

Назаренко О.М.^а, Назаренко І.А.^а, Бахтін В.І.^а, Кушнарєнко О.П.^б

ОПЕРАТИВНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-ХІМІЧНОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

^а Запорізька державна інженерна академія, м. Запоріжжя, Україна

^б ПАТ «Запоріжсталь», м. Запоріжжя, Україна

Виконано дослідження водно-хімічного режиму підприємства з метою пошуку оптимальних технологічних параметрів водних потоків. Задачу енергозбереження виконано за допомогою математичного моделювання індикаторних параметрів. Розроблена програма «Аква-Дніпро», що дозволяє виконати моделювання технологічних параметрів системи водопостачання. Врахування хімічних показників якості води з особливостями технологічного режиму, дає змогу прогнозувати різні типи суміші водних потоків для обчислення коефіцієнта водообороту. Послідовне використання умовно чистих потоків дозволяє використання вторинних вод для виробництва суміжної продукції та підвищення екологічності підприємства. В той же час криза кліматичних умов вносить суб'єктивні параметри активного експерименту. Підвищена температура навколишнього середовища додає ризик опустелювання територій та зневоднення водоймищ. Ризик зменшення обсягів водоспоживання та підвищення тарифів на якісний ресурс створює непродуктивне стимулювання для виробників. Для пошуку оптимальних умов технологічних режимів водопостачання запропоновано віялове моделювання водно-хімічних режимів. Поступове варіювання основним і другорядним фактором створює комплексну картину впливу клімату на продуктивність системи водопостачання. Технічні питання регулювання вирішуються енергоменеджерами, а стратегічне планування ведеться відділом головного енергетика. Головна задача – уніфікація датчиків дистанційного контролю технологічних параметрів і систематизація даних за індикаторними значеннями для поточного моніторингу процесу. Впровадження такого моніторингу надасть як можливість контролювання якості вхідного ресурсу, так і можливість діалогу з обласними регуляторами щодо джерел витоків забруднювачів в басейні річки Дніпро. Потенційний ресурс такого впровадження може обчислюватися економічними показниками (понад 100000 грн/рік) та соціальними перевагами (диверсифікація асортименту товарної продукції, створення робочих місць, зниження собівартості продукції). Більш прогресивною тенденцією може стати вироблення типових датчиків якості води розведення агроландшафту на підприємстві, як зону відпочинку для співробітників.

Ключові слова: режим, моделювання, температура повітря, жорсткість води, активний експеримент, оптимум, безреагентне кондиціювання, коефіцієнт випаровування, товщина відкладень, продування.

DOI: 10.32434/2521-6406-2018-4-2-54-59

Постановка проблеми

Технологічний режим водопостачання передбачає кондиціювання свіжої технічної води до технологічних індикаторних показників для забезпечення мінімальних енергетичних витрат [1]. У випадку порушення вхідних якісних

показників технічної води можливі додаткові витрати на доведення якості ресурсу до технологічних параметрів [2]. Ця задача більш стосується енергоменеджерів, але у випадку додаткових накладних витрат, задача набуває стратегічного значення [3,4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідження Lawrence D., Пантелія Г.С. та статей Дроздової Н.Н. [2], Аніщенко В.Я., Стольберга Ф.В. свідчать про актуальність даного напрямку вимірювань і робіт з впровадження моніторингу для підвищення конкурентоздатності продукції.

Ці випадки можливо застерегти, шляхом впровадження поточного моніторингу якості свіжої води. Бажано інформувати обласних регуляторів про відхилення хімічних показників водоймища для корегування водного балансу.

Постановка завдання

Доцільно стимулювати власників промислових підприємств до екологізації виробництва шляхом зниження фіскального тиску (рис. 1) або впровадженням власних допоміжних підрозділів з підвищеними коефіцієнтами випаровування системи (рис. 2).

