

УДК 697.34

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.260319.72.408

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І МЕТОДІВ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖВ УКРАЇНИ

НЕЧЕПУРЕНКО Д. С.^{1*}, канд. техн. наук,

ПАВЛОВ Ф. І.², канд. техн. наук, доц.,

МИХАЙЛОВА І. О.³

^{1*} Кафедра планування і організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(095)380-27-74, e-mail: nechepurenko.daria@pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-9292-4790

² Кафедра планування і організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562)47-39-46, e-mail: piop@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-4442-9277

³ Кафедра планування і організації виробництва, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38(0562)47-39-46, e-mail: piop@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-3647-3972

Анотація. *Постановка проблеми.* Системи центрального тепlopостачання в Україні потребують реконструкції і оновлення. Враховуючи постійне зростання цін енергоносіїв, комплексна модернізація інфраструктури цих систем є як ніколи актуальною. Більшість тепловтрат в системах тепlopостачання відбувається в процесі транспортування теплоенергії, тому належну увагу слід приділити саме питанням енергозбереження в діючих теплових мережах (загальні втрати теплової енергії сягають в середньому 30...40 %). Значна частина трубопроводів теплових мереж, побудована в середині минулого століття, вже повністю вичерпала свій ресурс і знаходиться в аварійному стані. В результаті цього мають місце великі втрати тепла, економічні збитки внаслідок частих аварійних ситуацій, значних обсягів ремонтних робіт, погіршується якість послуг населенню, прискорюється старіння тепломереж тощо. Ці трубопроводи потребують негайної заміни. **Мета.** Метою даної статті є дослідження технічного стану теплових мереж в Україні та систематизація основних методів їх відновлення. **Висновки.** Авторами проаналізовано основні дефекти, які виникають під час проектування та експлуатації теплопроводів з мінераловатною та пінополіуретановою теплоізоляцією, їх основні причини та наслідки. Методи подовження експлуатаційного ресурсу теплових мереж України, спрямовані на усунення цих дефектів, сприяють зниженню тепловтрат при транспортуванні теплоенергії від джерела до споживача та забезпеченню надійності роботи тепломереж. Реконструкція систем тепlopостачання дасть змогу мешканцям мікрорайонів отримати кращі кліматичні умови в квартирах, а також значно менші рахунки за опалення. Крім того, зменшення витрат паливно-енергетичних ресурсів призведе до зменшення викидів CO₂.

Ключові слова: теплові мережі; надійність; енергозбереження; дефекти теплопроводів; ремонт; відновлення; трубопроводи з пінополіуретановою ізоляцією

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И МЕТОДОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕПЛОСЕТЕЙ В УКРАИНЕ

НЕЧЕПУРЕНКО Д. С.^{1*}, канд. техн. наук,

ПАВЛОВ Ф. И.², канд. техн. наук, доц.,

МИХАЙЛОВА И. А.³

^{1*} Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(095)380-27-74, e-mail: nechepurenko.daria@pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-9292-4790

² Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(0562)47-39-46, e-mail: piop@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-4442-9277

³ Кафедра планирования и организации производства, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепро, Украина, тел. +38(0562)47-39-46, e-mail: piop@mail.pgasa.dp.ua, ORCIDID: 0000-0002-3647-3972

Аннотация. *Постановка проблемы.* Системы центрального теплоснабжения в Украине нуждаются в реконструкции и обновлении. Учитывая постоянный рост цен на энергоносители, комплексная модернизация инфраструктуры этих систем является как никогда актуальной. Большинство тепловпотерь в системах теплоснабжения происходит в процессе транспортировки теплоэнергии, поэтому должное внимание следует

