efficiency control in energy management system of municipal water supply enterprise», *Energetica Moldovei-2016: Aspecte regionale de dezvoltare, conferință internațională: Rapoarte*, Chișinău: S. n., Ed. 3. pp.123-131, 2016.
- [13] Н. В. Давиденко, «Завдання та етапи побудови системи контролю енергоефективності об'єктів комунального водопостачання», *Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*, № 1, с. 22-27. 2016.
- [14] Н. В. Давиденко, «Дослідження нерівномірності добових графіків водоподачі в системі комунального водопостачання», *Енергетика. Екологія. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ.*, с. 83-89, 2016.
- [15] Л. В. Давиденко, та Н. В. Давиденко, «Завдання та принципи організації комплексного контролю ефективності енерговикористання в системах комунального водопостачання», *Проблеми енергоресурсозбереження в*

- електротехнічних системах. Наука, освіта і практика*, Вип. 1/2016 (4), с. 201-203, 2016.
- [16] В. П. Розен, Л. В. Давиденко, та Н. В. Давиденко, «Принципи побудови базового рівня електроспоживання об'єктів водопостачання з урахуванням впливу зовнішніх чинників», на *IV Міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку*, Київ, НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», 2017, с. 112-113.
- [17] В. П. Розен, Л. В. Давиденко, та Н. В. Давиденко, «Система комплексного контролю енергоефективності режимів роботи об'єктів комунального водопостачання», на *III Міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку*, Київ, НТУУ «КПІ», 2016, с. 94-95.
- [18] В. П. Розен, та Н. В. Давиденко, «Формування сукупності характеристик нерівномірності водоспоживання для моніторингу енергоефективності режимів роботи систем комунального водопостачання», на *II Міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку*, Київ, НТУУ «КПІ», 2015, с. 73-76.
- [19] Л. В. Давиденко, та Н. В. Давиденко, «MONITORING AND TARGETING SYSTEMS об'єктів водопостачання: процедура планування ефективного електроспоживання», на *IV Міжнар. наук.-техн. конф. Оптимальне керування електроустановками*, Вінниця, ВНТУ, 2017. [Електронний ресурс]. Доступно: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/okey/okey/schedConf/presentations>
- [20] Н. В. Давиденко, «Опис нерівномірності водоподачі для моніторингу ефективності режимів енергоспоживання об'єктів водопостачання», на *VI міжнар. наук.-техн. конф. Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах*, Луцьк, Луцький НТУ, с. 55-56, 2016.
- [21] Н. В. Давиденко, «Формування інформаційного поля для моніторингу енергоефективності», на *Всеукраїнській наук.-практ. конф. молодих учених*,

- спеціалістів, аспірантів. *Проблеми енергоресурсозбереження в промисловому регіоні. Наука і практика*, Маріуполь, ДВНЗ «ДТУ», 2015, с. 126.
- [22] Міністерство з питань житлово-комунального господарства. *Наказ №352 від 10.11.2009, Галузева програма енергоефективності та енергозбереження у житлово-комунальному господарстві на 2010-2014 рр.* [Електронний ресурс]. Доступно: <http://document.ua/galuzeva-programa-energoefektivnosti-ta-energozberezhennja.html>.
- [23] Є. М. Іншеков, Є. Є. Нікітін, М. В. Тарновский, та А.В. Чернявський, *Посібник з муніципального енергетичного менеджменту*. Київ: Поліграф плюс, 2014.
- [24] Н. В. Грунтович, А. А. Капанский, и О. В. Федоров «Исследование влияния факторов на формирование удельных и общих расходов электрической энергии в технологической системе водоснабжения», *Электротехнические системы и комплексы*, № 3 (32), с. 54-59, 2016.
- [25] Б. С. Лезнов, *Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудувных установках*. Москва: Энергоатомиздат, 2006.
- [26] А. А. Капанский, «Моделирование электропотребления в технологической системе водоснабжения», *Вестн. ГГТУ им. П. О. Сухого*, № 2, с.74-85, 2016.
- [27] А. О. Євтушенко, В. Г. Неня, М. І. Сотник, та С. О. Хованський, «Визначення оптимального складу насосної станції системи комунального водопостачання», *Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського*, Вип. 4/2008 (51), Ч. 1, с. 158-162, 2008.
- [28] В. В. Грабко, та М. М. Мошноріз, *Метод та засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання*, Вінниця: ВНТУ, 2011.
- [29] В. С. Бойко, В. Г. Неня, М. І. Сотник, та С. О. Хованський «Аналіз частотного регулювання відцентрових насосів водопостачання з метою енергозбереження», *Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського*, Вип. 4/2009 (57), Ч. 1, с. 168-171, 2009.

