

DOI 10.15589/jnn20150210

УДК 628.165:621.44

К89

WATER DESALTING SCHEMES WHEN USING HEAT GAS-VAPOR MIXTURE IN FRONT OF CONTACT CONDENSER

СХЕМИ ЗНЕСОЛЕННЯ ВОДИ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕПЛОТИ ГАЗОПАРОВОЇ СУМІШІ ПЕРЕД КОНТАКТНИМ КОНДЕНСАТОРОМ

Svitlana A. Kuznetsova

svitlana.kuznetsova@nuos.edu.ua

ORCID 0000-0003-0823-0583

С. А. Кузнецова,

канд. техн. наук, доц.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv**Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

Abstract. Ukraine is a country with low quality of fresh water; there are regions with its deficiency. One of the possible solutions to this problem is the desalination of the brackish water from surface and groundwater sources by using heat of the mixture before the contact condenser in gas-steam turbine plants. The plants produce electricity and heat energy for the needs of the industrial, agricultural complexes and the population of Kherson, Nikolaev and Odessa regions.

The studies were carried out employing a mathematical model of heat-mass transfer processes in the contact condenser with the use of an evaporative apparatus of the boiling type and an evaporative cooler for obtaining the desalinated water, which is characterized by the indicator of the water generation. Both methods of using the heat of the gas-vapor mixture for the desalination of the brackish water enable providing stable generation of desalinated water in excess throughout the year taking into account the needs of the plant proper in the water. However, the use of the desalination units of the boiling type is more effective for these areas.

Keywords: additional sources of brackish water; generation of desalinated water; intensification.

Анотація. Наведено результати використання теплоти газопарової суміші перед контактним конденсатором у процесах випарного охолодження й поверхневого кипіння для отримання опрісненої води за наявності додаткових джерел мінералізованої води в посушливих регіонах України.

Ключові слова: додаткові джерела; мінералізована вода; генерація; опріснена вода; інтенсифікація.

Аннотация. Представлены результаты использования теплоты газопаровой смеси перед контактным конденсатором в процессах испарительного охлаждения и поверхностного кипения для получения опресненной воды при наличии дополнительных источников минерализированной воды в засушливых регионах Украины.

Ключевые слова: дополнительные источники; минерализированная вода; генерация; опресненная вода; интенсификация.

REFERENCES

- [1] Stati, obzory, rekomendatsii i instruktsii. (Articles, reviews, recommendations and instruction). *Agrovodkom*. Available at: <http://www.agrovodcom.ru/info.php>.
- [2] Klimat Nicolaeva (Climate of Nikolaev). Available at: <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Mikolaiv>.
- [3] Klimat Odessy (Climate of Odesa). Available at: <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Odesa>. Klimat Odessy (Climate of Odesa). Available at: <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Odesa>.
- [4] Klimat Khersona (Climate of Kherson). Available at: <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Kherson>.
- [5] Kolomeev V.M., Ksendzyuk M.V., Romanov V.V., Movchan S.M., Shevtsov A.P., Kuznetsova S.A., Di-kiy M. O. HPU-16K: doslidno-promyslova ekspluatatsiia, mizhvidomchi pryimalni vyprobuvannia, perspektyvy vykorystannia [GPU-16K: pilot operation, interdepartmental acceptance tests, prospects of application]. *Naftova i hazova promyslovist, Naukovo-vyrobnychy zhurnal — Oil and Gas Industry, scientific and production magazine*, 2006, no. 4, pp. 38–40.
- [6] Isakov B.V., Movchan S.M., Rasoshanskiy V.S., Bochkarev YU.V., Shevtsov A.P., Kuznetsova S.A., Kolomeev V.M., Izbash V.I., Ksendzyuk M.V. Kontaknyi kondensator ustanovky HPU-16K [Contact condenser of the GPU-16K plant]. *Naftova i hazova promyslovist, Naukovo-vyrobnychy zhurnal — Oil and Gas Industry, scientific and production magazine*, 2005, no. 5, pp. 53–55.