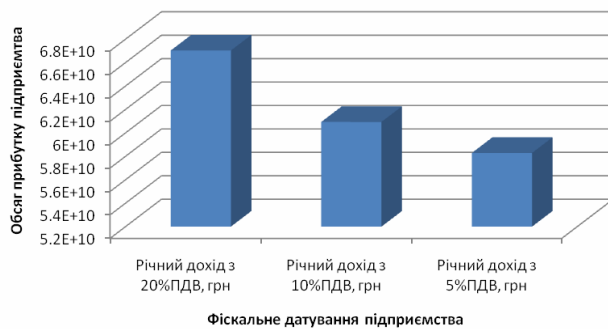


Рис. 1. Можливості фіскального датування екологічних підприємств

Виклад основного матеріалу дослідження

Зниження якості вхідного ресурсу на 10 відсотків (жорсткість, рН, лужність, завислі

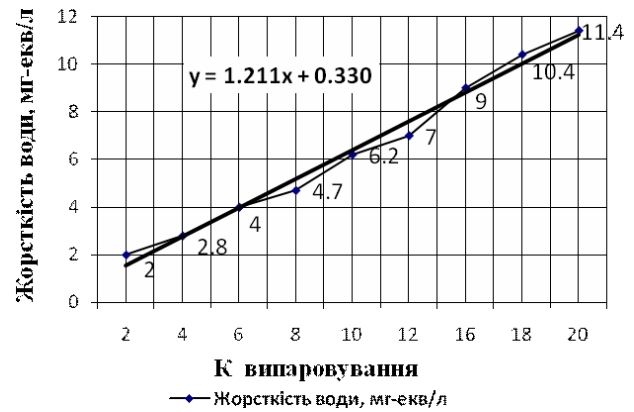


Рис. 2. Вплив жорсткості води на зміну коефіцієнта випаровування

речовини) призведе до підвищення собівартості кінцевого продукту на 22 відсотки [5].

Для поточного моделювання працездатності обладнання розроблена програма «Аква-Дніпро», яка на базі хімічних показників якості води дозволяє обчислювати водно-хімічний режим системи водопостачання.

Всі ці питання вирішують в плановому порядку при робочій схемі автоматизації процесу, але в літній період [6] (температура навколишнього повітря 52°C) вкрай небезпечно підвищується жорсткість з 3,7 до 5,1 мг-екв/дм³, вміст завислих речовин досягає 670–770 мг/дм³.

Все це впливає на водний режим та потребує додаткового підживлення системи.

Якщо мова йде про невелику ділянку ($q=25-75$ м³/год), то це локальне питання (табл. 1). Перевищення водоспоживання зверх ліміту [7] коштує виробництву п'ятикратним підвищенням тарифу.

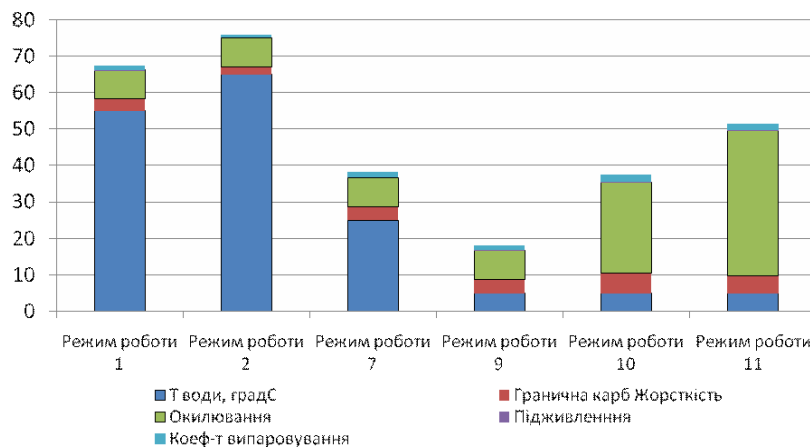


Рис. 3. Можливі технологічні режими системи водопостачання

Таблиця 1

Водно-хімічні режими водопостачання

№ п/п	Температура води, °С	Гранична карбонатна жорсткість, мг-екв/дм ³	Окислювання, мг/л	Втрати води на продування систем, м ³ /год	Підживлення системи, м ³ /год	Коефіцієнт випаровування	Відкладення системи, мм
1	55	3,198	8	0,04	0,057	1,207	0,003
2	65	2,107	8	-0,055	-0,038	0,795	-0,002
3	75	1,591	8	-0,032	-0,015	0,6	-0,001
4	38	3,381	8	0,028	0,045	1,276	0,003
5	35	3,528	8	0,023	0,039	1,331	0,002
6	31	3,736	8	0,017	0,034	1,41	0,002
7	25	3,748	8	0,017	0,033	1,414	0,002
8	15	3,748	8	0,017	0,033	1,414	0,002
9	5	3,748	8	0,017	0,033	1,414	0,002
10	5	5,483	25	0,02	0,019	2,069	0,001
11	5	4,644	40	0,06	0,023	1,752	0,001
12	5	9,862	55	-0,003	0,013	3,722	0,001
13	5	26,704	200	-0,006	0,011	10,077	0,001
14	5	10,331	60	-0,004	0,013	3,898	0,001
15	31	10,324	60	-0,004	0,013	3,896	0,001
16	65	9,108	60	-0,003	0,014	3,437	0,001

