

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Давиденко Ніни Володимирівни**
«Моніторинг ефективності електроспоживання насосних станцій системи
комунального водопостачання з урахуванням чинників зовнішнього середовища»,
що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за
спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи

Дисертаційна робота Давиденко Н.В. присвячена вирішенню актуальної задачі удосконалення моніторингу енергоефективності об'єктів водопостачання, зокрема, планування та контролю електроспоживання насосних станцій шляхом урахуванням зміни фактичних умов їх функціонування, зумовлених впливом сезонних та соціальних чинників зовнішнього середовища.

Актуальність теми

На сучасному етапі розвитку економіки України одним з головних завдань є підвищення ефективності функціонування всіх галузей суспільного виробництва, зокрема, за рахунок мінімізації витрат енергоресурсів. Питання підвищення рівня енергоефективності є одним із пріоритетним завданням окремих організацій і підприємств та стосується будь-яких галузей і технологічних процесів.

Директива IPPC 2008/1/ЄС вимагає ефективного використання енергії при експлуатації будь-яких установок, а енергоефективність є одним з критеріїв, які використовуються для визначення найкращих доступних технологій для будь-якого виробничого процесу. Тобто, досягнення енергетичної ефективності вимагає управління не лише на державному та регіональному рівні, а й на рівні підприємств, організацій, окремих технологічних процесів чи енергоємних установок, а основною такого підходу має бути поліпшення проектних рішень, а також енергоменеджменту та контролю виробничих процесів.

Рекомендації Міжнародного енергетичного агентства щодо реалізації політики у сфері підвищення енергоефективності в різних секторах стосовно сектору житлово-комунального господарства полягають у підвищенні ефективності кінцевого споживання енергії в сфері комунальних послуг. Особливо актуальною дана проблема є для підприємств комунального водопостачання та водовідведення, для яких є властивим високий рівень енерговитрат, які зумовлені значним споживанням електроенергії як через використання застарілого або невідповідного фактичним умовам технологічного обладнання, так і через недосконалу організацію технологічного процесу водопостачання. В сучасних умовах задача підвищення енергоефективності системи комунального водопостачання та її об'єктів передбачає не лише модернізацію обладнання насосних станцій, удосконалення конструкцій та режимів роботи окремих елементів, а й вимагає ефективного управління енергоспоживанням з урахуванням згідно вимог стандартів серії ISO 50000 циклічних змін виробництва, тобто, фактичних умов функціонування об'єктів водопостачання, зумовлених впливом чинників зовнішнього середовища. Отже, розвиток питань моніторингу енергоефективності, зокрема, удосконалення існуючих та розробка нових підходів і процедур аналізу та планування електроспоживання об'єктів водопостачання з урахуванням впливу

чинників зовнішнього середовища, а також контролю ефективності електроспоживання для забезпечення ефективного управління енергоспоживанням є актуальною науковою задачею, вирішення якої сприятиме виявленню прихованих шляхів економії електроенергії та підвищенню рівня енергоефективності об'єктів водопостачання і ефективності функціонування всього підприємства водопровідно-каналізаційного господарства.

Актуальність та своєчасність теми дисертаційного дослідження підтверджується її узгодженістю з напрямом «Енергетика та енергоефективність» Закону України № 2519-VI від 09.09.2010р. "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки", а також пріоритетному напрямку «Способи застосування сучасного енергоменеджменту. Технології забезпечення енергобезпеки» Постанови Кабінету Міністрів України №942 від 07.09.2011р. «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2020 року» із змінами, внесеними Постановою Кабінету Міністрів України №556 від 23.08.2016р., реалізація яких має на меті підвищення ефективності функціонування всіх галузей суспільного виробництва, в тому числі, за рахунок мінімізації витрат енергоресурсів.

Оцінка структури та змісту дисертації

Дисертаційна робота Давиденко Н.В. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних літературних джерел (із 175 найменувань) та 9 додатків. Основний текст викладено на 128 сторінках друкованого тексту. Загальний обсяг роботи – 240 сторінок.

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, зазначено зв'язок з науковими програмами, сформульовано мету та задачі дослідження, наведено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, подано відомості щодо апробації роботи та публікацій, особистого внеску здобувача.