- [7] Kuznetsova S. A., Kucherenko O. S. Vliyanie osobennostey skhemnykh resheniy kontaktnykh gazoparoturbinykh ustanovok na kharakteristiki tsirkulyatsionnykh konturov [Influence of the specific features of circuit designs of contact gas steam turbine units on the characteristics of circulation loops]. *Zbirnyk naukovykh prats NUK – Collection of Scientific Publications of NUS*, 2003, pp. 113–121.
- [8] Oblasti Ukrainy (Regions of Ukraine). Available at: <http://www.ua.all.biz/regions>.
- [9] Opresnenie morskikh i solenykh vod (obratnyy osmos) (Desalination of sea and brackish water (reverse osmosis)). Available at: <http://www.studfiles.ru/preview/1076192>.
- [10] Slesarenko V. N. *Opresnitelnyie ustanovki* [Desalination plants]. Vladivostok, DVGMA Publ., 1999. 244 p.
- [11] Solonist (Salinity). Available at: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Солоність>.
- [12] Shevtsov A. P., Kuznetsova S. A., Movchan S. M., Romanov V. V., Ryzhkov S. S., Ivchenko I. V., Chobenko V. M. *Sposib utylizatsii teploty i masy robochoho tila v kontaktnii hazoparovii turbinnii ustanovtsi na morskomu obiek-ti* [Method of utilization of heat and mass of the working fluid in the contact gas-steam turbine plant on an off-shore facility] Patent UA no. 93308, 2011.
- [13] Khersonskaya oblast (Kherson region). Available at: <http://ua-open.com/ru/khmelnitskaya-oblast/hersonskaya-oblast>.
- [14] Cerri G., Arsuffi G. Gazoturbinnaya ustanovka s vpryskom para, obedinennaya s ustanovkoy dlya prigotovleniya obessolennoy vody termicheskim metodom [Steam-injected gas turbine integrated with a self-production demineralized water thermal plant]. *Trudy Amerikanskogo obshchestva inzhenerov-mekhanikov, Energeticheskie mashiny i ustanovki — Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 1998, no. 4, pp. 116–126.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Водні ресурси забезпечують усі сфери життя й господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості та сільського господарства, тому вони є однією з найважливіших основ економічного розвитку будь-якої країни, у тому числі й України.

Україна має вихід до Чорного і Азовського морів. Наявність річок довжиною понад 10 км в Україні становить більше 4 тисяч, понад 100 км — близько 160. У країні — 8 тис. природних озер, 6 тис. боліт, крім цього, створено понад 850 водосховищ, біля 27 тис. ставків, близько 9 тис. км каналів. Головною водною артерією України є Дніпро з його притоками, до якої прив'язані десятки великих промислових центрів, атомні електростанції, десятки тисяч підприємств промислового й сільськогосподарського профілю, десятки зрошувальних систем. Оскільки вони споживають дніпровську воду, а натомість повертають не завжди достатньо добре очищену, річка перетворюється на гігантський накопичувач забруднених вод. Крім зовнішніх джерел води, в Україні є й підземні джерела. Однак вони дуже відрізняються за кількістю розчинених солей у воді, тому поділяються на джерела з прісною і мінералізованою водою. Вода з прісних підземних джерел широко використовується на території України, а з мінералізованих може використовуватися тільки після її опріснення. Незважаючи на це, в силу територіальних, кліматичних й індустріальних причин Україна є однією з найменш забезпечених якісними водними ресурсами країн в Європі [13, 8].