- [30] Е. В. Шушкевич, «Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса», *Водоснабжение и санитарная техника*, № 1, с. 24-30, 2011.
- [31] Ю. А. Алексеева, и Т. В. Коренькова, «К вопросу построения модели водопотребления в гидротранспортных комплексах», *Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського*, Вип. 4/2008 (51), Ч. 1, с. 136-139, 2008.
- [32] М. І. Сотник, В. С. Бойко, та М. М. Юрченко, «Визначення ефективності експлуатації електромеханічних агрегатів», *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*, Вип. 2/2013 (22), Ч. 2, с. 226-232, 2013.
- [33] Н. Ю. Гарасьова, та Т. В. Величко, «Оцінка ефективності роботи регульованого електроприводу насосу при змінному графіку водоспоживання», *Наукові записки*, Вип. 15, с. 86-88, 2014.
- [34] Ю. А. Алексеева, и Т. В. Коренькова, «Техническое состояние и технологии управления насосными комплексами коммунального хозяйства», *Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського*, Вип. 3/2008 (50), Ч. 1, с. 135-141, 2008.
- [35] В. А. Петросов, *Устойчивость водоснабжения*. Харків: Фактор, 2007.
- [36] С. М. Романчук, «Мониторинг и анализ данных в процессе управления водоснабжением города Донецка», *Системний аналіз у науках про природу та суспільство*. Вип. 1, с. 133-143, 2011.
- [37] С. М. Романчук, «Алгоритмы управления технологическими режимами водоснабжения городов», *Вісн. Донец. нац. ун-т. Серія А: Природничі науки*, № 1, с. 103-110, 2014.
- [38] П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, та Т. В. Величко, «Побудова системи автоматизованого управління і моніторингу енергетичних параметрів насосної станції», *Наукові записки*. Вип. 10, Ч. 2, с. 123-126, 2010.
- [39] С. С. Романенко, та Т. В. Коренькова, «Інноваційні підходи в задачах підвищення ефективності гідротранспортних комплексів», *Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика*, № 1/2011 (1), с. 108-109, 2011.

- [40] С. О. Хованський «Методика вибору насосного агрегату в залежності від ступеня нерівномірності водоспоживання», *Вісн. НТУ "ХПІ": Технології в машинобудуванні*, № 54, с. 133-138, 2010.
- [41] С. О. Хованський, та В. Г. Неня, «Підбір насоса при його роботі на мережу зі змінним опором у часі», *Східно-європейський журнал передових технологій*, № 3/9 (45), с. 47-49, 2010.
- [42] В. В. Грабко, та М. М. Мошноріз, «Вдосконалення роботи насосної станції водопостачання», *Вісн. ВПІ*, № 6, с. 138–141, 2006.
- [43] М. М. Мошноріз, «Метод і засоби оптимізації роботи електроприводів насосної станції водопостачання», автореф. дис. ... канд. техн. наук, ВНТУ, Вінниця, 2010.
- [44] В. В. Грабко, та М. М. Мошноріз, «Підвищення ефективності керування насосними агрегатами станції водопостачання», *Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського*, Вип. 3(50), Ч. 1, с. 145-148, 2008.
- [45] О. Н. Синчук, Ю. Г. Осадчук, и М. Р. Сальников «К вопросу эффективности параметрического регулирования параллельно работающих насосных агрегатов», *Коммунальное хозяйство городов*, №47, с. 141-147, 2003.
- [46] А. Л. Перекрест, и О. А. Резник «Особенности реализации программного обеспечения для исследования способов регулирования производительности насосных станций», *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*, Вип. 2/2013 (22), с. 376-382, 2013.
- [47] Н. М. Якимчук, «Модельовання системи автоматичного керування з нечіткою логікою об'єктами водопостачання», *Вісн. Инж. акад. України*, № 3-4. с. 145-150. 2013.
- [48] В. С. Есилевский, В. Н. Кузнецов, и В.П. Панов, «Управление насосными агрегатами КНС с помощью систем нечетко-нейронного управления», *Вестн. ВГТУ*. № 9, Т. 8, с. 12-16. 2012. [Електронний ресурс]. Доступно: <http://cyberleninka.ru/article/n/neobhodimost-postroeniya-sistem-upravleniya-na-osnove-metodov-iskusstven-intellekta>.

