

ДАВИДЕНКО Н. В.

Луцький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-9722-745X>e-mail: n.v.davydenko@lntu.edu.ua

КУНИЦЬКИЙ С. О.

Національний університет водного господарства та природокористування

<https://orcid.org/0000-0003-0318-6149>e-mail: s.o.kunytский@nuwm.edu.ua

РОЗРОБКА ПРОТОТИПУ БАЗИ ДАНИХ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ВИТРАТИ ВОДИ З МЕРЕЖІ ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

В роботі запропоновано принципи формалізації методології інформаційної технології моніторингу та формування бази даних, яка базується на реляційній моделі даних та містить структурований набір вихідних даних про графіки витрати води, результати їх опису, аналізу та реалізації методології моніторингу.

Ключові слова: інформаційна система, база даних, реляційна модель, діаграма прецедентів.

NINA DAVYDENKO

Lutsk National Technical University

SERGIY KUNYTSKIY

National University of Water and Environmental Engineering

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE DATABASE OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR MONITORING WATER CONSUMPTION FROM THE WATER SUPPLY NETWORK OF SETTLEMENTS

The availability of reliable and systematic information on water consumption modes is the basis for optimizing the operation modes of water supply facilities. The necessity of water consumption monitoring is substantiated in order to detect changes in the operation conditions of water supply system facilities due to the influence of seasonal and social factors. The daily water consumption graph was used as an indicator of the operation mode of water supply facilities. The procedure of analysis of actual water consumption graphs is the methodological basis of the proposed information technology. It involves the search for hidden regularities in the formation of water consumption and is based on the description of irregularities and the form of daily water consumption graphs. The design of the information technology prototype is performed using a unified modeling language. The functionality and behavior of information monitoring technology is described using a use case diagram. A structured database is the information basis of information technology. It contains a structured set of initial data on daily water consumption graphs, the results of the description of their irregularities and shapes, the results of the classification of daily water consumption graphs and a formalized description of the analysis results. A relational data model was used to construct the database. The developed database contains twelve tables. Relationship between tables is defined as «one to many». Implementation of monitoring on a regular basis will ensure the accumulation of new data. The integration of the developed prototype database and information technology into the information system for monitoring the functioning of the water supply system will help to identify new knowledge about the peculiarities of the formation of the water consumption mode. This will identify changes in the actual operation conditions of water supply facilities.

Keywords: information system, database, relational model, use case diagram.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Першим кроком на шляху до ефективного управління технологічного процесу водопостачання є розробка та впровадження автоматизованої системи оперативного відстеження його протікання та чинників, що його визначають. Вирішення завдань оперативного регулювання технологічного процесу водопостачання населеного пункту можливе лише за наявності актуальної та достовірної інформації про режими роботи об'єктів водопостачання, режими водоспоживання, чинники зовнішнього середовища, що визначають особливості процесу водоспоживання тощо. Своєчасність надходження інформації до пунктів збору, її повнота, достовірність впливають на якість планування та організації режиму водопостачання, внаслідок чого ці фактори приймаються як критерії створення системи оперативного контролю ефективності функціонування об'єктів водопостачання. Своєчасне, повне і точне виявлення відхилень дозволяє вести контроль та оперативно регулювати хід процесу, спрямовуючи його протікання відповідно до розробленого плану.

Джерелом об'єктивних показників для аналізу ситуації на об'єкті дослідження має стати система моніторингу, побудована на сучасних системах обліку, збору, зберігання і обробки даних. Необхідною умовою забезпечення ефективної роботи системи водопостачання є автоматизація процесу збору даних про параметри режимів роботи кожного з її об'єктів та всієї системи. Сучасні системи автоматизованого управління технологічними процесами (АСУ ТП) дозволяють отримувати, зберігати і представляти в оперативному режимі великий обсяг інформації: технологічні параметри, обсяг водоспоживання, характеристики режимів роботи об'єктів водопостачання тощо. Цю інформацію можна використовувати для підвищення ефективності управління режимом водоподачі. Сучасний розвиток інформаційного і технологічного оснащення підприємств дозволяє удосконалювати методи отримання характеристик

технологічних процесів, чинників, що визначають особливості їх формування, виконувати їх аналіз, оперативно визначати величину водоподачі тощо.