До найбільш проблемних регіонів України можна віднести Херсонську, Миколаївську та Одеську

області. На цих територіях спрацьовує відразу кілька причин щодо незабезпеченості водою. Ці території належать до посушливих регіонів, оскільки середньорічна кількість опадів не перевищує 500 мм на рік. Наявна значна кількість великих підприємств промислового й аграрного комплексу, а також — відносно велика густота населення цих територій від 36,6 люд/км² у Херсонській області до 71,9 люд/км² в Одеській області [1]. Отже, проблема забезпечення прісною водою цих регіонів є актуальною, і з часом без її вирішення ситуація буде тільки погіршуватися. Одним з можливих рішень є опріснення мінералізованої води підземних джерел і морської води.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Найбільш поширеними способами для отримання опрісненої води в практиці є дистиляція, іонообмін, електродіаліз і зворотний осмос. Кожен з перерахованих способів має свої переваги й недоліки.

Обґрунтовуючи спосіб знесолення води, враховують той момент, що наведені вище регіони мають потреби не тільки у воді, а й електро- і тепловій енергії для промисловості, аграрного комплексу й населення. Пропонується використання контактних газопаротурбінних установок, яким притаманні висока економічність, низькі показники NO_x і CO, а також здатність генерувати в циклі додаткову воду [6, 5]. Для повернення води в цикл, що впорскується у вигляді пари в камеру згорання, генерується за рахунок згорання вуглеводневого палива і вноситься з повітрям, використовується контактний конденсатор. Під час здійснення конденсації водяної пари в ньому кількість теплоти передається від газопарової суміші

циркуляційній воді, а від неї відводиться в навколишнє середовище, а по суті втрачається. З метою зменшення цих втрат пропонується використовувати теплоту газопарової суміші для отримання опрісненої води за наявності додаткових джерел мінералізованої води.

Способи опріснення мінералізованої води широко відомі [9, 10]. Практичне їх застосування в Саудівській Аравії, Об'єднаних Арабських Еміратах, Кувейті підтвердило найбільшу ефективність використання дистиляції й зворотного осмосу для знесолення мінералізованої води. За наявності певної кількості теплоти перед контактним конденсатором обрано дистиляцію як спосіб знесолення. Питання можливості застосування теплоти газопарової суміші для отримання води, типи опріснювальних апаратів розглянуто в [14, 7, 12]. У цих дослідженнях наведено принципи отримання води, але не враховано зовнішні параметри повітря, мінералізованої води, характерні для посушливих регіонів України, що є важливим для аналізу способів знесолення мінералізованої води у цих регіонах.

МЕТА СТАТТІ — обґрунтування способу отримання опрісненої води за рахунок використання додаткових джерел мінералізованої води й теплоти газопарової суміші перед контактним конденсатором.

Для досягнення вказаної мети необхідне вирішення таких завдань:

1. Розгляд способів використання теплоти газопарової суміші для опріснення мінералізованої води.

2. Визначення ефективності застосування цих способів з урахуванням особливостей кліматичних умов для посушливих регіонів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для зазначених умов використання теплоти газопарової суміші перед контактним конденсатором найбільш раціональним способом опріснення мінералізованої води є дистиляція. Основними процесами, що відбуваються з цією водою, є випаровування і конденсація. Розглядаються два варіанти, коли ці процеси відбуваються за безпосереднього контакту середовищ або за наявності поверхні, що розділяє їх, для чого застосовують випарний охолоджувач чи ступеневий опріснювальний апарат киплячого типу відповідно.

На рис. 1 наведено принципові схеми елементів контактних газопаротурбінних установок, у яких відбувається генерація опрісненої води.

За безпосереднього контакту мінералізованої води з газопаровою сумішшю у ВО відбувається процес випарного охолодження суміші зі збільшенням її початкового вологовмісту й зниження температури суміші. Потім ця суміш потрапляє до контактного конденсатора, у якому при контакті з охолоджувальною циркуляційною водою відбуваються процеси випаровування до насичення парами води цієї суміші з подальшою конденсацією, вловлюванням крапель

