

РОЗДІЛ VI. ТЕХНОЛОГІЇ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 628.126

Сергій Мартинов, Наталія Мінаєва, Сергій Куницький

ОЧИСТКА ПІДЗЕМНИХ ВОД ДЛЯ ПИТНИХ ЦІЛЕЙ У БАШТОВИХ ВОДОЗНЕЗАЛІЗНЮЮЧИХ УСТАНОВКАХ

Сергей Мартынов, Наталия Минаева, Сергей Куницкий

ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЛЯ ПИТЬЕВЫХ НУЖД В БАШЕННЫХ ВОДОБЕЗЖЕЛЕЗИВАЮЩИХ УСТАНОВКАХ

Sergii Martynov, Nataliya Minaeva, Sergiy Kunitskyi

GROUNDWATER PURIFICATION FOR DRINKING PURPOSES IN TOWER DEFERRIZATION INSTALLATIONS

На підставі аналізу сучасного стану забезпечення сільських населених пунктів якісною питною водою та вирішення проблеми суміщення існуючих споруд на водопровідній мережі та очисних фільтрів запропонована конструкція башти-колони з пристроєм для знезалізнення води, що дозволяє проводити реконструкцію металевих водонапірних башт та є відносно дешевою, легкою у проектуванні та експлуатації.

Проведено експериментальні дослідження на працюючій баштовій установці та отримано результати, що підтвердили ефективність роботи запропонованої конструкції.

Ключові слова: *питна вода, знезалізнення, баштова установка, металева водонапірна башта, плаваюча засипка, пінополістирольний фільтр.*

Рис.: 3. Табл.: 1. Бібл.: 10.

На основании анализа современного состояния обеспечения сельских населенных пунктов качественной питьевой водой и решения проблемы совмещения существующих сооружений на водопроводной сети и очистных фильтров предложена конструкция башни-колонны с устройством для обезжелезивания воды, что позволяет проводить реконструкцию металлических водонапорных башен и является относительно дешевой, легкой в проектировании и эксплуатации.

Проведены экспериментальные исследования на работающей башенной установке и получены результаты, которые подтвердили эффективность работы предложенной конструкции.

Ключевые слова: *питьевая вода, обезжелезивания, башенная установка, металлическая водонапорная башня, плавающая засыпка, пенополистирольный фильтр.*

Рис.: 3. Табл.: 1. Библ.: 10.

On the reasons of contemporary condition analysis of ensuring qualitative drinkable water in village and the problem of combining existing edifice at water supply system and cleaning filters decision; and to install the construction of tower-column with de-ironing water device. It allows to conduct reconstruction of water pumping tower; it is relatively cheap in design and exploitation.

Experiments at working tower unit were conducted and results of the offered device effectiveness were confirmed.

Key words: *drinking water, iron removal, tower installation, metal water tower, floating filling, expanded polystyrene filter.*

Fig.: 3. Tabl.: 1. Bibl.: 10.

Постановка проблеми. Питання про якість питної води давно набуло глобального характеру. Проблема забезпечення населення безпечною для здоров'я людини якісною питною водою є особливо актуальною, оскільки її вирішення впливає на здоров'я людей і кардинальним чином впливає на ступінь екологічної й епідемічної безпеки цілих регіонів.

Відомо, що на значній території нашої країни основним джерелом забезпечення населення технічною та питною водою служать підземні води, використання яких для цілей водопостачання, в порівнянні з поверхневими водами, має багато суттєвих переваг технологічного й економічного характеру. Якість водопровідної питної води, залежить від різних чинників, основними з яких є стан та якість води джерела питного водопостачання, ефективність роботи водоочисних споруд та технології водопідготовки, санітарно-технічний стан водопровідних мереж.