Таблиця 2

Фактори та інтервали варіювання

	Нижній рівень (-1)	Загальний рівень (0)	Верхній рівень (+1)	Інтервал варіювання	Найменування фактора
x ₁ :	0,2	4,2	8,2	4,0	Жорсткість води, мг-екв/л
x ₂ :	0,2	5,2	10,2	5,0	Коефіцієнт випаровування
x ₃ :	650	4700	8750	4050	Тривалість експерименту, год

У випадку великого промислового підприємства ($q=1500-15000$ м³/год) доцільно вести мову про гуртову закупку енергоносіїв [8] або створення технопарку для утилізації власних відходів (рис. 3).

При необхідності охолодження металургійного обладнання, важливо знати діаметр трубопроводу та питоме теплове навантаження. Програма розраховує в залежності від хімічних індикаторів необхідні швидкості потоку для уникнення засорів і мінімально необхідну помісячну та річну витрати води. Корисно моделювати вихідні данні з технічної води, умовно чистим стокам та умовно брудним стокам для можливості підвищення водообороту підприємства.

У виробничій практиці доречно обрахувати гранично допустимі скиди стічних вод з нормативними та понад нормативними концентраціями [9] забруднювачів. В цей же час, екологи та обласні регулятори розуміють цінність та

вартість прісної води, яка здорожчала протягом декількох років на 40 відсотків. Це теж другорядний фактор впливу на продуктивність процесу, який теж має негативні наслідки.

У цьому багатофакторному просторі дуже цікаво виглядає план 3 порядку, який може математично описати тенденцію (табл. 2, рис. 4).

Рівняння математичної моделі продуктивного навантаження системи водопостачання:

$$y=125,914-2,973x_1-9,424x_2-16,924x_3-6,409x_1^2-28,439x_2^2-2,892x_3^2-2,975x_1x_2+12,066x_1x_3+18,598x_2x_3.$$

У практиці водопідготовки існує безреагентне кондиціонування. Застосовується на невеличких обсягах водоспоживання підприємств (рис. 5). Спосіб досить цікавий при добре організованому процесі автоматизації водопідготовки [10]. Тобто на кожній ділянці транспортування енергоносія має бути застосовано датчики