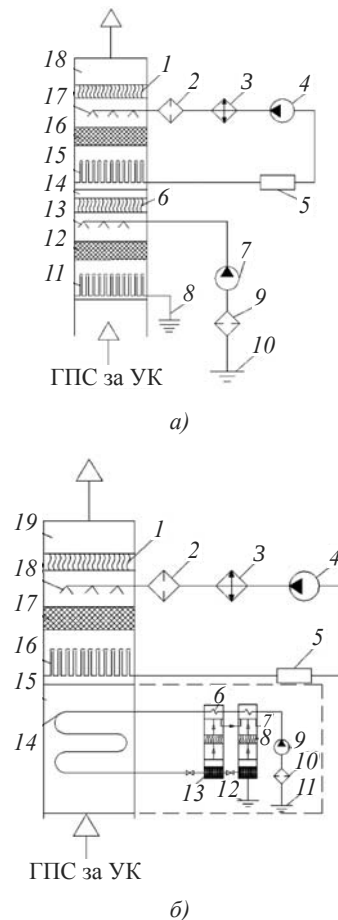


Рис. 1. Принципова схема елементів контактної газопаротурбінної установки, у якій відбувається генерація опрісненої води по ходу газопарової суміші: *а)* послідовного розташування випарного охолоджувача (ВО) й контактного конденсатора (КК); *б)* послідовного розташування опріснювального апарата киплячого типу та КК:

а) 1 — інерційний віддільник крапель КК, 2 — фільтр охолоджувальної циркуляційної води, 3 — охолоджувач циркуляційної води, 4 — циркуляційний насос, 5 — ємність для збору циркуляційної води, 6 — інерційний віддільник крапель ВО, 7 — фільтр мінералізованої води, 8 — трубопровід відведення мінералізованої води, 9 — насос мінералізованої води, 10 — трубопровід подачі мінералізованої води, 11 — пристрій для збору й відведення мінералізованої води з ВО, 12 — тепломасообмінна насадка ВО, 13 — зрошувач мінералізованої води, 14 — ВО, 15 — пристрій для збору й відведення суміші циркуляційної води й конденсату, 16 — тепломасообмінна насадка КК, 17 — зрошувач КК, 18 — КК. *б)* 1 — інерційний віддільник крапель КК, 2 — фільтр охолоджувальної циркуляційної води, 3 — охолоджувач циркуляційної води, 4 — циркуляційний насос, 5 — ємність для збору циркуляційної води, 6 — конденсатор, 7 — трубопровід відведення знесоленої води, 8 — інерційний віддільник крапель мінералізованої води, 9 — фільтр мінералізованої води, 10 — насос подачі мінералізованої води до конденсаторів, 11 — трубопровід подачі мінералізованої води, 12 — трубопровід відведення мінералізованої води, 13 — випарник мінералізованої води, 14 — підігрівачі мінералізованої води поверхневого типу, 15 — двоступеневий опріснювальний апарат киплячого типу, 16 — пристрій для збору й відведення циркуляційної води, 17 — тепломасообмінна насадка КК, 18 — зрошувач КК, 19 — КК.

в інерційному краплевловлювачу й відведенням води з конденсатора.

У процесі застосування апарата киплячого типу мінералізована вода підігрівается під надлишковим тиском для запобігання її скіпання в підігрівачі мінералізованої води поверхневого типу, який з зовнішньої поверхні омивається газопаровою сумішшю. Після зниження тиску в ступенях апарата відбувається випаровування води й пароподібна складова піднімається вгору. Для запобігання віднесенню крапель солоної води з паром встановлюється інерційний віддільник. При її контакті з охолоджувальною поверхнею в конденсаторі пара перетворюється у воду і відводиться на наступний ступінь. Для підвищення ефективності як охолоджувальне середовище використовується мінералізована вода перед подачею в підігрівач поверхневого типу. Вода, що не випаровувалася в першому ступені спрямовується в наступний, у якому тиск менший, ніж у першому, що дозволяє застосовувати ті ж процеси, що й у першому ступені [8].