У зв'язку зі складною економічною ситуацією в Україні, знищенням інфраструктури, руйнуванням існуючих водопроводів на сході країни гостро постало питання забезпечення населення якісною питною водою. При цьому потрібно, щоб процес водопідготовки

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

був простим та дешевим. Найкраще для цих цілей підходять підземні води, які часто не потребують ніяких водоочисних заходів. Проте здебільшого підземні води не відповідають вимогам [1], оскільки, особливо в західних областях України, потужні водоносні горизонти, які залягають на глибинах 50...150 м мають підвищену концентрацію заліза (до 5 мг/л), сірководню та вільного вуглекислого газу, та потребує подальшої очистки [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досвід розроблення та впровадження станцій знезалізнення води та будівництво станцій баштового типу дозволив створити (залежно від призначення) станції баштового типу [3–5], де як фільтрувальний матеріал використовувалися як звичайні важкі, так і пінополістирольні засипки. Проте більшість із запропонованих установок мають певні недоліки, такі як складність у будівництві та експлуатації конструкції, виніс пінополістиролу, велика металоємність та ін.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Згідно з картою забезпечення України питною водою (рис. 1) використання підземних вод є можливим майже по всій території країни [6]. Зважаючи на те, що побудова комплексу очисних споруд є порівняно дорогою справою та враховуючи постійне підвищення цін на енергоносії, необхідно запроваджувати такі установки, де будуть суміщатися водоочисні фільтри з іншими спорудами систем водопостачання. Тобто, нині, найбільш перспективними є реконструкція металевих водонапірних башт, для створення установок баштового типу з фільтром, завантаженим плаваючою пінополістирольною засипкою [7]. Це дасть змогу створити місцеві схеми водопостачання невеликих населених пунктів, окремих підприємств чи групи об'єктів.

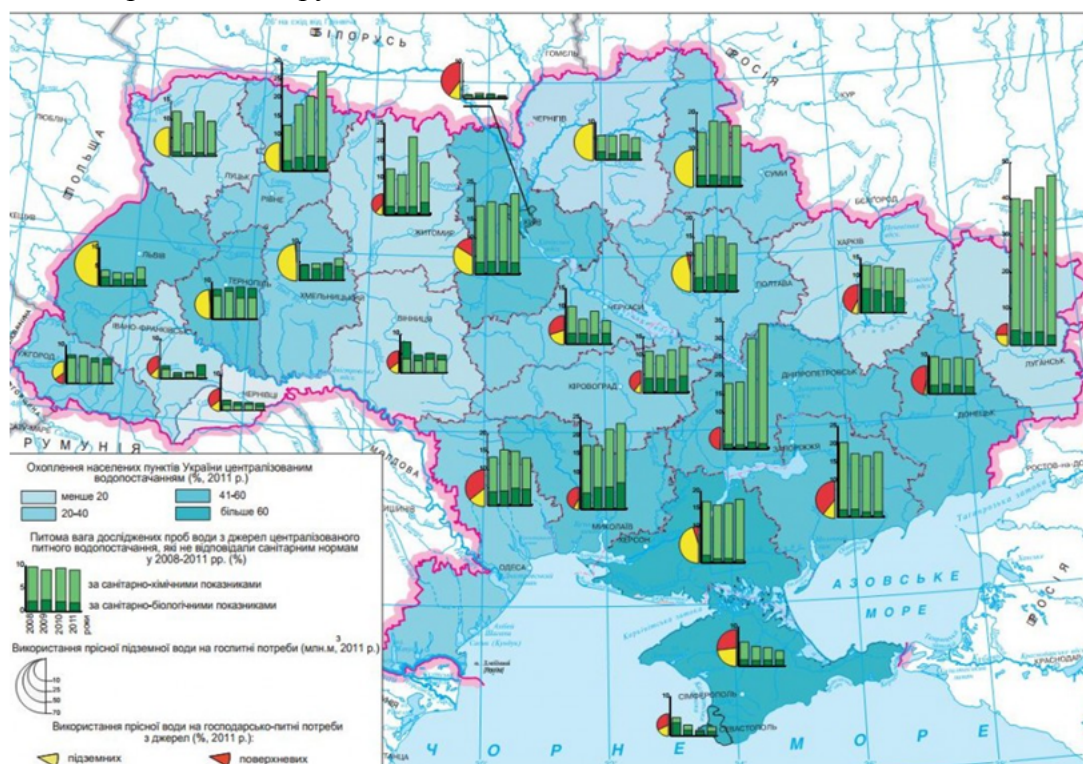


Рис. 1. Стан забезпечення України питною водою

Мета статті. Створення простої в будові та експлуатації установки, що дозволить не тільки з найменшими затратами отримувати питну воду, а й містить значний регулюючий об'єм для зменшення нерівномірності водоспоживання.