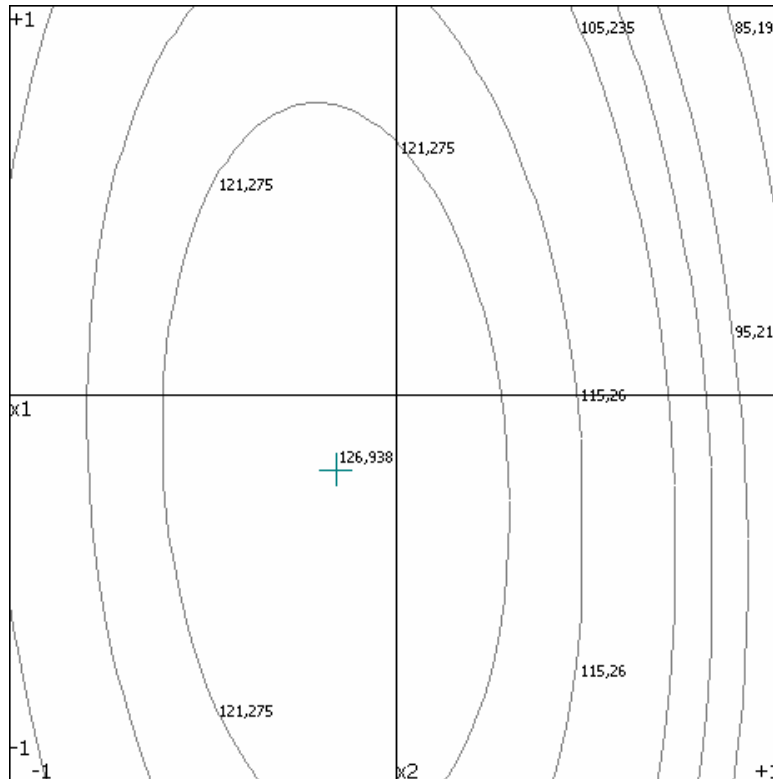


Рис. 4. Графічна інтерпретація параметру оптимізації – продуктивне навантаження

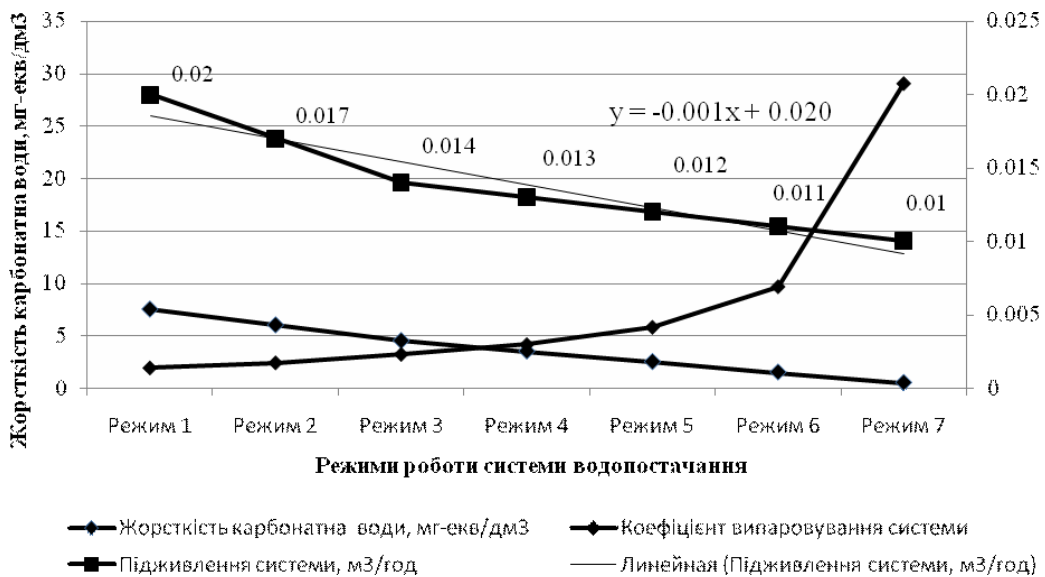


Рис. 5. Можливості режимів системи водопостачання

жорсткості, лужності, завислих речовин, рН. Дуже прогресивно, якщо до датчиків приєднано датчик GPS, який поточно передає чисельні значення якості води на сервер головного енергоменеджера. Це надає часову перевагу у випадку забору неякісної води з водоймища та мож-

ливість ідентифікації залпових скидів у обласного регулятора. Це вкрай небезпечно, особливо при довгому термічному стані водоймища [10].

Практика роботи екологів надає поточні результати досліджень для мінімізації промислових викидів. Програма «Аква-Дніпро» надає

можливість моделювати оптимальний водно-хімічний режим при різному складі поверхневої води. В такому випадку дослідник в першу чергу моделює основні фактори впливу, другим кроком обчислюються різні показники водного режиму з подальшим отриманням чисельної моделі карбонатних відкладень в системі. Таким чином, дослідник отримує комплектну картину впливу на водне середовище через кліматичні та техногенні фактори.

Висновки

1. Заплановані нововведення дозволять зекономити до 100000 грн/рік на кожній ділянці водо підготовки.

2. Отримано математичну модель коефіцієнта випаровування системи, навіть при $K_u=2,25$ та підживленні $0,015 \text{ м}^3/\text{год}$ при суворому дотриманні інструкцій.