Відмінною особливістю, наведених вище способів, є те, що в першому способі відбувається охолодження й збільшення вологості газопарової суміші перед конденсатором, а у другому тільки — охолодження. Так само в першому — вся вода відводиться з контактного конденсатора, а в другому — з контактного конденсатора і опріснювального апарата киплячого типу.

Для визначення ефективності отримання опрісненої води використовується показник генерації води:

$$E_{gw} = \frac{M_k + M_{\text{опр.в}}}{D_n}, \quad (1)$$

де M_k — кількість опрісненої води, отриманої при конденсації водяної пари в конденсаторі, кг/с; $M_{\text{опр.в}}$ — кількість опрісненої води, отриманої в опріснювальному апараті, кг/с; D_n — паропроductивність утилізаційного котла при подаванні пари в камеру згорання, кг/с.

Використовуючи випарне охолодження суміші перед конденсатором, вираз 1 перетворюють в:

$$E_{gw} = \frac{M_k}{D_n}. \quad (2)$$

Генерація води буде позитивною, якщо показник генерації вищий за одиницю.

Дослідження проведено для параметрів КГПТУ потужністю 16 МВт з ефективністю охолоджувачів циркуляційної води 0,7...0,8, за температури й відносної вологості повітря, відповідних кліматичним умовам наведених вище районів [4, 3, 2].

Температуру морської води й мінералізованої води зі свердловин розглянуто в діапазоні 5...24 °С, а вміст солей — 10–20% [11].

Застосування випарного охолодження газопарової суміші відбувається за рахунок подачі мінералізованої води, яка розпилюється, в потік газопарової суміші, що рухається в протилежному напрямку. Частина води випаровується, насичуючи парами суміш і знижуючи її температуру за рахунок використання теплоти для фазового переходу, а інша — зливається й відводиться самопливом. Для запобігання віднесенню крапель мінералізованої води газопаровим потоком перед конденсатором встановлюють сепаратор, який використовує інерційні сили. Донасичення парами циркуляційної води суміші відбувається безпосередньо в конденсаторі. Застосування даного способу знижує по довжині конденсатора протікання випарного охолодження донасичення й збільшує внаслідок цього процес контактної конденсації. Також збільшується кількість сконденсованої води за рахунок конденсації частини мінералізованої води, що випаровувалася, та інтенсифікації процесів тепломасообміну в самому конденсаторі. Однак оскільки охолоджувальним середовищем у конденсаторі є циркуляційна вода, кількість теплоти при фазовому переході парова передається їй, а від неї — у навколишнє середовище в охолоджувачах. Частина теплоти все одно втрачається і йде додаткове навантаження на охолоджувачі циркуляційної води. Даний спосіб застосовується у випарних охолоджувачах.

Ці недоліки відсутні за умови використання поверхні, що розділяє середовища в опріснювальних апаратах киплячого типу, де відбувається охолодження газопарової суміші без зміни початкової вологості, що інтенсифікує процеси тепломасообміну в конденсаторі. Однак наявність поверхні, що розділяє середовища, погіршує теплообмін.

Визначаючи ефективність пропонованих способів, необхідно враховувати кліматичні особливості областей. Результати застосування кожного способу для посушливих регіонів України наведено як характеристики показників генерації води від відносної витрати циркуляційної води: $G_{\text{цв}}/G_{\text{гпс}}$, де $G_{\text{цв}}$ і $G_{\text{гпс}}$ — витрати циркуляційної води та газопарової суміші відповідно помісячно протягом року на рис. 2, 3, 4, 5, 6 і 7 (позначення від 1 до 12 відповідають нумерації місяців року). Параметри застосовано для двоступеневих апаратів киплячого типу з ефективністю 0,7...0,75, які мають відносно невеликі масогабаритні показники порівняно з три- і більше ступеневими апаратами. Це дозволяє використовувати ці схеми як при морському, так і при континентальному розташуванні КГПТУ.