В першому розділі виконано аналіз стану ефективності електроспоживання; причин, що зумовлюють високий рівень витрати електроенергії на об'єктах водопостачання; чинників, що впливають на ефективність електроспоживання в системах комунального водопостачання; існуючих підходів та шляхів підвищення енергоефективності об'єктів водопостачання; сучасних інструментів забезпечення енергоефективності, в тому числі, моніторингу ефективності енергоспоживання як складової системи енергоменеджменту, їх призначення та завдань, а також питань, що потребують вирішення для реалізації принципів ефективного управління електроспоживанням в системах комунального водопостачання згідно вимог стандартів серії ISO 50000, зокрема, урахування циклічних змін виробництва під час визначення базового рівня електроспоживання. Наголошено на необхідності удосконалення функцій моніторингу електроспоживання об'єктів водопостачання, зокрема, планування та контролю, шляхом урахування фактичних умов їх функціонування, зумовлених впливом сезонних і соціальних чинників, та зазначено, що основою управління енергоефективністю має бути інформаційна база даних (БД), що містить енергетичні, технічні, технологічні показники та характеристики зовнішнього середовища.

У другому розділі запропоновано підхід до урахування циклічних змін процесу водоподачі, зумовлених впливом чинників зовнішнього середовища, основою якого є пошук методами класифікації об'єктів прихованих закономірностей у добових графіках витрати води з мережі водопостачання, що відображають характер водоспоживання. Результатом запропонованої процедури є формування груп подібних графіків витрати води (спочатку за впливом сезонних чинників, а потім за впливом соціальних чинників), що забезпечило можливість формалізованого опису режиму водоподачі для кожного із виявлених типових класів, а також встановлення часових проміжків для збору необхідної інформації щодо визначальних змінних базового рівня електроспоживання та визначення самого базового рівня електроспоживання, адаптованого до зміни фактичних умов функціонування насосної станції. Також запропоновано процедуру ідентифікації приналежності нових добових графіків витрати води до одного з типових класів.

Третій розділ присвячено побудові багатофакторної математичної моделі електроспоживання НС водопостачання, яка не лише враховує змінні, що впливають на електроспоживання, а й є адаптованою до виявлених впливів зовнішнього середовища. Для формування множини визначальних змінних виконано аналіз чинників, що впливають на електроспоживання насосної станції. В результаті побудови моделей методом групового урахування аргументів отримано сукупність моделей-кандидатів для типових дня відповідних сезонів, кожна з яких є оптимальною у своєму класі опорних функцій. Вибір на основі критеріїв адекватності моделі та точності прогнозу з урахуванням морфологічного критерію кращої структури моделі електроспоживання для кожного типового дня кожного сезону забезпечив побудову структурованої багатофакторної моделі базового рівня електроспоживання насосної станції водоподачі, яка дозволяє враховувати вплив на ефективність електроспоживання циклічних і сезонних змін стану зовнішнього середовища та соціальних чинників.

У четвертому розділі запропоновано принципи адаптації функцій моніторингу енергоефективності, зокрема, планування та контролю електроспоживання насосної станцій, до впливу сезонних змін зовнішнього середовища та соціальних чинників. Процедура планування передбачає встановлення цільових змінних з урахуванням фактичних умов функціонування насосної станцій, тобто для кожного типового дня відповідного сезону: як нормативи визначальних змінних запропоновано приймати їх усереднені значення, визначені на основі сформованих за результатами групування однотипних графіків витрати води вибірок даних; для електроспоживання - визначений на основі моделі електроспоживання та даних щодо вхідних змінних для даного типу дня довірчий інтервал до очікуваного середнього значення базового рівня електроспоживання. Запропонований алгоритм контролю передбачає: перевірку належності фактичного графіка витрати води до заданого енергоменеджером сезону та типу дня; контроль електроспоживання для виявлення відхилення його значень від запланованих; контроль технологічних показників водоподачі для виявлення причин таких відхилень. Для повідомлення енергоменеджера про результати контролю виконано опис інструментів сигналізації відхилення фактичного електроспоживання від

базового рівня електроспоживання, а також відхилення фактичних значень технологічних параметрів від встановлених нормативів.

В загальних висновках наведено формулювання розв'язаної науково-прикладної задачі та узагальнення отриманих наукових та практичних результатів.

Додатки містять інформації про впровадження результатів, список опублікованих праць за темою дисертації, відомості про апробацію результатів дисертації та результати розрахунків.

Автореферат дисертації відображає її зміст, ідеї та висновки. У авторефераті розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрямок, новизна розробок, теоретичні та практичні результати проведених досліджень.

Зміст автореферату ідентичний основним положенням дисертації і повністю відображає її кваліфікаційні ознаки.

Наукова новизна дисертаційної роботи

Принципова наукова новизна дисертаційної роботи полягає у розробці принципів урахування згідно вимог стандартів серії ISO 50000 циклічних змін процесу водопостачання під час планування електроспоживання та контролю його ефективності. Наукова новизна основних результатів, отриманих автором:

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 багатofакторну 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.