Виклад основного матеріалу. Науковцями Національного університету водного господарства та природокористування (м. Рівне) під керівництвом д-ра техн. наук, професора В. О. Орлова була розроблена баштова установка, яка дозволяє не тільки якісно

очишувати воду, а й створює регулюючий об'єм та необхідний напір у водопровідній мережі [8]. Така установка може застосовуватися при вмісті заліза у вихідній воді до 5 мг/дм^3 , при цьому двовалентного повинно бути не менше 70 %; рН більше 6,8; лужність не менше $(1 + \text{Fe}^{2+}/28) \text{ мг/дм}^3$; вільної вуглекислоти CO_2 менше 80 мг/дм^3 .

Впровадження такого об'єкта проводилося на реконструйованій башті з пінополістирольним фільтром, яка розташована у с. Бохоники Вінницького району Вінницької області. До основних елементів установки баштового типу для знезалізнення води належать: водонапірна металева башта; трубопроводи подачі вхідної, забору очищеної та відводу промивної води; повітрявідділювач; утримуюча решітка; пінополістирольна засипка.

На рис. 2 наведено загальний вигляд основних елементів конструкції та самої башти.

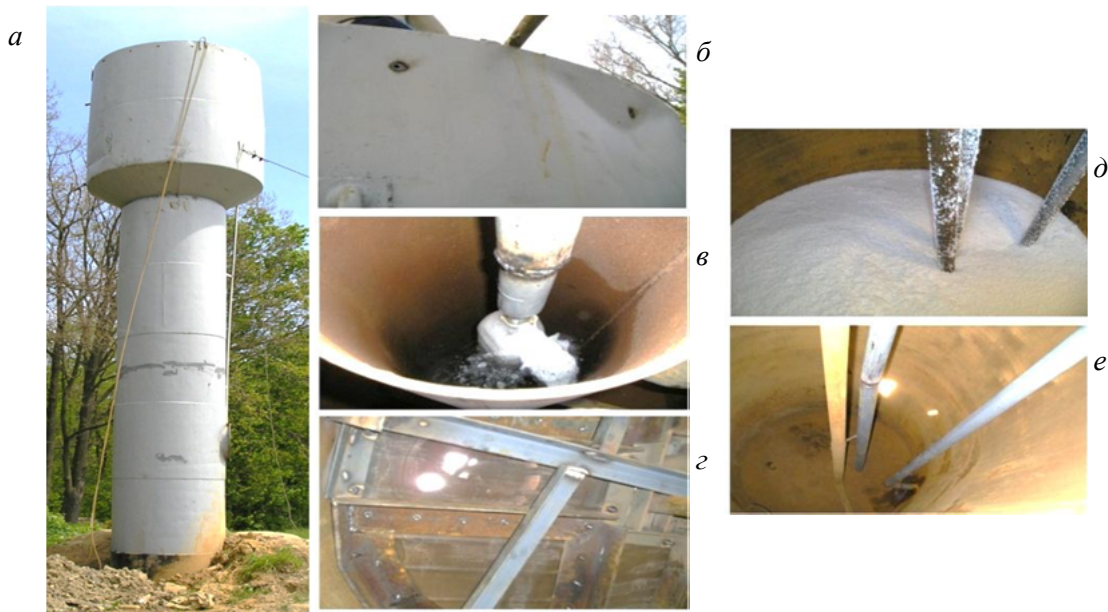


Рис. 2. Загальний вигляд башти та її деталей:

а – водонапірна металева башта; б – трубопровід подачі вихідної води; в – повітрявідділювач; г – утримуюча решітка; д – пінополістирольна засипка; е – розміщення трубопроводів

Баштова установка включає: бак башти з вентиляційними отворами, стовбур башти, усередині якого проходить трубопровід подачі вихідної води, на якому знаходиться засувка, на кінці трубопроводу розміщено аератор, звідки вода поступає у повітрявідділювач-регулятор швидкості фільтрування, який з'єднано з нижньою частиною башти, де знаходиться пінополістирольна засипка. Для утримання пінополістиролу в притопленому стані, зверху над фільтром встановлена утримуюча решітка, виконана у вигляді коміркової конструкції. Комірки закриваються рамками, які затягнуті нержавіючою сталлю сіткою.