Херсонська область:

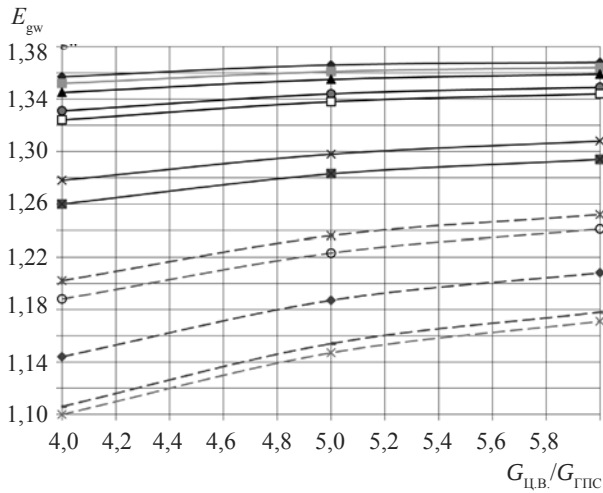


Рис. 2. Залежності показників генерації води по місяцях впродовж року від відносної витрати циркуляційної води при використанні сепаратора з ефективністю 0,995 і дво-ступеневого киплячого типу опріснювального апарата з ефективністю 0,7...0,75: — січень, — лютий, — березень, — квітень, — травень, — червень, — липень, — серпень, — вересень, — жовтень, — листопад, — грудень

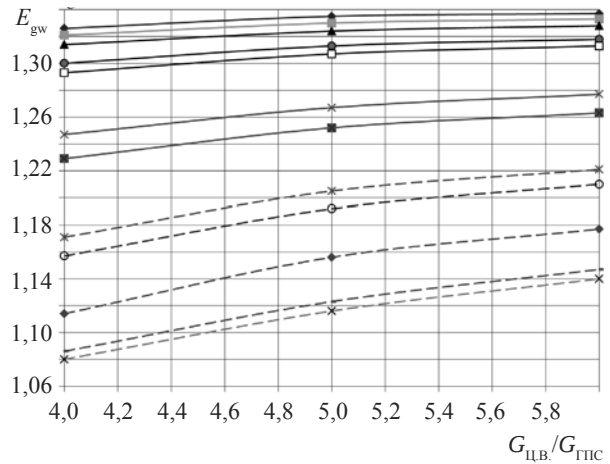


Рис. 3. Залежності показників генерації води по місяцях впродовж року від відносної витрати циркуляційної води при використанні сепаратора з ефективністю 0,995 і випарного охолоджувача: — січень, — лютий, — березень, — квітень, — травень, — червень, — липень, — серпень, — вересень, — жовтень, — листопад, — грудень

Миколаївська область:

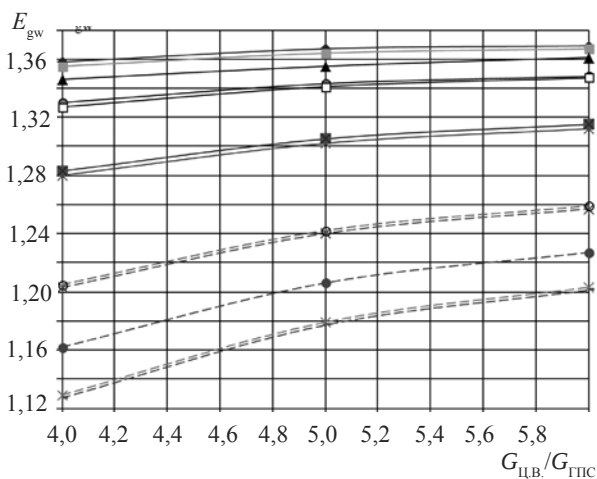


Рис. 4. Залежності показників генерації води по місяцях впродовж року від відносної витрати циркуляційної води при використанні сепаратора з ефективністю 0,995 і дво-ступеневого киплячого типу опріснювального апарата з ефективністю 0,7...0,75: — січень, — лютий, — березень, — квітень, — травень, — червень, — липень, — серпень, — вересень, — жовтень, — листопад, — грудень