- [49] Ю. А. Алексеева, и Т. В. Коренькова «Энергетические процессы в гидротранспортной системе с меняющимися эксплуатационными характеристиками насосного оборудования», *Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського*, Вип. 3/2010 (62), Ч. 2, С. 83-85, 2010.
- [50] І. В. Гладь, М. Й. Федорів, та О. І. Кіянюк, «Контроль енергоефективності відцентрових насосів» на *IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених і спеціалістів Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації*, КрНУ, Кременчук, 2011, с. 272-273.
- [51] І. В. Гладь, та О. І. Кіянюк, «Експериментальне дослідження енергоефективності електропривідних насосів системи водопостачання басейну», *Вісн. ВПІ*, № 6, с. 79-81, 2013.
- [52] Т. В. Михайлович, та М. Є. Фриз, «Метод інтервального прогнозування водоспоживання із використанням моделі періодичної авторегресії», *Вісн. ТНТУ*, Т. 66, № 2, с. 249-257, 2012.
- [53] В. М. Задачин, и И. А. Золотарьова, «Оптимальное планирование расхода электроэнергии на основе прогноза водопотребления города», *Вестн. ХГНУ*, № 1 (21), С. 39-41, 2005.
- [54] Р. О. Селепина, та Н. М. Якимчук, «Алгоритм регулювання енергоефективними режимами роботи насосного обладнання на основі дворівневого прогнозу водоспоживання», *Вісн. Нац. ун-ту «Львівська політехніка»*, № 666, с. 92-97, 2010.
- [55] Ю. А. Алексеева, Т. В. Коренькова, и В. Н. Сидоренко, «Модель водопотребления в системе энергоуправления насосным комплексом», *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*, Вип. 3-4/2008 (4), с. 54-58. 2008.
- [56] Т. В. Михайлович, та М. Є. Фриз, «Інформаційна система для імітаційного моделювання водоспоживання», *Вісн. ХНУ*, № 6, с. 264-268, 2013.
- [57] Н. И. Сотник, и В. С. Бойко, «Энергоэффективность электродвигателя как критерий выбора диапазона работы электромеханических агрегатов», *Наук. вісн. НГУ*, № 6, с. 78-84, 2013.

- [58] С. С. Василенко, «Формула успеха водоканалов = энергоэффективность», *Вода. Екологія. Суспільство*, № 1, 2014. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://ojs.kname.edu.ua/index.php/area/article/view/107/106>.
- [59] Н. В. Грунтович, и А. А. Капанский, «Прогнозирование энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения при внедрении мероприятий по энергосбережению», *Энергоэффективность*, № 1, с. 44-48, 2016.
- [60] А. А. Капанский, «Энергоэффективность технологических систем водоснабжения и водоотведения и методы ее оценки», *Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ*, Т. 59, № 5, с. 436-451, 2016.
- [61] Н. В. Грунтович, и А. А. Капанский, «Прогнозирование удельного расхода электрической энергии при изменении технологических расходов воды в системах городского водоснабжения», *Вестн. ГГТУ им. П.О. Сухого*, № 3, с. 37-45, 2016.
- [62] Н. В. Токочакова, и Д. Р. Мороз, «Расчетно-статистические модели режимов потребления электроэнергии как основа нормирования и оценки энергетической эффективности», *Энергоэффективность*, № 1, с. 14-15, 2006.
- [63] С. М. Романчук, «Направления развития городских АСУ ТП водоснабжения и водоотведения», *Наукові праці Донец. нац. ун-т. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка»*, № 1 (19), с. 131- 138, 2014.
- [64] А. В. Праховник и др. *Энергетический менеджмент*. Київ: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001.
- [65] *ДСТУ ISO 50001:2014. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2011, IDT)*. Київ: Мінекономрозвитку України, 2015.
- [66] Е. Н. Иншеков, «Стандарт ИСО 50001 «Системы энергетического менеджмента» от истории создания к промышленному внедрению», *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*, № 10 (116), с. 53-55, 2013.