У стовбурі башти проходить трубопровід забору профільтрованої води з засувкою, у нижній частині стовбуру башти розташовано трубопровід відводу промивної води з засувкою. Бак водонапірної башти із зовнішньої та внутрішньої сторони обладнають сходами, люком, датчиками рівня і водозливною трубою, що виключає перенаповнення бака водою.

Основним параметром управління в такій установці є рівень води в баку башти, контрольований електродними датчиками рівня, чи тиск води в напірному трубопроводі, який контролюється електроконтактним манометром. Отже, робота фільтра безпосередньо пов'язана з роботою насоса і дорівнює подачі води насосним агрегатом, тобто фільтр працює в перервному режимі.

У башті-колоні застосовується фільтр з одношаровою комбінованою засипкою зі спінених гранул полістиролу. Установка працює з висхідним фільтраційним потоком та низхідним потоком при промивці. Максимальна тривалість фільтроциклу не повинна

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

перевищувати 3 доби, що пов'язано із можливістю цементації засипки. Швидкість фільтрування у нормальному режимі становить 5–5,5 м/год.

Установка діє таким чином: вода від водозабірної свердловини подається на аератор, де насичується киснем повітря, в результаті чого утворюються пластівці заліза, а також відбувається видалення із води розчинених газів. Після аерування вихідної води повітрям вода потрапляє у повітрявідділювач. Виходячи з нижньої частини повітрявідділювача вода профільтровується через пінополістирольну засипку, де затримуються пластівці заліза. Очищена вода забирається у стовбурі над утримуючою решіткою та в баку, звідки відводиться споживачу. Оптимальна тривалість фільтроциклу становить 24–72 год, після цього необхідно провести промивку плаваючої засипки.

Регенерація засипки проводиться за допомогою водяної промивки. Для цього очищена вода з надфільтрового простору опускається по стовбуру донизу розпушуючи засипку, при цьому гранули вдаряються одна об одну і забруднення видалюються. Після промивки фільтра башта-колона переводиться в режим фільтрування.

У період початкового запуску установки ефективність очистки недостатня. Це триває доти, поки на зернах фільтраційної засипки не з'явиться каталітична плівка, яка складається, в основному, зі сполук заліза. Після промивки каталітична плівка з поверхні не вимивається, тобто зарядка засипки проводиться одноразово.

У процесі роботи установки були проведені натурні дослідження параметрів роботи пінополістирольного фільтру в режимі фільтрування та промивки. Результати досліджень наведені в таблиці.

Таблиця

Результати хімічного аналізу проб води до та після знезалізнення, взятих безпосередньо із відбірника проб після башти

Показники	Одиниці виміру	Підземна (артезіанська вода)	Очищена
pH	од. pH	7,35	7,3
Лужність	моль/м ³	8,1	7,8
Жорсткість	моль/м ³	6,8	6,7
Залізо загальне	мг/дм ³	2,17	0,05
Залізо трьохвалентне	мг/дм ³	0,85	0,05
Залізо двоховалентне	мг/дм ³	1,32	-
Нітрати	мг/дм ³	1,93	1,72
Окисність перманганатна	мгО ₂ /дм ³	0,74	0,88
Сухий залишок	мг/дм ³	510	505

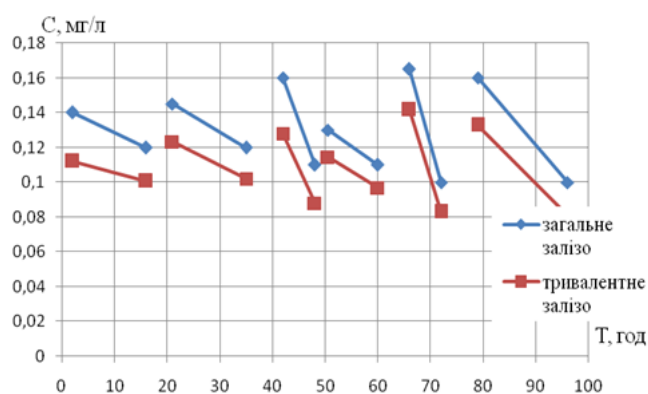


Рис. 3. Графіки вмісту загального та тривалентного заліза в очищеній воді протягом фільтроциклу

очищеною водою у водопровідну мережу населеного пункту.