3. Дослідження використання відходів виробництва для створення технопарку дозволяє підвищити продуктивність системи водопостачання до 126,9 %.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Jorgensen S.E.* Handbook of Ecological Models Used in Ecosystem and Environmental Management. – Copenhagen: CRC Press, 2011. – 600 p.
2. *Дроздова Г.Г.* Методика определения эффективности затрат на охрану природы. – Киев: КГТУ, 2004. – 12 с.
3. *Семенов О.Е.* Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь. – Алматы: [б. и.], 2011. – 580 с.
4. *Назаренко О.М.* Ризик менеджмент водокористувачів річки Дніпро: монографія. – Запоріжжя: СТС Групп, 2018. – 203 с.
5. *Шипулін В.Д.* Основні принципи геоінформаційних систем. – Харків: ХНАГХ, 2010. – 337 с.
6. *Товажнянський Л.Л., Готлинська А.П.* Процеси і апарати хімічної технології: підручник в 2-х частинах. – Харків: НТУ ХПУ, 2005. – 532 с.
7. *Hosocava T., Iwasaki M., Komatsubara H.* Kurita Handbook of water treatment. – Tokyo: Water Industries LTD, 1999. – 499 p.
8. *Анищенко Л.Я., Стольберг Ф.В., Сухоруков Г.А.* Методика расчета водоохранных мероприятий при распределении стока // Вод. ресурсы. – 1982. – № 1. – С.94-101.
9. *Bioindicators and biomonitors. Principles, concepts and application / Marker B.A., Breure A.M., Zechmeister H.G. (eds).* Handbook. – Elsevier Science Ltd, 2003. – 1017 p.

10. *Пат. UA №123556*, МПК, F17D5/02/2006. 01. Система віддаленого моніторингу параметрів теплоносія у двотрубних теплових мережах / Назаренко О.М., Біченко К.О. (Україна). – № U201710667; Заявл. 02.11.2017; Опубл. 26.02.18, Бюл. №4.

Надійшла до редакції 05.09.2018

ОПЕРАТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛЕНИЯ

Назаренко А.Н., Назаренко И.А., Бахтин В.И., Кушнаренко А.П.

Выполнены исследования водно-химического режима предприятия с целью поиска оптимальных технологических параметров водных потоков. Задачу энергосбережения выполнено с помощью математического моделирования индикаторных параметров. Разработанная программа «Аква-Днепр» позволяет выполнить моделирование технологических параметров системы водоснабжения. Учет химических показателей качества воды, особенностей технологического режима позволяет прогнозировать разные типы водных потоков для учета компонентов смеси. Последовательное использование условно чистых потоков позволяет использование вторичных потоков для производства смежной продукции и повышения экологичности предприятия. В то же время кризис климатических условий вносит субъективные параметры активного эксперимента. Повышенная температура окружающей среды добавляет риск опустынивания территорий и обезвоживания водоемов. Риск уменьшения объемов водопотребления и повышение тарифов на качественный ресурс создает непродуктивное стимулирование для производителей. Для поиска оптимальных условий технологических режимов водоснабжения предложено веерное моделирование водно-химических режимов. Постепенное варьирование основным и второстепенным факторами создает комплексную картину влияния климата на производительность системы водоснабжения. Технические вопросы регулирования решаются энергоменеджерами, а стратегическое планирование ведется отделом главного энергетика. Главная задача – унификация датчиков дистанционного контроля технологических параметров и систематизация данных по индикаторным значениям для текущего мониторинга процесса. Внедрение такого мониторинга позволит контролировать как качество входящего ресурса, так и возможность диалога с областными регуляторами относительно источников утечек загрязнителей в бассейн реки Днепр. Потенциальная выгода такого внедрения может исчисляться экономическими показателями (более 100000 грн/год) и социальными преимуществами (диверсификация ассортимента товарной продукции, создание рабочих мест, снижение себестоимости продукции). Более прогрессивной тенденцией может стать разработка типовых датчиков качества воды или разведения агроландшафта на предприятии, как зоны отдыха для сотрудников.

Ключевые слова: режим, моделирование, температура воздуха, жесткость воды, активный эксперимент, оптимум, безреагентное кондиционирование, коэффициент испарения, толщина отложений, продувка.