Аналіз досліджень та публікацій

В сучасних дослідженнях питанням побудови та розвитку систем моніторингу в сфері водопостачання приділяється все більше уваги [1–3]. При цьому наголошується, що розвиток АСУ ТП водопостачання йде по шляху вдосконалення технічних засобів моніторингу і передачі даних, а також модернізації локальних систем автоматичного управління роботою обладнання на об'єктах, а збір та обробка інформації в АСУ ТП ведеться шляхом вимірювання, контролю та обліку поточних значень параметрів способом періодичного опитування датчиків і приладів, тобто, безперервного моніторингу з одночасним мікропроцесорним управлінням і розрахунком інтегральних показників [3]. Акцент ставиться на необхідності мати надійну і «інтелектуальну» систему управління об'єктами водопостачання, систему збору і оперативного відображення технологічних параметрів цих об'єктів в пункті диспетчерського управління [2], а також створення великих баз ретроспективних даних [3] для ефективного планування режимів водоподачі, їх контролю та управління.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є удосконалення інформативності процесу моніторингу витрати води (ВВ) з мережі водопостачання шляхом розробки прототипу бази даних (БД) інформаційної технології (ІТ) моніторингу, яка міститиме структурований набір вихідних даних та результатів реалізації методології моніторингу.

Виклад основного матеріалу

Інформаційна система (ІС) – сукупність засобів і методів для зберігання, обробки, аналізу даних та видачі інформації персоналу з метою вирішення конкретного завдання. В основі будь-якої ІС є середовище зберігання і доступу до даних. ІС розглядають як прикладні програмні комплекси, призначені для збору, зберігання і обробки даних, тобто отримання необхідної інформації для досягнення поставленої мети. Базовими компонентами ІС є: технічне забезпечення (набір пристроїв, які дозволяють здійснювати доступ до даних та інформації, її обробку та надання); БД та їх структура (сукупність пов'язаних файлів, таблиць, відносин тощо, які зберігають дані та їх об'єднання); мережа (єднальна система, яка дозволяє здійснювати поділ ресурсів); програмне забезпечення (набір програм, який забезпечує технічну можливість виконання процесу обробки даних); процедури (набір методик та інструкцій, що визначають правила комбінування компонентів ІС, щоб обробляти інформацію і генерувати необхідні виходи); особи, які працюють з системою або використовують її виходи. Для вирішення завдань моніторингу першим етапом є отримання інформації та формування баз фактичних даних, що характеризують стан, умови та ефективність функціонування об'єкту моніторингу.

Забезпечення ефективної організації технологічного процесу водопостачання вимагає урахування змін водоспоживання. На характер водоспоживання впливає низка факторів – сезони, погодні явища, державні та релігійні свята тощо [1, 4, 5]. Споживання води нерівномірне протягом року та протягом доби, та формується під впливом кліматичних (зміни температури повітря, виникнення атмосферних явищ і опадів) та соціальних чинників (зміни укладу життєдіяльності населення залежно від типу дня (робочі, вихідні), часу доби). Водоспоживання можна охарактеризувати ВВ з мережі водопостачання. Впровадження системи моніторингу забезпечує можливість створення великих БД, що містять інформацію про об'єми добової ВВ. Створення таких БД та здійснення аналізу добових графіків ВВ (ГВВ) для виявлення характерних особливостей водоспоживання в різні періоди є одним із підходів до оптимізації режиму роботи об'єктів водопостачання. Інформаційне забезпечення моніторингу ВВ розглядається як сукупність БД, технологій їх ведення та використання, інформаційно-телекомунікаційних систем і мереж, які функціонують на основі єдиних принципів і за загальними правилами. Задача розробки ІС моніторингу полягає в розробці програмного засобу, який забезпечить виконання аналізу та обробку даних про ВВ. Програмний засіб повинен підтримувати прийняття рішень щодо ініціації удосконалення технологічного процесу водопостачання з урахуванням впливу сезонних та соціальних чинників. Цільовими користувачами програмного засобу та ІС можуть бути особи-користувачі, що приймають рішення, зокрема: енергоменеджер, диспетчер тощо.

