

РОЗРОБКА І ВИГОТОВЛЕННЯ МАСООБМІННОГО ВІДЦЕНТРОВОГО ДИСТИЛЯТОРА ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ

№2610р

Керівник

проекту: д.т.н., проф. Ріферт Володимир Густавович

Відповідальний виконавець

к.т.н., доц. **Соломаха Андрій Сергійович**

Область застосування

Апарат призначений для концентрування водовмісних розчинів, наприклад, при обробці термочутливих розчинів в харчовій та фармацевтичній галузях.

Для замкнутих об'єктів з обслуговуючим персоналом, а також експедицій в зони з екстремальними умовами, для забезпечення питною водою.

Може використовуватись для підрозділів, що виконують завдання в регіонах з дефіцитом питної води, екіпажів малогабаритних морських плавзасобів, підводних та інших замкнутих населених об'єктів, в тому числі може використовуватися для екіпажів пілотованих космічних об'єктів.

Мета роботи

Експериментальне дослідження за реальних експлуатаційних умов процесів випаровування та конденсації пароповітряних сумішей в полі дії відцентрових сил при атмосферному тиску, на обертовій сітчастій насадці, визначення гідродинамічних особливостей роботи обертової насадки

Розробка конструкції дистилятора для задоволення високих вимог до концентрування термолабільних речовин різного початкового складу.

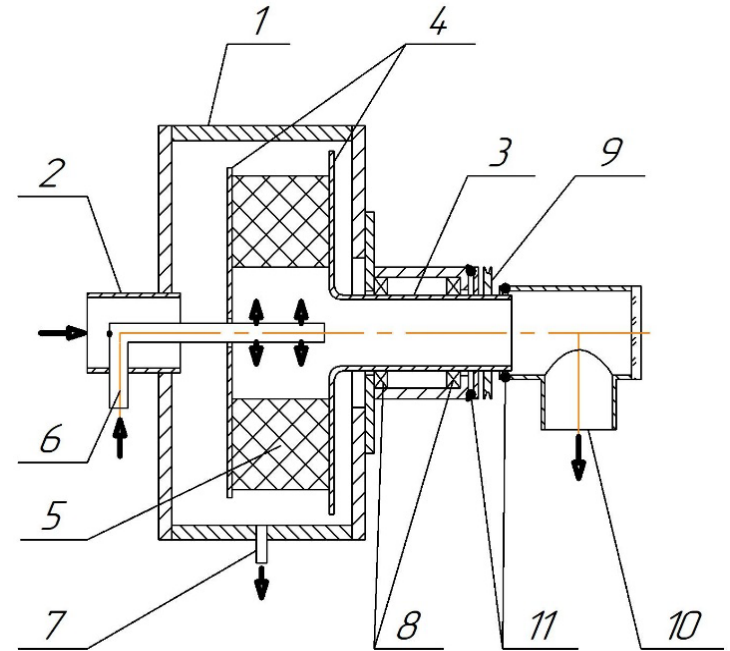
Об'єкт та предмет дослідження

- **об'єкт дослідження:** дистилятор для отримання чистої води з розчинів різного походження при атмосферному тиску та комбінованому використанні відцентрових сил та природної гравітації;
- **предмет дослідження:** процеси випаровування плівки рідини в полі дії відцентрових сил в повітря та конденсації вологи з пароповітряної суміші при її контакті з охолодженим дистилятором (в обох випадках процес відбувається на поверхні елементів сітчастої насадки). Вибір оптимальної схеми контакту теплоносіїв у випарнику та конденсаторі, структури сітчастої насадки та конструкції масообмінного дистилятора.

Виконані задачі

- Розроблено ескізну документацію на лабораторний зразок відцентрового дистилятора;
- Виготовлено деталі та вузли лабораторного зразка відцентрового дистилятора;
- Зібрано та налагоджено лабораторний зразок відцентрового дистилятора;
- Модернізація системи вимірювання;
- Тестування лабораторного зразка відцентрового дистилятора на дистиляті та термолабільних розчинах;
- Аналіз отриманих результатів та розробка рекомендацій для корекції конструкції лабораторного зразка відцентрового дистилятора;
- Розробка методики розрахунку локальних коефіцієнтів тепловіддачі на кожній окремій ділянці дистилятора, визначення локальних перепадів температур і середніх коефіцієнтів теплопередачі

Зовнішній вигляд дистилятора



TRL 4



- 1 – корпус; 2 – вхідний патрубок;
3 – пустотілий вал; 4 – направляючі
диски; 5 – сітчаста насадка; 6 –
трубка зрошувача; 7 – канал для
відведення рідини; 8 – підшипники;
9 – шків; 10 – вихідний патрубок;
11 – ущільнення

Сітчаста насадка з ротором дистилятора

Элементы экспериментального стенду



Fig.5. Photo of experimental equipment.

