

**Технологія та обладнання для термічної дистиляції рідких відходів в замкнутах системах життєзабезпечення.**

**Технология и оборудование для термической дистилляции жидких отходов в замкнутых системах жизнеобеспечения.**

**Technology and equipment for thermal distillation of liquid waste in closed life support systems.**

**1. Номер державної реєстрації - 0118U003684.**

**2. Науковий керівник:** д.т.н., проф. Ріферт В.Г., д.т.н., проф. Риферт В.Г., prof. Rifert V.G.

**3. Суть розробки, основні результати.**

(укр.) Розроблено нову технологію отримання чистої води з рідких відходів в замкнутах системах життєзабезпечення та обладнання для її реалізації. Основними елементами системи є оригінальний відцентровий дистилятор (ВД), що забезпечує працездатність системи при довільній орієнтації сил гравітації, а також в невагомості, з інтенсифікованими процесами тепломасообміну та термоелектричний тепловий насос, який зменшує питоме енергоспоживання системи.

Були отримані уточнені залежності для розрахунку теплообміну при випаровуванні плівки розчину, з якого вилучається очищена вода, та конденсації водяної пари, отриманої при випаровуванні вихідного розчину в полі дії відцентрових сил, які лежать в основі методики розрахунку та конструювання системи очищення води на необхідну продуктивність.

Розроблено нову математичну модель оптимізованої системи термічної дистиляції, яка базується на уточнених даних з теплообміну при конденсації та випаровуванні на поверхнях різної конфігурації в полі дії відцентрових сил. Конструкція відцентрового вакуумного дистилятора оснащена вбудованими насосами на базі трубки Піто-Прандтля, які забезпечують необхідні переміщення робочих рідин в системі дистиляції та в елементах ВД без використання інших насосів.

Відпрацьовано можливі схеми підключення термоелектричного теплового насосу (ТН) в системі з відцентровим дистилятором, при застосуванні гібридних методів рекуперації енергії (багатоступінчатість та ефект Пельтьє).

Вперше були визначені умови запобігання відкладенням кристалів розчинених речовин при плівковій течії рідини по поверхні, що обертається.

Розроблена нова конструкція кінцевого конденсатора дистилятора, яка підвищить ефективність використання в системі ТН.

Розроблено нову технологію очищення розчину з використанням кристалізації розчинених речовин, яка підвищить коефіцієнт регенерації води.

(рос.) Разработана новая технология получения чистой воды из жидких отходов в замкнутых системах жизнеобеспечения и оборудование для ее реализации. Основными элементами системы являются оригинальный центробежный дистиллятор (ЦВД), который обеспечивает работоспособность системы при произвольной ориентации сил гравитации, а также в невесомости, с интенсифицированными процессами тепломассообмена и термоэлектрический тепловой насос, который уменьшает удельное энергопотребление системы.

Были получены уточненные зависимости для расчета теплообмена при испарении пленки раствора, из которого изымается очищенная вода, конденсации водяного пара, полученного при испарении исходного раствора в поле действия центробежных сил, которые лежат в основе методики расчета и конструирования системы очистки воды на необходимую производительность.

Разработана новая математическая модель оптимизированной системы термической дистилляции, которая базируется на уточненных данных по теплообмену при конденсации и испарении на поверхностях различной конфигурации в поле действия центробежных сил. Конструкция центробежного вакуумного дистиллятора оснащена встроенными насосами на базе трубки Пито-Прандтля, которые обеспечивают необходимые перемещения рабочих жидкостей в системе дистилляции в элементах ЦВД без использования других насосов.

Отработаны возможные схемы подключения термоэлектрического теплового насоса (ТТН) в системе с центробежным дистиллятором, при применении гибридных методов рекуперации энергии (многоступенчатость и эффект Пельтье).

Впервые были определены условия предотвращения отложением кристаллов растворенных веществ при пленочной течения жидкости по поверхности вращающегося.

Разработана новая конструкция конечного конденсатора дистиллятора, которая повысит эффективность использования в системе ТТН.

Разработана новая технология очистки раствора с использованием кристаллизации растворенных веществ, которая повысит коэффициент регенерации воды.

**(eng).** A new technology for obtaining clean water from liquid waste in closed life support systems and equipment for its implementation has been developed. The main elements of the system are the original centrifugal distiller (CD), which ensures the efficiency of the system at arbitrary orientation of gravity, as well as weightlessness, with intensified heat and mass transfer processes and thermoelectric heat pump, which reduces the specific energy consumption of the system.