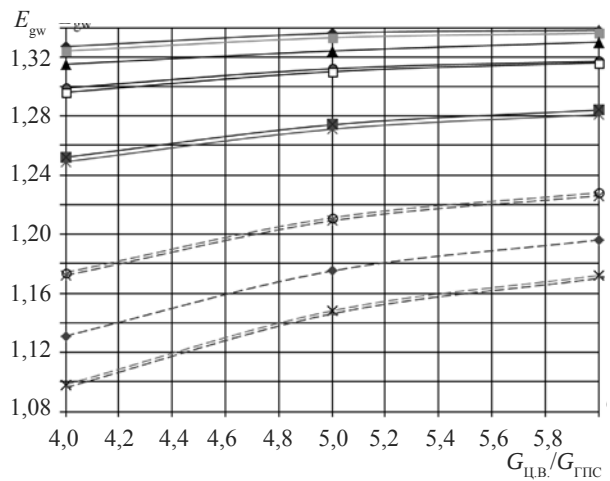


Рис. 5. Залежності показників генерації води по місяцях впродовж року від відносної витрати циркуляційної води при використанні сепаратора з ефективністю 0,995 і випарного охолоджувача: — січень, — лютий, — березень, — квітень, — травень, — червень, — липень, — серпень, — вересень, — жовтень, — листопад, — грудень

Одеська область:

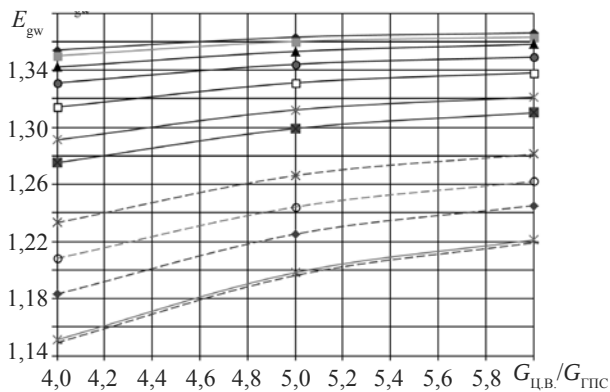


Рис. 6. Залежності показників генерації води по місяцях впродовж року від відносної витрати циркуляційної води при використанні сепаратора з ефективністю 0,995 і двоступеневого киплячого типу опріснювального апарата з ефективністю 0,7...0,75: — січень, — лютий, — березень, — квітень, — травень, — червень, — липень, — серпень, — вересень, — жовтень, — листопад, — грудень

ВИСНОВКИ. 1. Запропоновані способи використання теплоти газопарової суміші для опріснення мінералізованої води без збільшення початкової вологості суміші та зі збільшенням забезпечують стабільну генерацію опрісненої води в надлишковій кількості протягом усього року з урахуванням потреб самої установки в південних посушливих районах України.

2. Застосування випарного охолоджувача дозволяє досягти показників генерації води від 1,08 до 1,34 протягом року за відносної витрати циркуляційної води від 3 до 6.

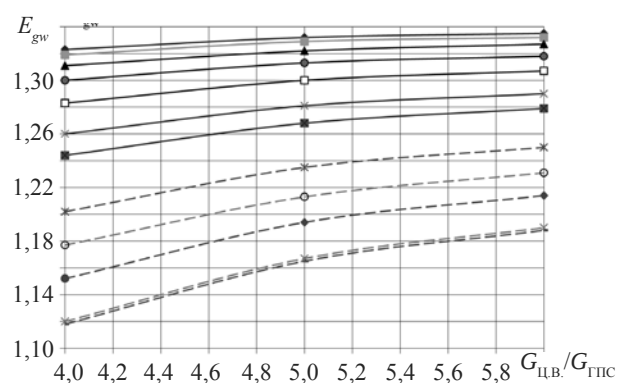


Рис. 7. Залежності показників генерації води по місяцях впродовж року від відносної витрати циркуляційної води при використанні сепаратора з ефективністю 0,995 і випарного охолоджувача: — січень, — лютий, — березень, — квітень, — травень, — червень, — липень, — серпень, — вересень, — жовтень, — листопад, — грудень

3. Використання опріснювального апарата двоступеневого киплячого типу з ефективністю 0,7...0,75 дає можливість отримати показники генерації води від 1,10 до 1,37 протягом року за відносної витрати циркуляційної води від 3 до 6.