- [67] ДСТУ ISO 50006:2016. Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
- [68] Г. Г. Півняк та ін. Системи енергоменеджменту та їх математичне забезпечення. Донецьк: Національний гірничий університет, 2013.
- [69] ДСТУ ISO 50004:2016. Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту (ISO 50004:2014, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
- [70] В. Ф. Находов, О. О. Пецкова, та Д. О. Іванько, «Моніторинг показників енергоспоживання в системі енергетичного менеджменту», *Енергетика. Екологія. Людина. Наукові праці НТУУ «КПІ», ІЕЕ*, с. 210-217, 2015.
- [71] В. Ф. Находов, О. В. Бориченко, та Д. О. Іванько, «Контроль ефективності енерговикористання в системі енергетичного менеджменту», *Вісн. КНУТД*, № 6, с. 67-77, 2013.
- [72] ДСТУ 4472-2005. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.
- [73] J. Pooley, «Quick Start Guide to Energy Monitoring & Targeting (M&T)», *Effective Energy Management Guide*, 2005. [Online]. Available: <http://www.oursouthwest.com/SusBus/susbus9/m&tguide.pdf>.
- [74] ДСТУ 4715:2007. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Склад та зміст робіт на стадії впровадження системи енергетичного менеджменту. Київ: Держспоживстандарт України, 2007.
- [75] ДСТУ 5077:200. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Перевірка та контроль ефективності функціонування. Київ: Держспоживстандарт України, 2007.

- [76] А. В. Праховник, та Є. М. Іншеков, «Енергетичний менеджмент: суттєві фактори, цілі, ієрархія, об'єкт діяльності», *Вісн. КДПУ ім. М. Остроградського*, Вип. 3/2004 (26), с. 75-79, 2004.
- [77] А. В. Праховник, М. П. Ковалко, та Є. М. Іншеков, «Ієрархічна система енергетичного менеджменту - основа енергоефективної економіки», *Праці Ін-ту електродинаміки НАНУ*, Спеціальний випуск, с. 7-11. 2005.
- [78] А. В. Праховник, та Є. М. Іншеков, «Побудова енергоефективної економіки України через створення ієрархічної системи енергетичного менеджменту», *Вісн. ХНТУСГ*, Вип. 27, Т. 1, с. 113-125, 2004.
- [79] С. П. Денисюк, та О. В. Бориченко, «Інтегровані системи енергоменеджменту як основа побудови сучасної політики енергоефективності вищих навчальних закладів», *Вісн. КНУТД*, № 6 (74), с. 212-220, 2013.
- [80] О. О. Закладний, та О. М. Закладний, «Засоби діагностичного аудиту енергоефективності як елемент побудови системи енергоменеджменту», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 2, с. 44-50, 2013.
- [81] В. П. Розен, О. І. Соловей, та А. В. Чернявський, «Організаційні заходи щодо впровадження та експлуатації системи енергетичного менеджменту на підприємстві», *Енергетика: економіка, технологія, екологія*, № 1, с. 66-70, 2002.
- [82] О. М. Сінчук, І. О. Сінчук, О. М. Ялова, та М. А. Бауліна, «До питання розбудови структури служби енергоменеджменту гірничорудного підприємства», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, №2, с. 90-95, 2014.
- [83] О. Н. Синчук, И. О. Синчук, Э. Г. Семёнович, А. Н. Яловая, М. А. Баулина, «Оценка потенциала и тактика повышения электроэнергоэффективности подземных железорудных производств», *Технологический аудит и резервы производства*, № 3/4(17), с. 34-39, 2014. doi:10.15587/2312-8372.2014.25329

- [84] Є. Є. Нікітін, «Підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання», автореф. дис. ... докт. техн. наук, НТУУ «КПІ», Київ, 2015.
- [85] В. І. Дешко, О. М. Шевченко, М. М. Шовкалюк, І. О. Суходуб, М. І. Сотник, та Н. П. Соколова, «Досвід створення та функціонування системи енергоменеджменту у ВНЗ», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 2, с. 34-45, 2016.
- [86] Е. Е. Никитин, «Оперативный контроль и анализ эффективности использования природного газа на промышленном предприятии», *Энерготехнологии и ресурсосбережение*, № 1, с. 17-28, 2011.
- [87] В. Ф. Находов, О. В. Бориченко, Д. О. Іванько, та І. О. Єгорова, «Комплексний підхід до визначення складу чинників, що впливають на величину енергоспоживання при впровадженні систем оперативного контролю енергоефективності», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 2, с. 68-77, 2014.
- [88] О. Н. Синчук, И. О. Синчук, и С. Н. Бойко, «Система управления электропотреблением горнорудных предприятий с целью повышения электроэнергоэффективности добычи железорудного сырья», *Технічна електродинаміка*, №6, с. 60-62, 2016.
- [89] О. Н. Синчук, Э. С. Гузов, Р. А. Пархоменко, В. П. Розен, «Моделирование процесса потребления электрической энергии при неоднородных энергетических режимах работы электроприёмников шахтных сетей», *Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика*, №1/2014(2), с. 243 – 245, 2014.
- [90] В. Ф. Находов, І. В. Стеценко, та Я. С. Бедерак, «Застосування методів самоорганізації математичних моделей енергоспоживання для встановлення «стандартів» в системах оперативного контролю енергоефективності», *Енергосбережение. Енергетика. Енергоаудит*, № 5 (99), с. 23-33, 2012.
- [91] В. Ф. Находов, О. В. Бориченко, та Д. О. Іванько, «Вибір математичної моделі для встановлення стандартів енергоспоживання виробничих об'єктів