Refined dependences were obtained for the calculation of heat transfer for evaporation and condensation of water vapor in the field of centrifugal forces, which underlie the method of calculating

A new mathematical model of an optimized thermal distillation system has been developed, which is based on refined data on heat transfer during condensation and evaporation on surfaces of different configurations in the field of action of centrifugal forces. The design of the centrifugal vacuum distiller is equipped with built-in pumps based on the Pitot-Prandtl tube, which provide the necessary movement of working fluids in the distillation system and in the elements of CD without the use of other pumps.

Possible schemes of thermoelectric heat pump (THP) connection in a system with a centrifugal distiller, using hybrid methods of energy recovery (multistage and Peltier effect) have been worked out.

For the first time, the conditions for preventing the deposition of crystals of solutes during the film flow of a liquid on a rotating surface were determined.

A new design of the final condenser of the distiller has been developed, which will increase the THP efficiency.

A new technology of solution purification using crystallization of dissolved substances has been developed, which will increase the water regeneration coefficient.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності**

1. Пат. на корисну модель № 128748 МПК F28C 3/00 (2018.01) Контактний теплообмінник / Барабаш П.О., Соломаха А.С., Куделя П.П., Панченко О.О.; Заявник та патентовласник «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; заявл. 19.03.2018; опубл. 10.10.2018, Бюл.№19.

2. Пат. на корисну модель № 129600 МПК B01D 3/00 (2006.01). Система регенерації води / Барабаш П.О., Ріферт В.Г., Усенко В.І., Соломаха А.С., Петренко В.Г. Заявник та патентовласник «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; заявл. 27.03.2018; опубл. 12.11.2018, Бюл.№21.

3. Пат. на корисну модель № 131657 МПК B64G 1/60, B01D 3/08 (2006.01). Система дистиляції / Барабаш П.О., Ріферт В.Г., Усенко В.І., Соломаха А.С., Петренко В.Г. Заявник та патентовласник «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; заявл. 17.07.2018; опубл. 25.01.2019, Бюл.№2.

4. Промисловий зразок, ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИЙ ТРАНСФОРМАТОР ТЕПЛОТИ / Анатичук Лук'ян Іванович (UA), Ріферт Володимир Густавович (UA), Прибила Андрій

Вікторівч (UA), Барабаш Петро Олексійович (UA) Номер заявки: s 2020 01431. Дата подання заявки: 15.09.2020

5. Ноу-Хау (Комерційна таємниця) Барабаш П.О., Ріферт В.Г. № 20-10/01 від 20.10.2020 "Спосіб регулювання рівня розчину у відцентровому дистиляторі"

### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

На даний момент щодо застосування в Космосі основним конкурентом нашої розробки є вакуумний дистилятор VCD, який був розроблений в США ще в 1962 р і працює на Міжнародній космічній станції останні 12 років. За 68 років з моменту початку розробки VCD не були внесені істотні зміни в конструкцію пристрою. З 1962 по 2019 рр., основні експлуатаційні параметри пристрою залишаються незмінними – продуктивність по дистиляту менше 1,5 л/год, регенерація води до 80%, витрата енергії не менше 150 Вт·год/л. Для порівняння: відцентровий дистилятор, розроблений в КПП дає можливість отримувати до 7 л/год дистиляту при ступені вилучення води до 93% та затратами енергії менше 110 Вт·год/л.

Останні публікації свідчать, що для реалізації міжнародної місячної програми «Артеміда» необхідно розробити системи регенерації із ступенем відновлення води мінімум 97%, та із забезпеченням більш високих показників енергетичної ефективності.

Запропонований в проекті відцентровий дистилятор дозволяє вирішити всі поставлені завдання.

### **6. Економічна привабливість для просування на ринок.**

У найближчі роки NASA, SpaceX, Boeing, Blue Origin, Virgin та інші планують глибокі космічні місії людини на Місяць і Марс. Очевидно, що на сучасному рівні розвитку космонавтики це неможливо реалізувати без використання систем рекуперації води з різних стічних вод. Розробка надійних та ефективних систем водовідведення для космічних місій значно зменшить витрати на забезпечення космонавтів водою. Реалізація багатоступінчатого відцентрованого дистилятора з термоелектричним тепловим насосом в космічній галузі – це рішення проблеми забезпечення водою пілотованого космічного корабля при здійсненні тривалих перельотів.

### **7. Потенційні користувачі.**

- Оборонна галузь: компактні системи отримання чистої води з будь-яких джерел

- Космонавтика: для регенерації стічних вод продуктів життєдіяльності космонавтів. 12 листопада 2020 року Україна офіційно приєдналася до програми NASA з повернення людей на Місяць «Артеміда». Це важливо для України і дає можливість напряму реалізувати свої проекти у партнерстві з провідними космічними агенціями світу. Однією з цілей програми є висадка двох астронавтів біля південного полюса Місяця у найближчі роки і забезпечення постійної присутності людей на супутнику до кінця десятиліття. Зрозуміло, що без ефективної системи регенерації рідких відходів така місія є неможливою.