уделить именно вопросам энергосбережения в действующих тепловых сетях (общие потери тепловой энергии достигают в среднем 30...40 %). Значительная часть трубопроводов тепловых сетей, построенная в середине прошлого века, уже полностью исчерпала свой ресурс и находится в аварийном состоянии. В результате этого имеют место большие потери тепла, экономический ущерб из-за частых аварийных ситуаций, значительных объемов ремонтных работ, ухудшается качество услуг населению, ускоряется старение теплосетей и т. п. Трубопроводы требуют немедленной замены. **Целью** данной статьи является исследование технического состояния тепловых сетей в Украине и систематизация основных методов их восстановления. **Выводы.** Авторами проанализированы основные дефекты, возникающие при проектировании и эксплуатации теплопроводов с минераловатной и пенополиуретановой теплоизоляцией, их основные причины и последствия. Методы продления эксплуатационного ресурса тепловых сетей Украины, направленные на устранение этих дефектов, способствуют снижению теплопотерь при транспортировке теплоэнергии от источника к потребителю и обеспечению надежности работы теплосетей.

Ключевые слова: тепловые сети; надежность; энергосбережения; дефекты теплопроводов; ремонт; восстановление; трубопроводы с пенополиуретановой изоляцией

RESEARCH OF TECHNICAL CONDITION AND METHODS OF HEAT NETWORKS RESTORATION IN UKRAINE

NECHEPURENKO D.S.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.)*,
PAVLOV F.I.², *Cand. Sc. (Tech.), Ass. Prof.*,
MYKHAILOVA I.O.³

^{1*} Department of planning and organization of production, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (095) 380-27-74, e-mail: nechepurenko.daria@pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9292-4790

² Department of planning and organization of production, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-39-46, e-mail: piop@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-4442-9277

³ Department of planning and organization of production, State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernyshevskoho St., 49600, Dnipro, Ukraine, tel. +38 (0562) 47-39-46, e-mail: piop@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-3647-3972

Abstract. Problem statement. Central heating systems in Ukraine need to be renovated and upgraded. Taking into account the constant growth of energy price, the complex modernization of the infrastructure of these systems is more than ever relevant. Most heat losses in heat supply systems occur during the heat transportation, therefore proper attention should be paid to the issue of energy conservation in existing heating networks (total heat losses reach 30...40 % on average). A significant part of the pipelines of thermal networks, built in the middle of the last century, has already completely exhausted its resource and they are in a critical condition. As a result, there are large heat losses, economic losses due to frequent emergencies, significant volumes of repairs, deteriorating quality of services for the population, accelerating the aging of the heating system, etc. These pipelines require an immediate replacement. **Purpose.** The purpose of this article is to study the technical state of heat networks in Ukraine and to systematize the basic methods of their restoration. **Conclusions.** The authors analyze the main defects that arise during the design and operation of heat conductors with mineral wool and polyurethane foam insulation, their main causes and consequences. Methods of extending the operational life of the Ukrainian heat networks, aimed at eliminating these defects, contribute to the reduction of heat losses in the transport of heat from the source to the consumer and to ensure the reliability of the heating system. Rehabilitation of the central heating systems will enable residents to get better climatic conditions in apartments, as well as significantly lower heating bills. In addition, reducing the cost of fuel and energy will lead to a reduction in CO₂ emissions.

Keywords: heat network; reliability; energy saving; defects in heat pipelines; repairs; restoration; pipelines with polyurethane foam insulation

Постановка проблеми. Системи центрального тепlopостачання в Україні потребують реконструкції і оновлення. Враховуючи постійне зростання цін енергоносіїв, комплексна модернізація інфраструктури цих систем стає як ніколи актуальною.

Більшість тепловтрат у системах тепlopостачання відбувається в процесі транспортування теплоенергії, тому належну увагу слід приділити саме питанням енергозбереження в діючих теплових мережах (загальні втрати теплової енергії сягають у середньому 30...40 %).

Загальна протяжність теплопроводів в Україні становить близько 47 000 км у двотрубному обчисленні. На балансі підприємств комунальної теплоенергетики України перебуває 20,8 тис. кілометрів теплових мереж у двотрубному обчисленні діаметром від 50 до 800 мм [8].

Значна частина трубопроводів теплових мереж, побудована в середині минулого століття, вже повністю вичерпала свій ресурс і перебуває в аварійному стані. В результаті цього мають місце великі втрати тепла, економічні збитки через часті аварійні ситуації, значні обсяги ремонтних робіт, погіршується якість послуг населенню, прискорюється старіння тепломереж тощо. Ці трубопроводи потребують негайної заміни. Термін безаварійної експлуатації теплових мереж не перевищує 10...15 років.