Згідно з дослідженнями за весь період роботи впровадженої баштової установки концентрація заліза у фільтраті не перевищувала допустиму норму 0,2 мг/л, причому

На рис. 3 наведені результати процесу знезалізнення у башті-колоні (тривалість фільтроциклу становила 96 год). Оскільки установка працює в перервному режимі, то можна спостерігати як після тривалих зупинок (у нічну пору) спостерігається незначне погіршення якості фільтрату. Проте регулюючий об'єм установки досить великий, що забезпечує інтенсивне перемішування води в баку башти і сприяє зниженню концентрації гідроксиду заліза, що потрапляє з

концентрація заліза у вихідній воді коливалась від 1,25 до 3,04 мг/л, а ефект знезалізнення становив 96...98 % [9; 10].

Висновки і пропозиції. Впровадження башт-колон з фільтром із пінополістирольною засипкою, а також реконструкція існуючих водонапірних башт в башти-колони є досить прогресивною і перспективною тенденцією, оскільки дозволяє при порівняно невеликих капітальних затратах, а в подальшому й експлуатаційних витратах отримати воду питної якості. Перевагами цієї установки є простота конструкції та експлуатації, що не потребує складних операцій при виготовленні та монтажі деталей, економія матеріалів, що дозволяє проводити оснащення існуючих водонапірних башт та впровадити установку в серійне виробництво, при будівництві та реконструкції систем водопостачання.

Список використаних джерел

1. *Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10)* : Наказ МОЗ № 400 від 12.05.2010.
2. *Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування*: ДБН В.2.5-74:2013. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013.
3. *Орлов В. О. Знезалізнення підземних вод спрощеною аерацією та фільтруванням : монографія* / В. О. Орлов. – Рівне, 2006. – 159 с.
4. *Gruett G. Removing Problem Iron* / G. Gruett // *Water Technology*. – 1993. – № 16 (3). – Рр. 48–51.
5. *Orlov V. Water defferrization in polystyrene foam filters with sediment layer* / V. Orlov, S. Martynov, S. Kunitsky. – Saarbrucken, Deutschland : LAP LAMBERT Academic Publishing, 2016. – 94 с.
6. *Очищення природної води на пінополістирольних фільтрах : [монографія]* / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, А. М. Орлова та ін. ; за заг. ред. В. О. Орлова. – Рівне : НУВГП, 2012. – 172 с.
7. *Якість води з джерел централізованого водопостачання в Україні [Електронний ресурс]* // Асоціація бутильовані води України. – Режим доступу : <http://abwua.com/pro-vodu/yakist-vodiz-dzherel-tsentralizovanogo-vodopostachannya-v-ukrayini/>.
8. *Орлов В. О. Впровадження установок для знезалізнення води баштового типу в системи водопостачання сільських населених пунктів* / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, Н. Л. Мінаєва // *Вісник НУВГП: Збірник наукових праць*. – 2007. – Вип. 2 (38). – С. 257–263.
9. *Orlov V. O. Simulation the process of iron removal the underground water by polystyrene foam filters* / V. Orlov, A. Safonyk, S. Martynov, S. Kunitskyi // *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. – 2016. – Vol. 9, №4. – Рр. 881–888.
10. *Мінаєва Н. Л. Баштові установки для очистки підземних вод* / Н. Л. Мінаєва, С. О. Куницький // *Матеріали XVII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації» (29–30 вересня 2016 року)*. – Переяслав-Хмельницький, 2016. – С. 245–248.

References

1. *Derzhavni sanitarni norm ta pravyla «Hihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoї dlia spozhyvannia liudynoiu» [State sanitary rules and regulations “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption”]* (STATE STANDARDS 2.2.4-171-10) (2010) from 12th May 2010. Kyiv: Ministry of Health (in Ukrainian).
2. *Vodopostachannia. Zovnishni merezhi ta sporudy. Osnovni polozhennia proektuvannia [Water supply. External services and facilities. The main provisions of the design]*: DBN V.2.5-74:2013 (2013). Kyiv: The Ministry of Regional Development, Construction and Housing and Communal Services of Ukraine (in Ukrainian).
3. Orlov, V.O. (2006). *Znezaliznennia pidzemnykh vod sproshchenoiu aeratsiieiu ta filtruvanniam [De-ironing underground water with simple aeration and filtration]*. Rivne (in Ukrainian).
4. Gruett, G. (1993). Removing Problem Iron. *Water Technology*, no. 16 (3), pp. 48–51.
5. Orlov V., Martynov S., Kunitskyi S. (2016). *Water defferrization in polystyrene foam filters with sediment layer*. Saarbrucken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing.