- на основі багатокритеріального підходу», *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*, № 1, с. 20-28, 2014.
- [92] І. В. Стеценко, та Я. С. Бедерак, «Побудова багатofакторних математичних моделей енергоспоживання на хімічному виробництві», *Енергетика. Енергосбережение. Энергоаудит*, № 7, с. 41-48, 2013.
- [93] С. В. Цюцюра, В. О. Аніщенко, та Н. В. Ткаленко, «Інформаційна база системи енергетичного менеджменту промислового підприємства», *Управління розвитком складних систем*, Вип. 2, с. 63-67, 2010.
- [94] В. П. Розен, и В. Ф. Ткаченко, «Энергетический мониторинг зданий высших учебных заведений», *Проблемы региональной энергетики*, Вип. 2, с. 108-112, 2013.
- [95] В. П. Розен, та С. В. Вдовенко, «Система моніторингу втрат вуглеводневих ресурсів на нафтопереробних заводах», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 1, с. 59-65, 2013.
- [96] А. В. Чернявський, Д. В. Якобюк, та І. В. Якобюк, «Аналітичне забезпечення енергетичного моніторингу», *Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*, № 2 (133), с. 41-45, 2015.
- [97] А. В. Чернявський, та Д. В. Якобюк, «Інформаційно-аналітичні засоби моніторингу енергоефективності об'єктів нафтодобувної галузі», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 2, с. 106-111, 2014.
- [98] *ISO 50001:2011(E) Energy management systems - Requirements with guidance for use*. ANSI, 2011.
- [99] *ДСТУ ISO 50015:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання та верифікація рівня досягнутої/досяжної енергоефективності організацій. Загальні принципи та настанова (ISO 50015:2014, IDT)*. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
- [100] В. Ф. Находов, О. В. Бориченко, та Д. О. Іванько, «Вибір необхідного складу критеріїв адекватності математичних моделей енергоспоживання в системах оперативного контролю енергоефективності», *Енергетика: економіка, технології, екологія*, № 3, с. 68-77, 2013.

- [101] М. З. Згуровський, П. І. Бідюк, та О. М. Терентьєв, «Системна методика побудови БМ», *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*, № 4, с. 47-61, 2007.
- [102] В. Л. Плескач, та Т. Г. Затонацька, *Інформаційні системи і технології на підприємствах*. Київ: Знання, 2011.
- [103] П. І. Анпілогов, та В. М. Михайленко, «Принципи створення автоматизованої системи експертної оцінки тарифів на послуги водопостачання та водовідведення», *Системні дослідження та інформаційні технології*, № 3, с. 44-51, 2008.
- [104] В. С. Анфілатов, А. А. Ємельянов, и А. А. Кукушкин, *Системный анализ в управлении*. Москва: Финансы и статистика, 2002.
- [105] С. В. Дикмаров, и Г. Г. Садовский, *Регулирование мощности при производстве и потреблении электроэнергии*. Київ: Техніка, 1981.
- [106] I. Ya. Pavlinov., «Geometric morphometrics, a new analytical approach to comparison of digitized images», *Information technologies in biodiversity research*. St. Petersburg, pp. 41-90. 2001.
- [107] P. Anversa, G. Olivetti, and A. V. Loud, «Morphometric study of early postnatal development in the left and right ventricular myocardium of the rat. I. Hypertrophy, hyperplasia, and binucleation of myocytes», *Circulation research*, Vol. 46, No. 4, 1980. [Online]. Available: <http://circres.ahajournals.org/cgi/reprint/46/4/495>.
- [108] О. Д. Демов, Н. В. Коменда, та Т. І. Коменда, «Морфометрична оцінка графіка електричних навантажень», *Промелектро*, № 4, с. 22-25, 2008.
- [109] Н. В. Коменда, «Модель управління добовою нерівномірністю навантаження на основі морфометричного підходу», *Наукові нотатки*, Вип. 38, с. 90-95, 2012.
- [110] Т. І. Коменда, Н. В. Коменда, *Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання*. Луцьк: РВВ, Луцький НТУ, 2012.