Основні наукові результати

- Досліджено гідродинаміку процесів у відцентровому апараті із сітчастою насадкою. Визначено оптимальні режимні параметри з точки зору мінімальних затрат енергії;
- Вперше експериментально досліджено процес випаровування з розчину в повітряний потік на обертовій сітчастій насадці. Отримано емпіричні формули для інженерного розрахунку;
- Вперше експериментально досліджено особливості процесу конденсації з пароповітряного потоку, проаналізовано якість отриманого дистилляту. Отримано емпіричні формули для інженерного розрахунку;
- Новою є методика розрахунку відцентрового тепломасообмінного апарату з сітчастою насадкою.

Порівняльна таблиця показників

1.	Публікація результатів:		
1.1.	Статті у журналах, що індексуються <u>наукометричними</u> базами даних:		
	- <u>Scopus</u> та/або <u>Web of Science Core Collection</u> , всього, од.	6	6
	з них із <u>квартилем</u> Q1 і Q2 на момент опублікування, од.	-	3
	з них із <u>квартилем</u> Q3 і Q4 на момент опублікування, од.	-	3
	з них із іншими показникам впливовості видання, які визначені замовником (<u>імпаکت-фактор</u> , <u>SNIP</u> тощо), <i>необхідне зазначити</i> , од.		
	з них з відкритим доступом, од.		1
1.2.	Статті у виданнях, які містять інформацію з обмеженим доступом (<i>для робіт оборонного та/або подвійного призначення</i>), од.	-	-
1.3.	Статті у наукових журналах (без <u>квартилю</u>), збірниках наукових праць, матеріалах конференцій тощо, що індексуються <u>наукометричними</u> базами даних <u>Scopus</u> або <u>Web of Science Core Collection</u> (крім тих, що увійшли до п.1.1), од.	-	2
1.4.	Статті у фахових виданнях України категорії «А», які у звітному році індексуються <u>наукометричними</u> базами даних <u>Scopus</u> або <u>Web of Science Core Collection</u> , од.	-	-
1.5.	Статті у наукових фахових виданнях України категорії «Б», од.	7	7
1.6.	Статті у періодичних виданнях інших країн, що мають ISSN, од.	-	-
1.7.	Публікації у матеріалах конференцій, тезах доповідей та виданнях, що не включені до переліку наукових фахових видань України та не індексуються <u>наукометричними</u> базами даних <u>Scopus</u> або <u>Web of Science Core Collection</u> , од.	3	5
1.8.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) у закордонних виданнях мовами країн ОЕСР та/або ЄС, од.	-	-
1.9.	Монографії та розділи монографій, опубліковані (або підготовлені і подані до друку) в українських виданнях, од.	1	1

Порівняльна таблиця показників

2.	Презентація та поширення результатів:		
2.1.	Міжнародні науково-комунікативні заходи, конференції, од.	3	9

3.	Підготовка наукових кадрів:		
3.1.	Захищено дисертацій доктора наук авторами роботи або під консультуванням авторів у рамках тематики роботи, од.	1	0
3.2.	Захищено дисертацій доктора філософії авторами роботи або під керівництвом авторів у рамках тематики роботи, од.	2	2
4.	Охоронні документи на об'єкти права інтелектуальної власності (ОПІВ)		
4.1.	Отримано патентів України на винахід, од.	-	1
4.2.	Отримано патентів України на промисловий зразок, од.		
4.3.	Отримано патентів України на корисну модель, од.	1	1
4.4.	Отримано охоронний документ на ОПІВ інших країн, од.		
4.5.	Отримано охоронних документів на інші види ОПІВ, які не описані у пп. 4.1-4.4, од.		
4.6.	Подано заявок на отримання охоронного документу на ОПІВ України та /або інших країн, од.	2	2