Основне та допоміжне обладнання значної кількості котелень вичерпало допустимі терміни експлуатації, що зумовлює високий рівень споживання палива, забруднення довкілля і спричинює зниження надійності та якості теплопостачання [10].

Аналіз публікацій. Все більше науковців приділяють увагу дослідженням комплексу питань із підвищення енергозбереження в житлово-комунальному господарстві, забезпечення технологічної та експлуатаційної надійності інженерних мереж.

Так, системи теплопостачання потребують відновлення та подовження експлуатаційного ресурсу теплових мереж, зокрема теплопроводів.

Мета статті - проаналізувати сучасний стан теплових мереж в Україні та визначити основні методи їх ремонту та відновлення.

Виклад матеріалу. Теплові мережі забезпечують рух теплоносія від джерела теплопостачання до споживача і його повернення вже в охолодженому стані. Відповідно вони являють собою систему трубопроводів і спеціального обладнання. Теплоносієм може бути як гаряча вода, так і насичена водяна пара.

Теплова мережа складається зі з'єднаних між собою шляхом зварювання сталевих

труб, теплової ізоляції, компенсаторів теплових видовжень, запірної і регулювальної арматури, будівельних конструкцій, опор, камер, дренажних і повітровипускних пристроїв. Найменш надійний елемент системи - це підземні теплові мережі, з якими трапляється найбільше аварійних ситуацій.

Залежно від кількості паралельно прокладених теплопроводів теплові мережі поділяють на однотрубні, двотрубні і багатотрубні. Найширше застосування у теплопостачанні населених пунктів України знайшли чотиритрубні водяні системи: одна пара теплопроводів обслуговує системи опалення і вентиляції, а інша – систему гарячого водопостачання і технологічні потреби.

Надійність і довговічність систем теплопостачання залежить від множини факторів [4; 5; 6; 9], зокрема, від технології прокладання трубопроводів опалення. Найбільш поширене прокладання труб у землі – підземне (на відміну від надземного), яке, у свою чергу, поділяється на каналне і безканалне.

Основна перевага каналного прокладання трубопроводів полягає у тому, що воно дає можливість захистити труби від зовнішніх впливів. Безканалне – дозволяє скоротити обсяги земляних робіт, терміни і витрати на будівництво. Ця технологія ускладнює проведення ремонтних робіт, хоча сучасні захисні оболонки для трубопроводів здатні гарантувати їх надійність [7].

Загальний аналіз технічного стану існуючих теплових мереж показує, що близько 80 % прокладені в непрохідних залізобетонних каналах з підвісною ізоляцією у вигляді мінеральної вати. Основний тип антикорозійного покриття трубопроводів - ізол на ізоляційній мастиці. Канали в більшості не захищені від проникнення ґрунтової та іншої води, що спричинює значні втрати тепла через ізоляцію та з витоками, розрегулювання системи теплопостачання та недовговічність розподільчих трубопроводів мереж гарячого водопостачання. Відсутність приладів

обліку витрат теплової енергії у споживачів спричинює її нераціональне використання, а відсутність можливості регулювання параметрів теплоносія впливає на забезпечення комфортних умов проживання споживачів тепла.

Втрати тепла через неякісну ізоляцію трубопроводів із витокami теплоносія у разі пошкодження труб становлять понад 20 % від відпущеної теплової енергії проти 13 %, які передбачені нормами [10].

Основні методи ремонту та поновлення тепломереж можна систематизувати у групи відповідно до заходів щодо усунення того чи іншого дефекту трубопроводів і устаткування.

Дефекти можуть бути результатом дії технологічних або експлуатаційних факторів.

До першої групи належать:

- помилки у проектуванні;
- металургійні дефекти;
- дефекти виготовлення;
- дефекти складання й монтажу устаткування;
- неточності в проектних розрахунках під час вибору матеріалу;
- недоліки конструкції устаткування тощо.