- [111] А. В. Седов, и И. И. Надтока, *Системы контроля, распознавания и прогнозирования электропотребления: модели, методы, алгоритмы и средства*. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2002.
- [112] Дж. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка и др. *Факторный, дискриминантный и кластерный анализ*, пер. с англ. / под ред. И.С. Енюкова. Москва: Финансы и статистика, 1989.
- [113] Л. А. Сошникова, В. Н. Тамашевич, Т. Уебе, и М. Шеффер, *Многомерный статистический анализ в экономике*. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 1999.
- [114] С. А. Айвазян, В. М. Бухштабер, И. С. Енюков, и Л. Д. Мешалкин *Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности*. Москва: Финансы и статистика, 1989.
- [115] А. В. Головач, А. М. Єріна, О. В. Козирєв та ін., *Статистика*. Київ: Вища шк., 1993.
- [116] А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, и Л. И. Трошин, *Многомерные статистические методы*. Москва: Финансы и статистика, 2003.
- [117] В. Плюта, *Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях*. Москва: Статистика, 1980. 150 с.
- [118] Б. Дюран, и П. Оделл, *Кластерный анализ*, пер. с англ. Е.З. Демиденко / под ред. А.Я. Боярского. Москва: Статистика, 1977.
- [119] Н. Н. Буреєва, *Многомерний статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA»*. Нижний Новгород, 2007.
- [120] Э. А. Вуколов, *Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL*. Москва: ФОРУМ, 2008.
- [121] І.М. Пістунов та ін., *Кластерний аналіз в економіці*. Дніпропетровськ: НГУ, 2008.
- [122] Н. С. Педченко, *Моніторинг фінансової конкурентоспроможності підприємств*. Полтава: РВВ ПУСКУ, 2007.

- [123] *ГОСТ Р 50779.22-2005 Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего (ISO 2602:1980)*. Москва: Стандартинформ, 2005.
- [124] А. Г. Янковой, *Многомерный анализ в системе STATISTICA*. Одеса: Оптимум, 2001.
- [125] Н. В. Грунтович, Д. Р. Мороз, и А. А. Капанский, «Развитие методического обеспечения диагностирования и прогнозирования энергоэффективности технологических систем водоснабжения и водоотведения», *Энергоэффективность*, № 1, с. 20-23, 2015.
- [126] Н. В. Токочакова, Д. Р. Мороз, и А. С. Фиков, «Моделирование режимов потребления электрической энергии для задач управления энергетической эффективностью промышленных потребителей», *Вестн. Белорусско-Российского ун-та*, № 2 (15), с. 55-62, 2007. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://e.biblio.bru.by/handle/1212121212/1177>.
- [127] В. Г. Неня, «Забезпечення закону регулювання параметрів насосної станції за допомогою дроселюючих елементів», *Вісник Нац. техн. ун-ту "ХП"*. Темат. вип. Нові рішення в сучасних технологіях, № 53, с. 128-133, 2011.
- [128] Э. В. Залуцкий, «Критерии рационального использования энергии в насосных станциях», *Сантехника*, № 6, С. 34-35, 2003.
- [129] С. Л. Василенко, «Оценочные показатели энергоэффективности систем централизованного водоснабжения», *Интегрированные технологии и энергосбережение*, № 3, с. 89-94, 2015.
- [130] Т. П. Хомутецька, «Методика оптимізації роботи насосних станцій і безбаштової водопровідної мережі (на прикладі Чернігівського водопроводу)», *Вісн. Одес. держ. акад. буд-ва та архіт.*, Вип. 48, с. 215-229, 2012.
- [131] М. І. Сотник, С. О. Хованський, та О. І. Дужак, «Аналіз способів регулювання роботи насосних станцій комунального водопостачання», *Вісн. СумДУ. Серія Технічні науки*, № 8, с. 152-156, 2008.