Новизна перелічених наукових положень підтверджується проведенням дисертантом детальним аналізом літературних джерел, апробацією основних положень та отриманих результатів в публікаціях здобувача та на науково-технічних конференціях та семінарах.

Практична цінність

Проведені в роботі дослідження дозволили отримати нове вирішення актуальної задачі моніторингу ефективності електроспоживання насосної станції водоподачі з урахуванням зміни фактичних умов її функціонування, зумовлених впливом чинників зовнішнього середовища, 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.

Результати досліджень, отримані в дисертаційній роботі, впроваджено на КП «Луцькводоканал» під час побудови СЕМ підприємства для підвищення енергоефективності СКВ м. Луцьк, використані в НДІ автоматики та енергетики «Енергія» НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського» під час розробки автоматизованого робочого місця енергоменеджера промислових підприємств, а також 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».

Ступінь обґрунтованості висновків, рекомендацій та наукових положень

Обґрунтованість наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, є достатньою і базується на детальному аналізі інформаційних джерел за даною проблематикою, чіткій постановці мети і задач дисертації, використанні сучасних методів дослідження, а також у якісному та аргументованому формулюванні висновків.

Достовірність результатів дисертаційних досліджень забезпечується їх узгодженістю із сучасним уявленням про ефективне енергоспоживання виробничими об'єктами, коректністю постановок математичних задач, застосування апробованого математичного апарату та наукових положень, використанням значного об'єму вихідної інформації про об'єкт дослідження та вихідних даних щодо його функціонування, а також підтверджується результатами практичного впровадження.

Висновки по розділах та по роботі в цілому відповідають змісту дисертації і є об'єктивними. Отримані в дисертації висновки коректні і повністю відповідають зазначеним задачам дослідження. Наукові положення, розроблені дисертантом, базуються виключно на використанні адекватних методів дослідження.

Усі основні теоретичні положення і практичні результати дисертаційної роботи оприлюднені у наукових виданнях та пройшли публічну апробацію на міжнародних науково-технічних конференціях.

Повнота викладення матеріалів в опублікованих працях

Результати наукових досліджень за темою дисертації достатньо повно представлені автором в опублікованих наукових працях та апробовані на науково-технічних конференціях.

За матеріалами дисертації опубліковано 18 робіт, з яких 9 статей у фахових наукових виданнях, в тому числі 7 - у наукових фахових виданнях України, 2 - у закордонних періодичних виданнях (з них 1 внесена до міжнародної науково-метричної бази даних Scopus); 3 - у наукових журналах та збірниках наукових праць, 6 – у матеріалах конференцій.

Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень пройшли достатню апробацію, доповідались та обговорювались на представницьких міжнародних конференціях, в тому числі, закордонних.

Відповідність дисертації встановленим вимогам

У цілому за актуальністю, науковою новизною, достовірністю отриманих результатів та їх практичним значенням, а також за змістом, структурою, обсягом і оформленням дисертація та автореферат відповідають вимогам, що висуваються Міністерством освіти і науки України до дисертаційних робіт котрі представлені на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук.

Дисертація викладена в зрозумілій доступній формі. Текст викладено технічно грамотною мовою. Стиль викладення матеріалу логічний, основні положення достатньо аргументовані, в тому числі, посиланням на літературні джерела. Результати роботи викладено чітко та послідовно, висновки за розділами та загальні висновки дисертації містять наукові та практичні результати.

Основні результати дисертації мають практичне впровадження.

Дисертація містить усі необхідні структурні елементи, а її обсяг знаходиться в рамках встановлених норм.

Автореферат достатньо повно відображає основний зміст дисертації та відповідає вимогам щодо його обсягу й оформлення.

Наведена оцінка змісту дисертації засвідчує її завершеність та відповідність встановленим вимогам і спеціальності, за якою вона подана до захисту.

Зауваження до дисертаційної роботи

1. У першому розділі дисертації, як зовнішній чинник, що впливає на ефективність електроспоживання насосної станції, розглядається водоспоживання. В подальшому ж як аналог графіка водоспоживання розглядається графік витрати води з мережі водопостачання, що є недостатньо обґрунтованим.

2. Для виявлення прихованих закономірностей витрати води з мережі водопостачання не обґрунтовано вибір міри схожості та ієрархічного методу класифікації, що може знизити коректність отриманих висновків.

3. Не зрозумілою є необхідність побудови профілів графіка витрати води з мережі водопостачання та меж зміни морфометричних показників, які в подальшому не використовуються.

4. До визначальних змінних базового рівня електроспоживання віднесено морфометричні показники нерівномірності добового графіка витрати води з мережі водопостачання, які згідно результатів кореляційного аналізу мають незначний вплив на електроспоживання і, як правило, в практиці аналізування режимів енергоспоживання не використовуються.