До другої групи належать:

- дефекти під час проведення ремонтних робіт;
- помилки персоналу і порушення виробничих інструкцій;
- старіння ізоляції, спрацювання устаткування;
- невідповідність умов роботи устаткування розрахунковим режимам тощо [1].

Зниження тепловтрат в інженерних мережах можна досягти, перш за все, шляхом поступового переходу на сучасні трубопроводи, зокрема, на теплові мережі з пінополіуретановою тепловою і поліетиленовою гідравлічною ізоляціями. Прокладання в ґрунті таких трубопроводів відповідно до вимог нормативних документів здійснюється безканалним способом. Нормативний термін експлуатації

таких трубопроводів досягає понад 25...30 років.

У мережах із попередньо ізольованими в заводських умовах трубопроводами втрати теплової енергії близько 3...7 %, але таких теплових мереж ще дуже мало, а вартість їх виготовлення різко підвищилася.

Трубопроводи з пінополіуретановою ізоляцією характеризуються тим, що через рахунок багат шарову структуру і специфічні характеристики в них виникають дефекти, які не були властиві тепломережам із мінераловатною ізоляцією.

Так, унаслідок порушень технології виготовлення, монтажу та укладання, а також через те, що значна частина трубопроводів виготовляється зі старих газопроводів, у цих трубопроводах можуть виникати аварії вже на перших роках експлуатації.

На основі досліджень [2; 3] виявлено такі основні дефекти, які найчастіше виникають у трубопроводах із пінополіуретановою ізоляцією:

1) розрив трубопроводу – наслідок дії корозії (при цьому основна причина виникнення внутрішньої корозії - це наявність домішок у теплоносії, а зовнішньої – дія блукаючих струмів) – може спричинити провалювання ґрунту на значних ділянках із частковим або повним руйнуванням комунікацій, фундаментів, дорожнього покриття, що пролягають поряд, а також припинення теплопостачання споживачів;

2) руйнування тепло- і гідроізоляції – результат порушення технології укладання, з'єднання, герметизації та засипання теплопроводів, а також дії вібрації від руху транспорту і проведення земляних робіт на території пролягання тепломережі – відкриває доступ ґрунтового електроліту до тіла металевих трубопроводів, що спричинює його корозію;

3) руйнування гідроізоляції – найменш небезпечний дефект (тому що руйнування шару теплоізоляції відбувається поступово) – може виникнути як у період виконання монтажних робіт через механічне пошкодження, так і під час експлуатації від

надмірного тиску ґрунту від руху транспорту на окремих ділянках тепломережі;

4) так звана «мігруюча вода» – це вода в просторі між внутрішньою металевою трубою та гідроізоляцією, яка виникає у результаті цяткової корозії або появи свищів: найбільша небезпека цього дефекту полягає у тому, що постійний витік незначної кількості теплоносія неможливо зареєструвати приладами на замірних пунктах. Таким чином, вода мігрує на значні відстані, створюючи корозію зовнішніх стінок і руйнуючи теплову ізоляцію трубопроводів, як наслідок – його поступова деформація та поява розривів.

Для запобігання виникнення аварійних ситуацій та раціонального планування ремонтних робіт необхідно завчасно виявляти місця дефектів у трубопроводах із пінополіуретановою ізоляцією безканальної прокладки.

Це можливо за рахунок сучасних інформаційно-вимірювальних систем контролю підземних теплових мереж як в опалювальний, так і в неопалювальний періоди [3].

Висновки. Проведеним дослідженням визначено основні дефекти трубопроводів та устаткування теплових мереж. Методи

подовження експлуатаційного ресурсу теплових мереж України, спрямовані на усунення цих дефектів, сприяють вирішенню таких основних виробничо-економічних питань, як:

1) зниження тепловтрат під час транспортування теплоенергії від джерела до споживача;

2) забезпечення надійності роботи тепломереж;

3) мінімізація термінів відключення споживання в період проведення ремонтних робіт;

4) зниження обсягів споживання енергоносіїв;

5) підвищення якості послуг, що надаються споживачам.