4. На підставі порівняльного аналізу способів знесолення води в циклі контактних газопаротурбінних установок, що використовують теплоту газопарової суміші перед конденсатором за рахунок випарного охолодження газопарової суміші при зрошенні мінералізованою водою або поверхневого кипіння мінералізованої води, визначено, що останній спосіб є найбільш ефективним для розглянутих умов.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Агроводком [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.agrovodcom.ru/info.php>.
- [2] Климат Николаева [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Mikolaiv>.
- [3] Климат Одессы [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Odesa>.
- [4] Климат Херсона [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.meteoprog.ua/ru/climate/Kherson>.
- [5] Коломєєв, В.М. ГПУ-16К: дослідно-промислова експлуатація, міжвідомчі приймальні випробування, перспективи використання [Текст] / В.М. Коломєєв, М.В. Ксендзюк, В.В. Романов, С.М. Мовчан, А.П. Шевцов, С.А. Кузнецова, М.О. Дикий // Нафтова і газова промисловість : наук.-вироб. журнал. — К., 2006. — № 4. — С. 38–40.
- [6] Контактний конденсатор установки ГПУ-16К [Текст] / Б.В. Ісаков, С.М. Мовчан, В.С. Расошанський, Ю.В. Бочкарев, А.П. Шевцов, С.А. Кузнецова, В.М. Коломєєв, В.І. Избаш, М.В. Ксендзюк // Нафтова і газова промисловість : наук.-вироб. журнал. — К., 2005. — № 5. — С. 53–55.
- [7] Кузнецова, С.А. Влияние особенностей схемных решений контактных газопаротурбинных установок на характеристики циркуляционных контуров [Текст] / С.А. Кузнецова, О.С. Кучеренко // 36. наук. пр. УД-МТУ. — Миколаїв : УДМТУ, 2003. — С. 113–121.
- [8] Области Украины [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ua.all.biz/regions>.

- [9] Опреснение морских и соленых вод (обратный осмос) [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.studfiles.ru/preview/1076192>.
- [10] **Слесаренко, В. Н.** Опреснительные установки [Текст] / В. Н. Слесаренко. — Владивосток : ДВГМА, 1999. — 244 с.
- [11] Солоність [Електронний ресурс]. — Режим доступа: <http://uk.wikipedia.org/wiki/Солоність>.
- [12] **Пат. и 2009 10031 Україна, МПК S02C 6/18.** Спосіб утилізації теплоти і маси робочого тіла в контактній газопаровій турбінній установці на морському об'єкті [Текст] / Шевцов А. П., Кузнецова С. А., Мовчан С. М., Романов В. В., Рижков С. С., Івченко І. В., Чобенко В. М. ; заявник та патентовласник Національний університет кораблебудування. — №93308, реєстр 25.01.2011, опубл. 25.01.2011 бюл. №2. — 6 с.
- [13] Херсонская область [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://ua-open.com/ru/khmel'nitskaya-oblast/hersonskaya-oblast>.
- [14] **Черри, Дж.** Газотурбинная установка с впрыском пара, объединенная с установкой для приготовления обессоленной воды термическим методом [Текст] / Черри (G. Cerri), Арсуффи (G. Arsuffi) // Труды Американского общества инженеров-механиков. Энергетические машины и установки. — М., 1998. — №4. — С. 116–126.

© С. А. Кузнецова

Надійшла до редколегії 12.02.2015

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК
д-р техн. наук, проф. *С. І. Сербін*