5. Для нерегульованих насосів, як визначальну змінну, запропоновано використовувати коефіцієнт енергоефективності режиму водоподачі. Але за результатами кореляційного аналізу він був виключений з розгляду. Тому, необхідність контролю змінної, яку виключено з моделі електроспоживання, є не зрозумілою.

6. Автором зазначено, що для побудови базового рівня електроспоживання використані усереднені значення визначальних змінних для відповідного типу дня, Оскільки їх значення є незмінними для всіх днів цього типу, то незмінним має бути і базовий рівень електроспоживання та його довірчий інтервал. Але результати контролю електроспоживання насосної станції вказують на те, що базовий рівень електроспоживання є змінним.

7. Для контролю визначальних змінних використано контрольні карти Шухарта, проте перевірку відповідності контрольованого параметру нормальному закону розподілу імовірностей не виконано.

8. Запропонована автором архітектура моніторингу енергоефективності в системах комунального водопостачання містить клас «Показники енергоефективності» та клас «Контроль показників енергоефективності». Проте, про які саме показники йдеться – не вказано.

9. У роботі приймається допущення щодо незмінності ККД насосної установки під час її роботи (стор. 91). В той же час розглядається зміна параметрів гідросистеми, що змінює робочу точку насосної установки. Як відомо, ККД електричних двигунів залежить від рівня їх навантаження, що буде змінюватися при такому процесі. На думку опонента, зміну ККД електричного двигуна слід було б врахувати, оскільки таке нехтування актуальне лише для насосних агрегатів, що обладнані регульованим електроприводом, а частка таких установок у загальній їх кількості є невеликою.

10. У роботі розроблено процедуру планування електроспоживання насосних станцій. У якому випадку застосування даної методики може дати більш високі показники підвищення рівня енергоефективності: при застосуванні її для насосів

магістрального водопостачання чи для локальних об'єктів, що забезпечують водопостачання окремих мікрорайонів?

11. З представлених статистичних даних автор робить висновок про те, що зміна рівня споживання води залежить не лише від сезону, а й від дня тижня. Проте, в роботі не зазначено, чи оцінювалася подібність графіку споживання води протягом одного й того ж дня тижня і одного сезону. Якщо так, то якими методами користувалися? Чи враховано цей фактор при синтезі моделі енергоспоживання?

12. З тексту роботи незрозуміло, з якою дискретністю необхідно вести спостереження за процесом енергоспоживання насосної станції, щоб запропоновані автором методики та підходи дозволяли на відповідному рівні виконати оптимізацію рівнів споживання енергії.

13. В дисертаційній роботі зустрічаються деякі стилістичні помилки (ст. 12, 18, 22, 89).

14. Зауваження за змістом автореферату:

1. На рис. 8 представлено структуру архітектури моніторингу енергоефективності. На ній клас «Електроспоживання» входить до структури відразу двох компонентів: Froms-class та Web-service. Чим пояснюється необхідність дублювання цього класу, яка є незрозумілою з точки зору програмної реалізації даного комплексу.
2. Таблиці 4-6 складно піддаються аналізу, виходячи зі змісту автореферату, тому їх приведення, на думку опонента, є збитковим.

Висновки

Вказані зауваження є суб'єктивним баченням опонента на дослідження, що виконувались в роботі, і по своїй суті не піддають сумніву отримані автором наукові результати і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Давиденко Ніни Володимирівни «Моніторинг ефективності електроспоживання насосних станцій системи комунального водопостачання з урахуванням чинників зовнішнього середовища», що подана на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - Електротехнічні комплекси та системи, є завершеною науковою працею, в якій отримано нові обґрунтовані наукові результати, застосування яких забезпечує виявлення прихованих шляхів економії електроенергії та сприятиме підвищенню рівня енергоефективності насосних станцій водопостачання. Проведені дослідження виконано на достатньому науковому рівні з використанням сучасних методів та відрізняються науковою новизною.

Враховуючи актуальність теми дисертаційної роботи, наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, повноту викладу в опублікованих працях та апробації основних положень, вважаю, що дисертація «Моніторинг ефективності електроспоживання насосних станцій системи комунального водопостачання з урахуванням чинників зовнішнього середовища» відповідає вимогам пунктів 9 та 11 «Порядку присудження наукових ступенів» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 567 (зі змінами, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 19 серпня 2015 р. №

№ 656), що висуваються до кандидатських дисертацій, а її автор Давиденко Ніна Володимирівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи.

Доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри автоматизованих
електромеханічних систем
в промисловості та транспорті
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

О.М. Сінчук