Реконструкція систем теплопостачання дасть змогу мешканцям мікрорайонів отримати кращі кліматичні умови в квартирах, а також значно менші рахунки за опалення. Крім того, зменшення витрат паливно-енергетичних ресурсів зумовить зменшення викидів CO₂.

Перспективою подальшого дослідження стане систематизація методів підвищення комплексної ефективності функціонування систем теплопостачання з урахуванням впливу на них організаційно-технологічних факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Апаратно-програмне забезпечення моніторингу об'єктів генерування, транспортування та споживання теплової енергії : монографія / [В. П. Бабак, В. С. Берегун]; за ред. чл.-кор. НАН України В. П. Бабака. – Київ : Ін-т технічної теплофізики НАН України, 2016. – 298 с. ISBN 978-966-02-7967-4. – Режим доступу : <https://www.researchgate.net/publication/325126986> *Aparatno programne zabezpecenna monitoringu ob'ektiv g eneruvanna transportuvanna ta spozivanna teplovoi energii Hardware software for monitoring the objects of generation transportation and consumptio.*
2. Ващишак І. Р. Метод ідентифікації видів дефектів трубопроводів підземних теплових мереж / І. Р. Ващишак, С. П. Ващишак, Л. А. Витвицька, П. М. Райтер // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2013. – № 1. – С. 162–171. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvif_2013_1_22.
3. І. Р. Ващишак Удосконалення методів безконтактного контролю стану підземних теплових мереж : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» / І. Р. Ващишак ; Івано-Франків. нац. техн. ун-т нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2012. – 20 с. – Режим доступу : <http://elar.nung.edu.ua/handle/123456789/1774>.
4. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі: ДБН В.2.5-39:2008. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 149 с. – Режим доступу : http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=47699.
5. Т. С. Кравчуновська Аналіз сучасних умов та вимог щодо експлуатації мереж теплозабезпечення в Україні / Т. С. Кравчуновська, Д. С. Нечепуренко, Т. В. Данилова // Новітні технології в будівництві. – 2018. – № 34. – С. 21–24. – Режим доступу : www.ntinbuilding.ndibv.org.ua/archive/2018/34_2018/6.pdf.
6. Т. В. Данилова, Д. С. Нечепуренко Дослідження основних показників ефективності функціонування системи теплопостачання / Т. В. Данилова, Д. С. Нечепуренко // Будівництво, матеріалознавство,

машинобудування. – 2018. – Вип. 104. – С. 129–133. – Режим доступу : http://nbuv.gov.ua/j-pdf/smmc_2018_104_23.pdf.

7. Опалення : навч. посіб. / За ред. Ю. Ю. Глушко // Ресурсний центр ГУРТ, 2018. – 102 с. – Режим доступу : <https://www.gurt.org.ua/uploads/news/files/2016-8/Опалення-min.pdf>.
8. Оптимізація систем теплопостачання із використанням економіко-математичного моделювання : монографія / За заг. ред. О. М. Гаврися. – Харків : НТУ «ХПІ», 2015. – 209 с. – Режим доступу : <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/19168>.
9. Поліщук М. В. Фактори впливу на надійність мереж систем теплопостачання / М. В. Поліщук, Г. С. Ратушняк. – Молодь в технічних науках : дослідження, проблеми, перспективи : міжнар. наук.-практ. інтернет-конференція. – Вінниця : ВНТУ. – 17 квітня 2015 року. – 77 с. – Режим доступу : <http://conf.inmad.vntu.edu.ua/fm/index.php?page=materials &line=15&mat=107>.
10. Ющенко Н. Л. До питання підвищення енергоефективності централізованого теплопостачання в Україні / Н. Л. Ющенко, О. Л. Ігнатенков // Глобальні та національні проблеми економіки : електронне наукове видання. – Миколаївський національний університет ім В. О. Сухомлинського. – Вип. 20. – 2017. – С. 1060–1064. – Режим доступу : <http://global-national.in.ua/archive/20-2017/217.pdf>.