OPERATIVE MODELING OF THE WATER-CHEMICAL MODE OF A COMPANY IN THE CONDITIONS OF GLOBAL WARMING

Nazarenko O.M.^a, Nazarenko I.A.^a, Bakhtin V.I.^a, Kushnarenko O.P.^b

^a Zaporizhzhya State Engineering Academy, Zaporozhye, Ukraine

^b PJSC Zaporizhstal, Zaporozhye, Ukraine

The research of the water-chemical mode of an enterprise was carried out in order to find the optimal technological parameters of water flows. The task of energy saving is accomplished by using mathematical modeling of indicator parameters. The developed «Aqua-Dnepr» program allows to simulate the technological parameters of the water supply system. Consideration of chemical indicators of water quality and features of the technological regime allows one to predict different types of water flows to keep track of the components of the mixture. The sequential use of conventionally clean streams allows one to use secondary streams for the production of related products and increasing the environmental friendliness of an enterprise. At the same time, the crisis of climatic conditions introduces the subjective parameters of the active experiment. The increased environmental temperature causes desertification and dewatering of the rivers. The risk of reducing water consumption and raising tariffs for a quality resource creates unproductive incentives for producers. In order to find optimal conditions for the technological regime of water supply, direct modelling of water-chemical modes is proposed. The gradual variation of the main and secondary factor creates a comprehensive picture of the impact of climate on the performance of the water supply system. The technical issues of regulation are solved by energy managers, and strategic planning is conducted by the chief power engineer department. The main task is unification of sensors for remote control of technological parameters and systematization of data on indicator values for the current process monitoring. Implementation of such monitoring will enable both control of the quality of the input resource and the possibility of dialogue with regional regulators regarding sources of pollutant leakages in the Dnipro river basin. The potential gain of such implementation can be calculated as economic indicators (over 100000 UAH/year) and social benefits (diversification of the range of commodity products, job creation, lower cost of production). A more progressive trend may be the development of typical water quality sensors or agro-landscape cultivation in the enterprise, as a recreation area for employees.

Keywords: mode, modeling, air temperature, water hardness, active experiment, optimum, non-reagent conditioning, evaporation rate, sediment thickness, purging.

REFERENCES

1. Jorgensen S.E. Handbook of Ecological Models Used in Ecosystem and Environmental Management. Copenhagen: CRC Press, 2011, 600 p.
2. Drozdova H.H. *Metodyka opredeleniya efektyvnosti zatrat na okhranu pryrodi* [Methodology for determining the cost-effectiveness of conservation of nature]. Kyev: KHTU, 2004, 12 p. (in Russian).
3. Semenov O.E. *Vvedeniye v eksperimentalnuiu meteorologiyu i klymatologiyu peschany bury* [Introduction into experimental meteorology and climatology of sandstorms]. Almaty: [b. i.], 2011, 187 p. (in Russian).
4. Nazarenko O.M. *Ryzk menedzhment vodokorystuvachiv richky Dnipro. Monohrafiia* [Risk management of water users of the Dnieper River.]. Zaporizhzhia: STS Hrapp, 2018, 203 p. (in Ukrainian).
5. Shypulin V.D. *Osnovni pryntsypy heoinformatsiinykh system* [Basic principles of neo-information systems]. Kharkiv: KhNAHKh, 2010, 337 p. (in Ukrainian).
6. Tovazhnyanskiy L.L., Gotlinskaya A.P. *Procesy y aparaty himichnoy technology (pidruchnik v 2-h chastinah)* [Processes and apparatus of chemical technology]. Harkiv: NTU HPY, 2005, 532 p. (in Ukrainian).
7. Hosocava T., Iwasaki M., Komatsubara H. Kurita Handbook of water treatment. Tokyo: Water Industries LTD, 1999, 499 p.
8. Anyshchenko L.Ia., Stolberh F.V., Sukhorukov H.A. *Metodyka rascheta vodookhrannykh meropryiaty pry raspredelenyy stoka* [Methodology for calculating water protection measures for the distribution of flow]. Moskva: Vod. Resursy, 1982, № 1, pp.94-101. (in Russian).
9. Markert B.A., Breure A.M., Zechmeister H.G. (eds). Bioindicators and biomonitors. Principles, concepts and application. Handbook. Oxford: Elsevier Science Ltd, 2003, 1017 p.
10. Nazarenko O.M., Bichenko K.O. *Sistema viddaleno monitoringu parametriv teplonosija u dvotrubnih teplovih mrezhah* [System for remote monitoring of coolant parameters in two-pipe heat networks]. Patent UA №123556, MPK, F17D5/02/2006. 01 № U201710667, zajavl. 02.11.2017, opubl. 26.02.18, Bjul.4 (in Ukrainian).