Порівняльна таблиця показників

5.	Впровадження та використання наукових або науково-технічних (прикладних) результатів:		
5.1.	Підписано (укладено) договорів (угод) організацією-виконавцем роботи на впровадження (використання) результатів роботи (окрім індивідуальних), серед них:		
5.1.1	Господарських договорів/контрактів, од./тис.грн		
5.1.2	Ліцензійних договорів/договорів на ноу-хау, од./тис.грн	2 / -	1 /20 тис.
5.1.3	Грантових угод (держаного рівня), од./тис.грн		
5.1.4	Грантових угод (міжнародного рівня), од./тис.грн		
5.1.5	Індивідуальні договори, угоди державного/міжнародного рівня		
5.1.6	Інші договори (угоди), які не описані у пп. 5.1.1-5.1.5, од./тис.грн		
5.2.	Документально підтверджено використання результатів (різних видів НТП) у практиці органів державної/місцевої влади, суспільних практиках тощо, од.	1	1
5.3.	Проведено маркетингові дослідження, перемовини з потенційними замовниками із підписанням протоколу (меморандуму, угоди) про наміри комерційного впровадження результатів, од.		
5.4.	Подано заявок на державні, міжнародні наукові гранти (окрім індивідуальних), од.	-	2
5.5.	Впроваджено у освітній процес ЗВО/НУ з відповідним підтвердженням, од.		
5.6.	Інші варіанти впровадження, які не описані у пп. 5.1-5.5, од.		
6.	Створено чи істотно удосконалено/покращено існуючі:		
6.1.	Пристрої (макет, експериментальний/дослідний зразок), од.	1	1
6.2.	Матеріали, процеси, технології, технологічні регламенти, цифрові		

Публікації Scopus

1. Rifert, V., Solomakha, A., Barabash, P., [Sniehovskiy O.](https://doi.org/10.1007/s12567-022-00480-x), [Petrenko V.](https://doi.org/10.1007/s12567-022-00480-x) Centrifugal multiple effect distiller for water recovery for space applications. *CEAS Space J* **15**, 751–760 (2023). <https://doi.org/10.1007/s12567-022-00480-x>
2. Peter Barabash, Andrii Solomakha, Volodymyr Sereda, Natalia Prytula, Peter Strynada, Yang Liu. Heat and mass transfer of countercurrent air-water flow in a vertical tube // *Heat Mass Transfer* **59**, 1343–1351 (2023). <https://doi.org/10.1007/s00231-023-03342-2>
3. Rifert, V., Solomakha, A., Barabash, P., [Sniehovskiy O.](https://doi.org/10.1089/space.2023.0002), [Petrenko V.](https://doi.org/10.1089/space.2023.0002) Water Recovery in Life Support Systems for Long-Term Space Missions. *New Space* 2024 12:1, 67-76 <https://doi.org/10.1089/space.2023.0002>
4. A. Solomakha, P. Barabash, V. Rifert. Experimental investigation of mass transfer characteristics in centrifugal humidifier, *Thermal Science and Engineering Progress* 53, (2024), 102769. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2024.102769>
5. Andrii S. Solomakha, Petro Barabash, Volodymyr Rifert, Valerii Petrenko Pitot-Tube Jet Pump with a Partially Liquid-Filled Housing. *J. of Fluids Eng.* DRAFT-FE-24-1585-0 (подана до редакції, проходить рецензування)
6. A. S. Solomakha, P. Barabash, V. Rifert, V. Petrenko, O. Zabolotniy. Pressure drop and flooding in Rotating packed beds with wire mesh packing // *Chemical Engineering and processing: Process Intensification* (проходить рецензування)

Публікації фахові

1. П.С.Стринада, А.С.Соломаха. Гідродинаміка за протитечії плівки рідини та газу у вертикальній трубі // Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2023. – №4. – с.144-150. DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.4/23>
2. В.В.Середа, Лю Ян, Т.Ю.Подстєвая. Високоєфективний контактний зволожувач для термічної опріснювальної установки // Енергетика: економіка, технології, екологія. № 3, 2023, с. 131-138. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2023.289729>
3. Середа В.В., Притула Н.О. Енергетичні показники термічних опріснювальних систем із зволожувачами різних типів // Вісник Вінницького політехнічного інституту, № 6 (171), 2023 р., с.14-22. <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2023-171-6-14-22>
4. Подстєвая Т.Л., Середа В.В. Термодинамічний аналіз відкритої системи термічного знесолення води з підігріванням повітря // Енергетика і автоматика, №6, 2023, с.28-39. [http://dx.doi.org/10.31548/energiya6\(70\).2023.028](http://dx.doi.org/10.31548/energiya6(70).2023.028)
5. *В.Г. Ріферт, П.О.Барабаш, А.С.Соломаха, В.Г.Петренко, Р.В. Десятерик.* Використання штучної гравітації в тепломасообмінних апаратах для системи життєзабезпечення пілотованих космічних місій // Енергетика і автоматика. – 2024. – №2. – с.64-78. [http://dx.doi.org/10.31548/energiya2\(72\).2024.0646](http://dx.doi.org/10.31548/energiya2(72).2024.0646).
6. Конденсація водяної плівки на обертовому диску. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2024. – №6. – (в редакції)
7. Заболотний О.А., Соломаха А.С. Вловлення вуглекислого газу у відцентровому апараті із сітчастою насадкою // Енергетика і автоматика (в редакції)