- Фармацевтика - для виробництва антибіотиків, вакцин, ферментів, полісахаридів, гормонів, глікозидів, білків, амінокислот, вітамінів, алкалоїдів, пестицидів та ін).

- Харчова промисловість - для виробництва молока, згущеного молока, повидла, соків, солодового екстракту, глюкози, дріжджів, кормових та харчових добавок та ін.

### **8. Стан готовності розробки.**

Технічна документація.

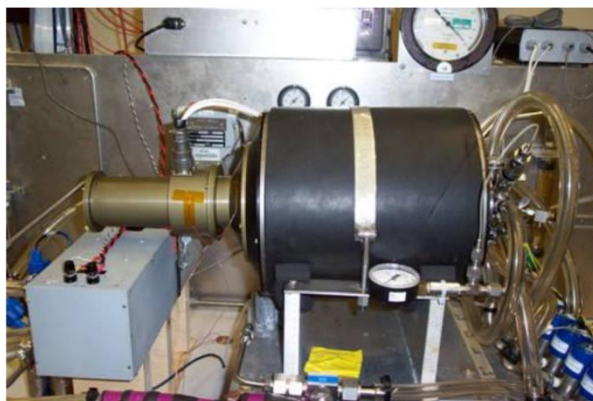
### **9. Існуючі результати впровадження.**

Компанія ТОВ «Термодистиляція РВ»

### **10. Назва підрозділу, телефон, e-mail.:**

ТЕФ, каф. ТПТ, (093) 763-28-47, a.solomakha@kpi.ua

## 11. Фото



Зовнішній вигляд відцентрового дистилятора та термоелектричного теплового насосу

## 12. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання.

1. V. Rifert, P. Barabash, A. Solomakha, V. Usenko, V. Sereda, V. Petrenko. Hydrodynamics and heat transfer in centrifugal film evaporator. Bulgarian Chemical Communications. – Vol. 50, Special Issue K. – 2018. – P. 49-57.

[http://bcc.bas.bg/BCC\\_Volumes/Volume\\_50\\_Special\\_K\\_2018/BCC-50-K-2018-49-57-Rifert-%202.pdf](http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_50_Special_K_2018/BCC-50-K-2018-49-57-Rifert-%202.pdf)

2. V. Rifert, L. Anatyshuk, A. Solomakha, P. Barabash, V. Usenko, A. Prybyla, M. Naymark, V. Petrenko. Upgrade the centrifugal multiple-effect distiller for deep space missions. Proceedings of the 70th International Astronautical Congress (IAC), 2019, October, IAC-19\_A1\_IP\_11\_x54316. <https://iafastro.directory/iac/paper/id/54316/summary/>

3. V. Rifert, L. Anatyshuk, P. Barabash, V. Usenko, A. Strikun, A. Solomakha, V. Petrenko, V. Sereda, A. Prybyla. Evolution of centrifugal distillation system with a thermoelectric heat pump for space missions. Journal of Thermoelectricity. – 2019. №3. – p. 5-19. [http://jt.inst.cv.ua/jt/jt\\_2019\\_03\\_en.pdf](http://jt.inst.cv.ua/jt/jt_2019_03_en.pdf)

4. V. Rifert, L. Anatyshuk, P. Barabash, V. Usenko, A. Solomakha, V. Petrenko, A. Prybyla, V. Sereda. Comparative analysis of thermal distillation methods with heat pumps for long space flights. Journal of Thermoelectricity, 2019, Vol. 4, P. 5-17. [http://jt.inst.cv.ua/jt/jt\\_2019\\_04\\_en.pdf](http://jt.inst.cv.ua/jt/jt_2019_04_en.pdf)

5. V. Rifert, A. Solomakha, P. Barabash, V. Usenko, V. Sereda. Justification of the method for calculating heat transfer in film evaporators with a rotating surface. Bulgarian Chemical Communications – 2020. – Vol. 52 (F) P. 95-102. [http://bcc.bas.bg/BCC\\_Volumes/Volume\\_52\\_Special\\_F\\_2020/BCC-52-F-2020-95-102-Solomakha-16.pdf](http://bcc.bas.bg/BCC_Volumes/Volume_52_Special_F_2020/BCC-52-F-2020-95-102-Solomakha-16.pdf)

## 13. Надати ключові слова до розробки

Відцентровий дистилятор, випаровування, конденсація, невагомість, плівка рідини