- [132] Н. В. Токочакова, «Управление энергоэффективностью промышленных потребителей на основе моделирования режимов электропотребления», *Изв. высш. учеб. заведений и энергет. об-ний СНГ. Энергетика*, № 3, с. 67-75, 2006.
- [133] В. Б. Шашков, *Обработка экспериментальных данных и построение эмпирических формул*. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005.
- [134] В. С. Степашко, та Ю. В. Коппа, «Оперативне прогнозування як важливий елемент задачі моніторингу податкових процесів», *Інформаційні системи і технології в економіці та бізнесі*. [Електронний ресурс]. Доступно: http://www.gmdh.net/articles/rus/step_kop.pdf.
- [135] А. Г. Ивахненко, *Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем*. Київ: Наук. думка, 1981. 296 с.
- [136] А. Г. Ивахненко, и Ю. П. Юрачковский, *Моделирование сложных систем по экспериментальным данным*. Москва: Радио и связь, 1987.
- [137] А. Г. Ивахненко, *Долгосрочное прогнозирование и управление сложными системами*. Київ: Техніка, 1975.
- [138] Н. R. Madala, and A. G. Ivakhnenko, *Inductive Learning Algorithms for Complex Systems Modeling*. CRC Press, 1994.
- [139] І. А. Лур'є, В. В. Осипенко, В. І. Литвиненко, М. А. Таиф, та Н. В. Корніловська, «Гібридизація алгоритму індуктивного кластер-аналізу з використанням оцінки щільності розподілу даних», *Вісн. Нац. ун-т «Львів. політехніка»*. *Інформаційні системи та мережі*, № 832, с. 178-190, 2015.
- [140] Т. А. Дуброва, *Статистические методы прогнозирования*. Москва: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.
- [141] L. Anastasakis, and N. Mort, «The development of self-organization techniques in modelling: A review of the Group Method of Data Handling (GMDH)», *The University of Sheffield, United Kingdom, Research Report No. 813*, 2001. [Online]. Available: https://gmdhsoftware.com/GMDH_%20Anastasakis_and_Mort_2001.pdf.

- [142] J. A. Muller, and F. Lemke, *Self-Organising Data Mining. An Intelligent Approach to Extract Knowledge from Data*. Berlin: Books on Demand GmbH, 1999. [Online]. Available: <http://www.knowledgeminer.net/pdf/medical.pdf>.
- [143] А. Г. Ивахненко, и В. С. Степашко, *Помехоустойчивость моделирования*. Киев: Наук. думка, 1985.
- [144] *GMDH - General Description of the GMDH*. [Online]. Available: http://www.gmdh.net/GMDH_abo.htm.
- [145] В. С. Степашко, та С. М. Єфіменко, «Про застосування паралельних обчислень в задачах моделювання на основі індуктивного підходу», *Проблеми програмування*, № 2-3, Спеціальний випуск, с.170-176, 2006.
- [146] В. С. Степашко, «Теоретические аспекты МГУА как метода индуктивного моделирования», *УСиМ*, № 2, с. 31-38, 2003.
- [147] О. Г. Ивахненко, та Г. О. Ивахненко, *Индуктивные методы прогнозирования та аналізу складних економічних систем*. Черкаси: ЧДТУ, 2010.
- [148] І. В. Стеценко, *Моделювання систем*. Черкаси: ЧДТУ, 2010.
- [149] А.Г. Ивахненко, Ю.В. Коппа, В.С. Степашко и др. *Справочник по типовым программам моделирования*. Киев: Техника, 1980.
- [150] *GMDH Shell for Data Science uses the power of the GMDH (Group Method of Data Handling)*. [Online]. Available: <http://www.gmdh.net/>.
- [151] V. P. Belogurov, «A criterion of model suitability for forecasting quantitative processes», *Sov. J. of Automation and Information Sciences*, Vol. 23, No. 3, pp. 21-25, 1990. [Online]. Available: <http://www.gmdh.net/articles/index.html>.
- [152] А. Г. Ивахненко, и Е. А. Савченко, «Исследование эффективности метода доопределения выбора модели в задачах моделированием с применением МГУА», *Проблемы управления и информатики*, № 2, с. 65-76, 2008.
- [153] Е. А. Савченко, и В. С. Степашко, «Аналитическое и численное исследование селективных свойств критерия несмещенности ошибок в задачах индуктивного моделирования», *Проблемы управления и информатики*, № 2, с. 39-50, 2012.