Методологія моніторингу ВВ з мережі водопостачання населеного пункту базується на реалізації низки етапів. Підвищення інформативності результатів моніторингу фактичної ВВ потребує формування ознакового простору за допомогою комплексного опису добової ВВ та характеристики її нерівномірності. Опис добового графіка ВВ та формування БД його параметрів є першим етапом ідентифікації змін умов роботи об'єктів водопостачання [5]. Для опису добового ГВВ слід враховувати параметри: середнє, максимальне (мінімальне) значення протягом доби, час, який відповідає максимальному (мініальному) значенню; а також додаткові параметри: дисперсія та середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення та коефіцієнт нерівномірності, які вважаються класичними показниками нерівномірності добових графіків. При цьому, можлива наявність великої кількості різноманітних за формою ГВВ з ідентичними значеннями статистичних характеристик, що вимагає їх додаткового аналізу. Природа добового ГВВ дозволяє представити його у вигляді кругової часової діаграми

– діаграми радарного типу (ДРТ). Фігура графіка утворює замкнений багатокутник – фігуру, обмежену замкнутою ламаною без самоперетинів, що задана своїми вершинами з координатами (x_i, y_i) . Відстань від центру координат (x_0, y_0) до вершини багатокутника відповідає значенню об'єму води, поданої в мережу в даний момент часу. Морфометрія є інструментом аналізу фігур різної форми. Використання морфометричного опису дозволяє отримати різнобічну детальну оцінку графіків водоподачі та його нерівномірності [6]. Виділяють дві групи морфометричних параметрів: базові (X, Y координати; периметр; площа; координати центра ваги; округлість; компактність; видовження; випуклість) та похідні (радіус вписаного та описаного кіл; довжина, ширина; головна вісь видовження; додаткова вісь видовження; периметр випуклості; площа випуклості; компактність випуклості; кут осей видовження).

Комплексний опис добових ГВВ з урахуванням за допомогою класичних коефіцієнтів нерівномірності та морфометричних параметрів пори року та періодів добового циклу сприяє детальному дослідженню форми графіка, що створює передумови для виявлення прихованих спільних рис у водоспоживанні, які відобразять вплив зовнішнього середовища на специфіку ВВ з мережі й режиму водоподачі. Вирішення задачі пошуку спільних рис у характері ВВ на основі дослідження параметрів добового ГВВ реалізується блоком класифікації добових ГВВ з використанням теорії розпізнавання образів [7], згідно якої вимірюваному процесу ставиться у відповідність мінімальний набір ознак. Виявлення прихованих закономірностей у добових ГВВ та формування їх однотипних груп забезпечує можливість формалізованого опису режиму водоподачі, зокрема, формування усереднених характеристик ВВ з мережі та профілю добового ГВВ для отриманих класів з метою їх використання для подальшого планування режиму водоподачі.

Результатом формалізації запропонованої методології моніторингу ВВ з позицій об'єктно-орієнтованого проектування ІС є множина класів об'єктів із приєднаними методами обробки атрибутів. Документування результатів проектування прототипу інформаційної технології (ІТ) моніторингу ВВ виконано за допомогою уніфікованої мови моделювання (UML – Unified Modeling Language). Функціональність ІТ моніторингу ВВ представляє діаграма прецедентів (рис. 1). Розробку UML діаграми виконано за допомогою пакету StarUML, версія 4.1.6.