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

6. Orlov V.O. (ed.), Martynov S.Yu., Orlova A.M. et al. (2012) *Ochyshchennia pryrodnoi vody na pinopolistyrolnykh filtrakh [Purification natural water on polystyrene filters]*. Rivne: NUWMNR, pp.172 (in Ukrainian).
7. *Yakist vody z dzherel tsentralizovanoho vodopostachannia v Ukraini [The water quality of centralized water supply in Ukraine]*. Asotsiatsiia butylovani vody Ukrainy [Bottle Water Association of Ukraine]. Retrieved from <http://abwua.com/pro-vodu/yakist-vodi-z-dzherel-tsentralizovanogo-vodopostachannya-v-ukrayini>.
8. Orlov V.O., Martynov S.Yu., Minaeva N.L. (2007). Vprovadzhenia ustanovok dlia znezalznennia vody bashtovoho typu v systemy vodopostachannia silskykh naselenykh punktiv [The introduction of iron removal plants for water tower in villages water supply]. *Visnyk NUVHP – Bulletin NUWMNR*, no. 2 (38), pp. 257–263 (in Ukrainian).
9. Orlov V., Safonyk A., Martynov S., Kunytskyi S. (2016). Simulation the process of iron removal the underground water by polystyrene foam filters. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 9, no. 4, pp. 881–888.
10. Minaeva N. L., Kunytskyi S.O. (2016). Bashтови ustanovky dlia ochystky pidzemnykh vod [Tower installation for cleaning groundwater]. Proceedings from *Materialy XVII Mizhnarodnoi naukovopraktychnoi internet-konferentsii «Tendentsii ta perspektyvy rozvytku nauky i osvity v umovakh hlobalizatsii» – Materials 17th International scientific and practical Internet conference “Trends and prospects of development of science and education in the context of globalization”* (Pereiaslav-Khmelnyskyi, September, 29–30, 2016). Pereiaslav-Khmelnyskyi, pp. 245–248 (in Ukrainian).

Мартинов Сергій Юрійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи, Національний університет водного господарства та природокористування (вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна).

Мартынов Сергей Юрьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и бурового дела, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (ул. Соборная, 11, г. Ровно, 33028, Украина).

Martynov Sergii – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Water, Wastewater and Drilling Business, National University of Water Management and Nature Resources Use (11 Soborna Str., 33028 Rivne, Ukraine).

E-mail: s.y.martynov@nuwm.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6790-8900>

Мінаєва Наталія Леонідівна – кандидат технічних наук, викладач, голова циклової комісії «Будівництво», Технічний коледж Національного університету водного господарства та природокористування (вул. Орлова, 35, м. Рівне, 33028, Україна).

Минаева Наталья Леонидовна – кандидат технических наук, преподаватель, председатель цикловой комиссии «Строительство», Технический колледж Национального университета водного хозяйства и природопользования (ул. Орлова, 35, г. Ровно, 33028, Украина).

Minaeva Nataliya – PhD in Technical Sciences, lecturer, Technical College National University of Water Management and Nature Resources Use (35 Orlova Str., 33028 Rivne, Ukraine).

E-mail: MinaevaN-82@mail.ru

Куницький Сергій Олегович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет водного господарства та природокористування (вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028, Україна).

Куницкий Сергей Олегович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Национальный университет водного хозяйства и природопользования (ул. Соборная, 11, г. Ровно, 33028, Украина).

Kunitskyi Sergiy – PhD in Technical Sciences, Senior Research Fellow, National University of Water Management and Nature Resources Use (11 Soborna Str., 33028 Rivne, Ukraine).

E-mail: s.o.kunyskiy@nuwm.edu.ua

ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0318-6149>