REFERENCES

1. Babak V.P. and Beregun V.S. *Aparatno-prohramne zabezpechennia monitorynhu ob'ektiv heneruvannia, transportuvannia ta spozhyvannia teplovoi enerhii* [Hardware-software for monitoring objects of generation, transportation and consumption of thermal energy]. By red. mem.-kor. NAS of Ukraine V.P. Babak. Kyiv : In-tekhnichnoi teplofizyky NAN Ukrainy, 2016, 298 p., ISBN 978-966-02-7967-4. (in Ukrainian).
2. Vashchysyak I.R., Vashchysyak S.P., Vytvytska L.A. and Raiter P.M. *Metod identyfikatsii vydiv defektiv truboprovodiv pidzemnykh teplovykh merezh* [Method of identification of types of defects of underground heat networks pipelines]. *Naukovyi visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnogo tekhnichnogo universytetu nafty i hazu* [Scientific Bulletin of Ivano-Frankivsk National Technical University of Petroleum and gas]. 2013, no. 1, pp. 162–171. (in Ukrainian).
3. Vashchysyak I.R. *Udoskonalennia metodiv bezkontaktynoho kontroliu stanu pidzemnykh teplovykh merezh: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk: spets. 05.11.13 «Prylady i metody kontroliu ta vyznachennia skladu rehovyn»* [Improvement of methods of noncontact control of underground heat networks: author's abstract. dis for the sciences. Degree Candidate Tech. Sciences: special 05.11.13 «Instruments and methods of control and determination of substance composition»]. Ivano-Frankivsk National Technical University of Petroleum and gas, Ivano-Frankivsk, 2012, 20 p. (in Ukrainian).
4. *Inzhenerne obladnannia budynkiv i sporud. Zovnishni merezhi ta sporudy. Teplovi merezhi : DBN V.2.5-39:2008.* [Engineering equipment of buildings and structures. Outdoor networks and facilities. Thermal networks : state building codes V.2.5-39:2008.]. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2008, 149 p. (in Ukrainian).
5. Kravchunovska T.S., Nechepurenko D.S. and Danylova T.V. *Analiz suchasnykh umov ta vymoh shchodo ekspluatatsii merezh teplozabezpechennia v Ukraini* [Analysis of current conditions and requirements for maintenance of heat supply networks in Ukraine]. *Novitni tekhnologii v budivnytstvi* [The latest technologies in construction]. 2018, no. 34, pp. 21–24. (in Ukrainian).
6. Danylova T.V. and Nechepurenko D.S. *Doslidzhennia osnovnykh pokaznykiv efektyvnosti funktsionuvannia systemy teplopostachannia* [Research of main effectiveness' parameters of functioning of heat supply system]. *Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannia: zb. nauch. prats.* [Construction, materialsscience, mechanical engineering]. 2018, no. 104, pp. 129–133. (in Ukrainian).
7. *Opalennia : Navchalnyi posibnyk* [Heating : Tutorial]. By red. Yu.Yu. Hlushko. HURT Resource Center, 2018, 102 p. (in Ukrainian).
8. *Optyimizatsiia system teplopostachannia iz vykorystanniam ekonomiko-matematychnoho modeliuвання* [Optimization of heat supply systems with the use of economic-mathematical modeling]. By red. O.M. Havrysia. Kharkiv : NTU «KhPI», 2015, 209 p. (in Ukrainian).
9. Polishchuk M.V. and Ratushniak H.S. *Faktory vplyvu na nadiinist merezh system teplopostachannia* [Factors influencing the reliability of heating networks]. *Youth in technical sciences: research, problems, perspectives : Intern. scient. and pract. Internet conf.* Vinnitsa : VNTU, 16–17 April, 2015, 77 p. (in Ukrainian).
10. Yushchenko N.L. and Ihnatenkov O.L. *Do pytannia pidvyshchennia enerhoefektyvnosti tsentralizovanoho teplopostachannia v Ukraini* [On the issue of increasing energy efficiency of district heating in Ukraine]. *Hlobalni ta natsionalni problemy ekonomiky: Elektronne naukove vydannia* [Global and national problems of the economy : electronic scientific publication]. Mykolaiv National University named by V.O. Sukhomlynsky, no. 20, 2017, pp. 1060–1064. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції: 17.02.2019 р.