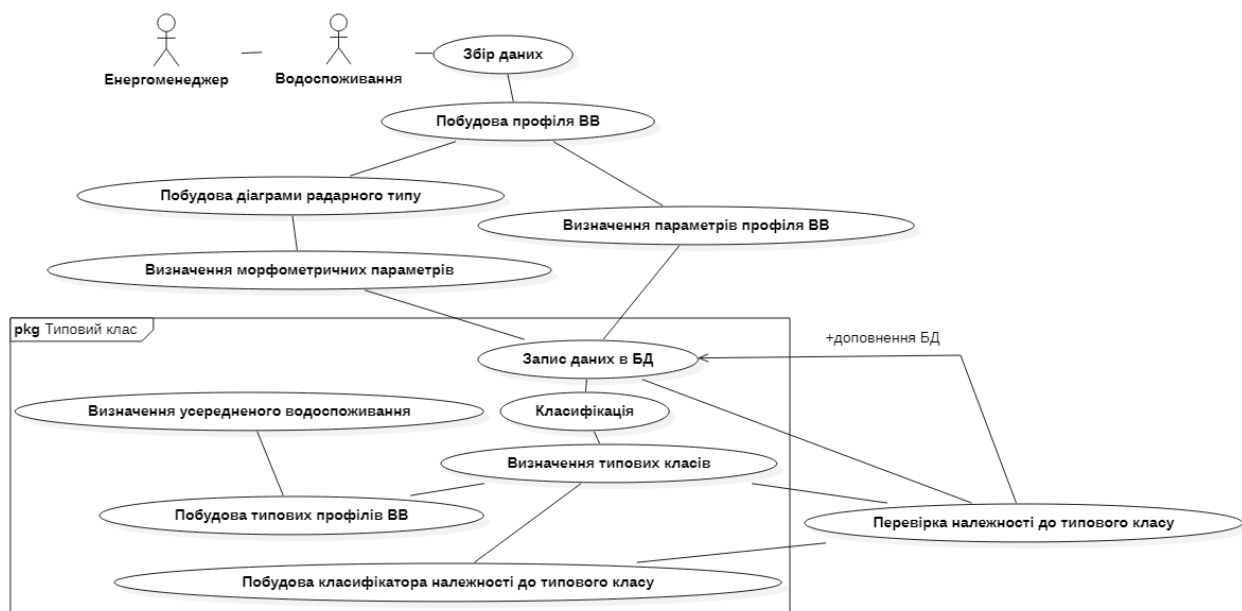


Рис. 1. Діаграма прецедентів прототипу інформаційної технології моніторингу витрати води

Інформаційною основою ІТ моніторингу є БД про графіки добової ВВ, отриманих в рамках моніторингу режимів роботи системи водопостачання. Профілі добового ГВВ та параметри опису їх форми, результати формування типових класів, типових профілів ВВ, та їх формалізованого опису зберігаються в БД системи моніторингу режиму роботи об'єктів водопостачання. При цьому, в рамках інформаційної системи моніторингу ВВ БД слід розглядати як колекцію пов'язаних даних, згрупованих в єдиний об'єкт. БД моніторингу ВВ (рис. 2) є інтегрованою сукупністю спеціальним чином організованих (структурованих) даних і зв'язків між ними. Система управління базами даних (СУБД) дозволяє працювати з БД (оновлювати, витягувати дані тощо) та використовує логічну структуру зберігання даних, для побудови якої використано реляційну модель даних. Така модель не використовує зв'язок між батьківськими та дочірніми записами, а заснована на взаємодії рядків та стовпців, які утворюють таблиці з даними, пов'язаними між собою. У середині БД таблиці мають унікальні назви і зв'язуються між собою відносинами, які дозволяють здійснювати навігацію за записами. Така структура даних є гнучкою та зручною при вилученні або зміні інформації.

Для розробки БД системи використано реляційну СУБД Microsoft SQL Server 2019 та візуальну надбудову Microsoft SQL Server Management Studio 18. Розроблена БД складається з 12 таблиць, зв'язок між якими визначений як «один до багатьох»: MorphometricDerivativePeremeters (Морфометричні похідні

параметри); MorphometricBasicParameters (Морфометричні базові параметри); ClassicAdditionalIndicators (Класичні допоміжні показники); ClassicMainIndicators (Класичні основні показники); Time (Години); Date (Дата); WaterConsumptionGraph (Графік водоспоживання); Cluster (Кластер); Coordinates (Координати); WaterConsumption (Водоспоживання); TypicalGraph (Типовий графік); AverageWaterConsumption (Усереднене водоспоживання). Кожне поле призначене для зберігання певної інформації, що характеризує конкретну сутність. Зв'язок між таблицями забезпечується завдяки наявності в одній таблиці унікального ідентифікатора з іншої таблиці. Побудована БД відповідає правилам «нормальних форм» для побудови БД, основною ціллю яких є зменшення потенційної суперечливості інформації, що зберігається в БД.