- [154] Ю. Н. Орлов, и К. П. Осминин, *Нестационарные временные ряды. Методы прогнозирования с примерами анализа финансовых и сырьевых рынков*. Москва: Либроком, 2011.
- [155] А. Н. Одейчук, «Обобщенный критерий эффективности моделей прогнозирования временных рядов в информационных системах», *Вісн. Акад. митної служби України. Серія Технічні науки*, № 2, С. 44-54, 2009.
- [156] S. Makridakis, and M. Hibon, «The M-3 Competition: Results, Conclusions and Implications», *International of Forecasting*, No 16, pp. 451-476, 2000.
- [157] В. И. Суслов, Н. М. Ибрагимов, Л. П. Талышева, и А. А. Цыплаков *Эконометрия*. Новосибирск: СО РАН, 2005.
- [158] Б. В. Шамша, А. М. Гуржій, З. В. Дудар, та В. М. Левикін, *Математичне забезпечення інформаційно-управляючих систем*. Харків: Компанія СМІТ, 2005.
- [159] В. М. Горбунов, *Теория принятия решений*. ГОУВПО «Нац. исслед. Томский политехн. ун-т». 2010.
- [160] А. В. Волошко, Я. С. Бедерак, та Т. М. Лутчин, «Проблеми вибору оптимальної математичної моделі енергоспоживання на промислових підприємствах» *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, № 5/8 (65), с. 19-23, 2012.
- [161] И. Э. Гаглоева, А. З. Добаев, и А. А. Дедегкаева, «Разработка математической модели комплексной оценки состояния электроэнергетических объектов», *Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона»*, № 3, 2013. [Электронный ресурс]. Доступно: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013>.
- [162] Marvin T. Howell, *Effective Implementation of an ISO 50001 Energy Management System (EnMS)*. ASQ Quality Press, 2014. [Online]. Available: <https://ru.scribd.com/document/324924986/EnMS-Marvin-T-Howell-Effective-Implementation-of-an-ISO-50001-Energy-Management-System-EnMS-ASQ-Quality-Press-2014>.

- [163] J. Flizikowski, and K. Bielinski, *Technology and Energy Sources Monitoring: Control, Efficiency, and Optimization*. IGI Global, 2013. [Online]. Available: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/technology-and-energy/9781466626645/>.
- [164] В. Ф. Находов, та О. В. Бориченко, «Процес контролю виконання встановлених «стандартів» в системах оперативного контролю ефективності енерговикористання», *Вісн. НТУУ «КПІ». Серія Гірництво*. Вип. 24, с. 111-119, 2014.
- [165] В. Ф. Находов, О. В. Бориченко, Д. О. Іванько, О. О. Пецкова, та Р. О. Пецков, «Методичні основи моніторингу результатів впровадження заходів з енергозбереження», *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*, № 8, с. 8-19, 2015.
- [166] О. В. Бориченко, «Інтегрована система контролю ефективності використання електричної енергії у виробництві», автореф. дис. ... канд. техн. наук, НТУУ КПІ, Київ, 2011.
- [167] Д. О. Іванько, «Оперативний контроль енергоефективності виробничих систем на основі ймовірно-статистичного підходу», автореф. дис. ... канд. техн. наук, НТУУ КПІ, Київ, 2017.
- [168] *ГОСТ Р ИСО 7870-4-2013. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 4. Карты куммулятивных сумм (ISO 7870-4:2011, IDT)*. Москва: Стандартиформ, 2014.
- [169] *ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта (ISO 7870-2:2013, IDT)*. Москва: Стандартиформ, 2016.
- [170] Н. Джонсон, и Ф. Лион, *Статистика и планирование эксперимента в технике и науке: Методы обработки данных*. Москва: Мир, 1980.
- [171] В.Б. Захожай, та А.Ю. Чорний, *Статистичне забезпечення управління якістю*. Київ: Центр навчальної літератури, 2005.

- [172] ГОСТ Р 50779.41-96. *Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами (ИСО 7873-93)*. Москва: Госстандарт России, 1996.
- [173] *Руководство по алармам и событиям в InTouch® HMI*. Wonderware Russia (ZАО Klinkmann Spb), 2015. [Электронный ресурс]. Доступно: http://ftp.klinkmann.com/Rus_Doc/InTouch/ITAlarmsAndEvents_Ru-2.pdf
- [174] М. К. Агеев, «Энергоменеджмент и контроль выполнения энерго-сберегающих программ - гарантия успеха», *ЭСКО. Энергетика и промышленность*, № 2, 2014. [Электронный ресурс]. Доступно: http://journal.esco.co.ua/industry /2014_2/art294.html.
- [175] З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, и Л. И. Грицюк, «Компьютерная модель мониторинга энергоэффективности: аспекты информационного моделирования», *Энергетика та електрифікація*, № 1, с. 3-7, 2007.