Патенти, ліцензія, монографія

1. Ліцензійний договір № 1007-23 про надання права на використання об'єкта інтелектуальної власності від 10 липня 2023 року на 20 тис.грн.
2. Патент на корисну модель № 155504 МПК (2006.01) B64G 1/60, B01D 3/08, B01D 3/10. Відцентрова термоелектрична система дистиляції / Ріферт В.Г., Барабаш П.О., Соломаха А.С., Петренко В.Г. Заявник та патентовласник КПІ ім. Ігоря Сікорського заявка ч 2023 03524 від 20.07.2023; опубл. 06.03.2024, Бюл.№10
3. Заявка на **винахід** України №a202403525 від 20.07.2023
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1749581/>
4. Заявка на **винахід** України №a202401247 від 08.03.2024
<https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1787943/>
5. Патент на **винахід** № 127722 МПК (2023.01) B64G 1/60, B01D 3/08, B01D 3/10, C02F 1/04, B01D 1/00. Система дистиляції / Барабаш П.О., Ріферт В.Г., Усенко В.І., Соломаха А.С., Петренко В.Г., Стрикун О.П. Заявник та патентовласник «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; заявка 20.04.2021; опубл. 13.12.2023, Бюл.№50. <https://sis.nipo.gov.ua/uk/search/detail/1775394/>
6. Ткаченко С. Й., Власенко О.В. Регулярний тепловий режим: Монографія, Вінниця: ВНТУ, 2023, 132 с. ISBN 978-966-641-937-1(online PDF); ISBN 978-966-641-943-2 (друк).
<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/782>

Конференції

1. [Anatyчук L., Rifert V., Desiateryk R., Petrenko V., Boianievskiy V. Comparative analysis of water recovery technologies for life support systems for deep space missions. Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC 2023, 2023-October IAC-23,A1,IP,26,x79983](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85187995850&origin=resultslist) <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85187995850&origin=resultslist> SCOPUS Q4
2. [Barabash P., Rifert V., Desiateryk R., Petrenko V., Boianivskiy V. Characteristics of a centrifugal flash boiling distiller for regeneration of wastewater in a life support system during long-term space flights. Proceedings of the International Astronautical Congress, IAC 2023, IAC-23,A1,LBA,x80634](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85187992495&origin=resultslist) <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85187992495&origin=resultslist> SCOPUS Q4
3. Andrii Solomakha. The centrifugal mass exchange distiller for wastewater reclamation in closed life-support systems. 7th Sustainable Process Integration Laboratory Scientific Conference: Energy, Water, Emission & Waste in Industry and Cities In conjunction with Renewable Energy System for Residential Building Heating and Electricity Production (RESHeat) Workshop, Mikulov, Czech Republic (Hybrid), 2023 (Без публікації тез)
https://registration.sdewes.org/c_includes/SPIL2023/export_abstracts_lst.php#
4. Лю Ян, Подстєвая Т.Л., Середа В.В. Високоєфективний контактний зволожувач для термічної опріснювальної установки, XX Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», 2023, Том 1, стор. 226-227. https://iate.kpi.ua/uploads/p_21_89484232.pdf
5. Стринада П.С., Соломаха А.С. Режими течії водяної плівки та повітря у вертикальній трубі, XX Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», 2023, Том 1, стор. 230-231. https://iate.kpi.ua/uploads/p_21_89484232.pdf
6. Заболотний О.А., Соломаха А.С. Уловлення вуглекислого газу у відцентровому апараті, XXI Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», 2024, Том 1, стор. 161-163. https://iate.kpi.ua/uploads/p_144_77938393.pdf
7. Подстєвая Т.Л., Середа В.В. Дослідження ефективності підігріву води та повітря в термічній опріснювальній установці, XXI Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрів і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», 2024, Том 1, стор. 164-165. https://iate.kpi.ua/uploads/p_144_77938393.pdf
8. V. Rifert, R.Desiateryk, P.Barabash, A. Solomakha,V. Petrenko. Experimental Research on Water Restoration Within a Spacecraft Using CMED Technology. 53rd International Conference on Environmental Systems. ICES-2024-235. 21-25 July 2024, Louisville, Kentucky. <https://ttu-ir.tdl.org/items/afe2eab7-25d0-42d1-8c3d-23d9f8c8794e>
9. Заболотний О.А., Соломаха А.С., Ефективність уловлення вуглекислого газу у відцентровому апараті. X Міжнародна науково-технічна конференція «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS’2024», Київ, 26-27 листопада 2024 р. https://drive.google.com/file/d/1hL1SMZNtdd04yzwFmcz9Q1Oo_To4TF7/view