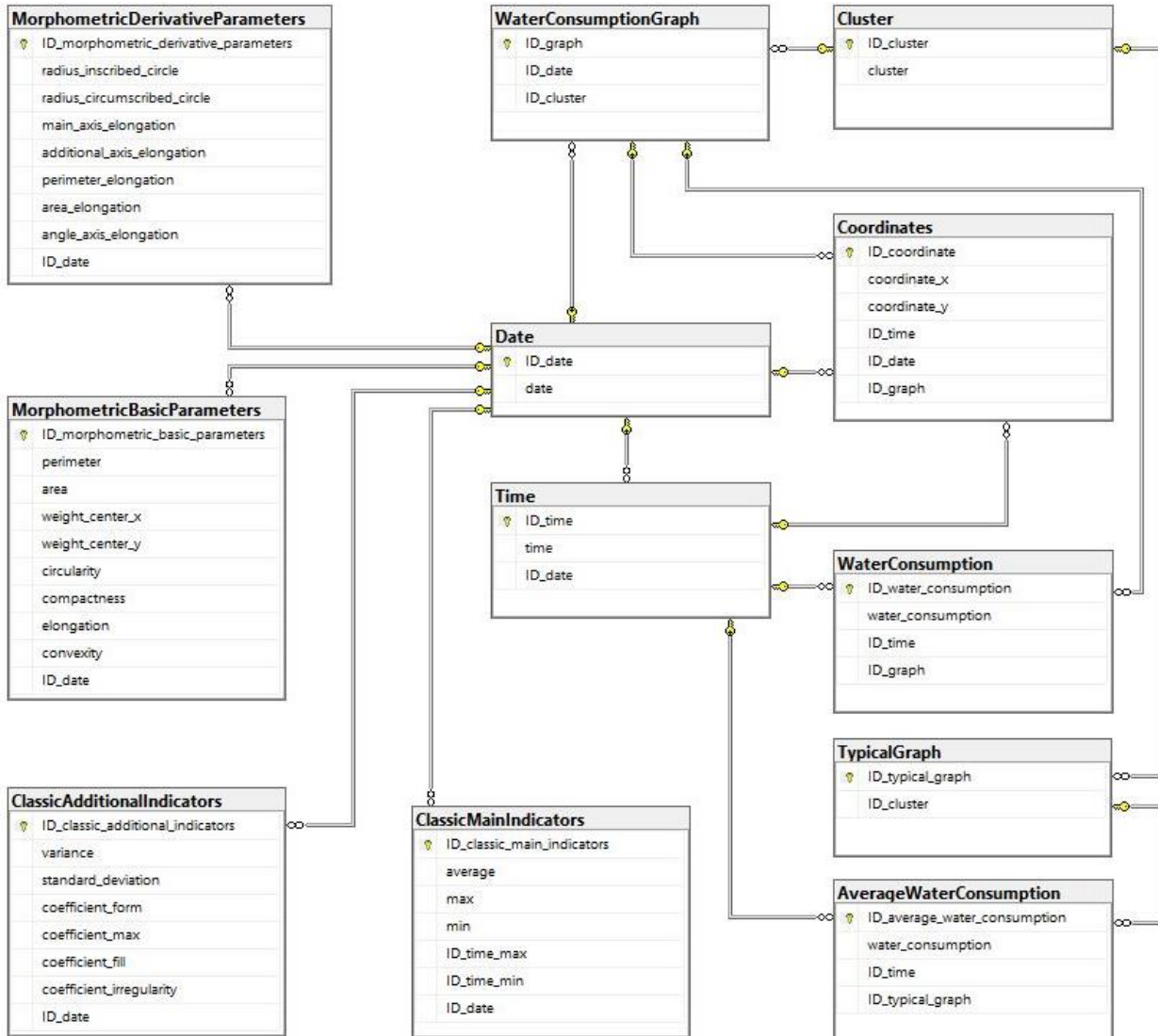


Рис. 2. База даних прототипу інформаційної технології моніторингу витрати води

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

ІС моніторингу ВВ з мережі водопостачання розглядається як технологія дослідження та формування бази знань щодо закономірностей формування режиму ВВ з урахуванням впливу сезонних та соціальних чинників, що є основою інформаційного забезпечення процесу планування та управління режимом водоподачі та роботи об'єктів системи водопостачання населеного пункту. Методичною основою запропонованої ІТ моніторингу є процедура аналізу фактичного режиму водоспоживання, що базується на пошуку прихованих закономірностей у його формуванні з урахуванням пори року та періодів добового циклу та виконується на основі опису нерівномірності та форми добових графіків ВВ з мережі водопостачання. Інформаційною основою прототипу ІТ є БД щодо добової ВВ з мережі водопостачання, створеної в межах системи моніторингу режимів системи водопостачання, доповнена результатами опису нерівномірності та форми добових графіків ВВ, а також результатами їх аналізу, класифікації та формалізованого опису виявлених закономірностей.

Література

1. Романчук С. М. Мониторинг и анализ данных в процессе управления водоснабжением города Донецка / С. М. Романчук // Системний аналіз у науках про природу та суспільство. – 2011. – Вип. 1. –

С. 133–143.

2. Плешков П. Г. Побудова системи автоматизованого управління і моніторингу енергетичних параметрів насосної станції / П. Г. Плешков, Н. Ю. Гарасьова, Т. В. Величко // Наукові записки. – 2010. – Вип. 10, Ч. 2. – С. 123–126.

3. Романчук С. М. Направления развития городских АСУ ТП водоснабжения и водоотведения / С.М. Романчук // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка. – 2014. – № 1 (19). – С. 131–138.

4. Шушкевич Е. В. Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса / Е. В. Шушкевич // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 1. – С. 24–30.

5. Розен В. П. Формування множини характеристик фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання / В. П. Розен, Н. В. Давиденко // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2015. – № 3(41). – С. 85–92.

6. Коменда Т. І. Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання : монографія / Т. І. Коменда, Н. В. Коменда – Луцьк : Луцький НТУ, 2012. – 112 с.

7. Седов А. В. Системы контроля, распознавания и прогнозирования электропотребления: модели, методы, алгоритмы и средства / А. В. Седов, И. И. Надтока – Ростов-на-Дону : Издательство Ростовского университета, 2002. – 256 с.

References

1. Romanchuk S. M. Monitoring і anali dannykh v protsesе upravlieniia vodosnabzheniem goroda Donetska / S. M. Romanchuk // Systemnyi analiz u naukakh pro pryrodu ta suspilstvo. - 2011. - Vyp. 1. - S. 133-143.

2. Plieshchikov P. H. Pobudova systemy avtomatyzovanoho upravlinnia i monitorynhu enerhetychnykh parametriv nasosnoi stantsii / P. H. Plieshchikov, N. Yu. Harasova, T. V. Velychko // Naukovi zapysky. - 2010. - Vyp. 10, Ch. 2. - S. 123-126.

3. Romanchuk S. M. Napravlieniia razvitiia gorodskuch ASU TP vodosnabzheniia i vodootvedeniia / S. M. Romanchuk // Naukovi pratsi Donetskoho natsionalnogo tekhnichnogo universytetu. Seriiia «Informatyka, kibernetyka ta obchysliuvana tekhnika. - 2014. - № 1 (19). - S. 131-138.

4. Schuschkevych E. V. Effektivnoe upravleniie sistemoi podachi i raspredeleniia vody Moskovskoho mehapolisa / E. V. Schuschkevych // Vodосnabzhenie i sanitarnaia tekhnika. - 2011. - № 1. - S. 24-30.

5. Rozen V. P. Formuvannia mnozhyny kharakterystyk faktychnoho rezhymu vodospozhyvannia v systemakh komunalnogo vovopostachannia / V. P. Rozen, N. V. Davydenko // Enerhetyka: ekonomika, tehnolohii, ekolohiia. - 2015. - № 3(41). - S. 85-92.

6. Komenda T. I. Morfometrychni metody i modeli otsinky ta zmschcenniia nerivnomimosti navantazhen system elektropostachannia: monohrafiia / T. I. Komenda, N. V. Komenda - Lutsk : Lutskyi NTU, 2012. - 112 s.

7. Sedov A. V. Sistemy kontroliia, raspoznavaniia i prognozirovaniia elektropotrebleniia: modeli, metody, algoritmy i sredstva / A. V. Sedov, I. I. Nadтока – Rostov na Donu : Izdatelstvo Rostovskogo universiteta, 2002. 256 s.