

Дослідження процесів теплопереносу в комбінованих системах випарувально-конденсаційного типу і оптимізація характеристик систем

Исследование процессов теплопереноса в комбинированных системах испарительно-конденсационного типа и оптимизация характеристик систем

Investigation of heat transfer processes in combined systems of evaporation-condensation type and optimization of system performance

1. Номер державної реєстрації, номер реєстрації в університеті: № 0113U000747, НТУУ «КПІ» - 2609-ф.

2. Науковий керівник: ПИСЬМЕННИЙ Євген Миколайович, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор, декан ТЕФ.

Научный руководитель: ПИСЬМЕННЫЙ Евгений Николаевич, Заслуженный деятель науки и техники Украины, доктор технических наук, профессор, декан ТЭФ.

Scientific advisor: Pis'mennyi Ye. N. Honored worker of science and technology of Ukraine, doctor of technical science, professor, dean of HPEF.

3. Суть розробки, основні результати:

(укр.)

Постановка і проведення даної роботи обумовлені необхідністю створення нових, більш ефективних засобів теплопередачі випарувально-конденсаційного типу (ВКТ) в порівнянні зі звичайними пристроями та системами ВКТ, удосконалення яких дійшло до межі їх потенційних можливостей. Такими засобами теплопередачі, зокрема, можуть бути багатоеlementні системи ВКТ з конструктивно ідентичними або неідентичними складовими; системи із спільними паро- та конденсаторпроводами і розгалуженими ділянками теплопідведення та/або тепловідведення; біметалеві системи з різними поєднаннями матеріалів корпусу і капілярної структури. Такі системи за конструктивними ознаками та за ознакою поєднання в одному пристрої чи їх сукупності різних матеріалів є комбінованими.

На основі проведених досліджень закономірностей процесів теплопереносу та комплексних теплофізичних досліджень теплопередаючих характеристик комбінованих систем теплопередачі ВКТ, розроблених науково обґрунтованих методик їх раціонального проектування та захищених патентами нових специфічних науково-технічних рішень стосовно цих систем доведено, що комбіновані випарувально-конденсаційні системи (ВКС) теплопередачі за комплексом притаманних їм теплофізичних, технологічних і експлуатаційних достоїнств, переваг, особливостей відповідають вимогам і умовам, що висуваються до систем тепловідведення і систем забезпечення теплових режимів для підвищення ефективності, надійності і безпеки функціонування об'єктів енергетики і промисловості, забезпечення оптимальних теплових режимів роботи різних видів обладнання, пристроїв, приладів.

Розроблено науково обґрунтовані методи забезпечення ефективного і надійного функціонування комбінованих систем теплопередачі випарувально-конденсаційного типу. На основі дослідження структурних, гідродинамічних та капілярно-транспортних характеристик тонковолокнистих капілярних структур для комбінованих ВКС отримано залежності розмірів пор, проникності і капілярного тиску від вихідних структурних параметрів, закономірності капілярної фільтрації. Отримано закономірності для визначення обмежень теплопередаючої здатності систем теплопередачі ВКТ за різними теплофізичними факторами. Отримано залежності для визначення характеристик процесів теплообміну та термічного опору, рекомендації з інтенсифікації теплообмінних процесів. Обґрунтовано заходи з підвищення теплопередаючої здатності систем ВКТ. Отримані залежності для визначення оптимальних параметрів металоволокнистих капілярних структур та залежності для визначення оптимальних конструктивних параметрів ВКС з точки зору найбільшої ефективності процесів теплопередачі. На основі виявлених закономірностей, отриманих залежностей і співвідношень розроблено методики теплових

розрахунків. Встановлено аналітичні співвідношення для порівняння теплопередаючої здатності систем теплопередачі ВКТ і традиційних теплопередаючих систем.

Розроблено специфічні технологічні рішення щодо забезпечення ефективності та надійності функціонування комбінованих систем теплопередачі ВКТ. Розроблено оригінальні схемно-конструктивні рішення комбінованих ВКС для підвищення ефективності, надійності і безпеки функціонування об'єктів енергетики і промисловості, забезпечення оптимальних теплових режимів роботи різних видів обладнання, пристроїв, приладів, які захищені патентами України.

Суть разработки, основные результаты: (рос.)

Постановка и проведение данной работы обусловлены необходимостью создания новых, более эффективных средств теплопередачи испарительно-конденсационного типа (ИКТ) по сравнению с обычными устройствами и системами ИКТ, совершенствование которых достигло предела их потенциальных возможностей. Такими средствами теплопередачи, в частности, могут быть многоэлементные системы ИКТ с конструктивно идентичными или неидентичными составляющими; системы с общими паро- и конденсаторпроводами и разветвленными участками теплоподвода и/или теплоотвода; биметаллические системы с разными сочетаниями материалов корпуса и капиллярной структуры. Такие системы по конструктивным признакам и по признаку сочетания в одном устройстве или их совокупности разных материалов являются комбинированными.

На основе проведенных исследований закономерностей процессов теплопереноса и комплексных теплофизических исследований теплопередающих характеристик комбинированных систем теплопередачи ИКТ, разработанных научно обоснованных методик их рационального проектирования и защищенных патентами новых специфических научно-технических решений относительно этих систем доказано, что комбинированные испарительно-конденсационные системы (ИКС) теплопередачи по комплексу присущих им теплофизических, технологических и эксплуатационных достоинств, преимуществ, особенностей отвечают требованиям и условиям, которые предъявляются к системам теплоотвода и системам обеспечения тепловых режимов для повышения эффективности, надежности и безопасности функционирования объектов энергетики и промышленности, обеспечения оптимальных тепловых режимов работы разных видов оборудования, устройств, приборов.

Разработаны научно обоснованные методы обеспечения эффективного и надежного функционирования комбинированных систем теплопередачи испарительно-конденсационного типа. На основе исследования структурных, гидродинамических и капиллярно-транспортных характеристик тонковолокнистых капиллярных структур для комбинированных ИКС получены зависимости размеров пор, проницаемости и капиллярного давления от исходных структурных параметров, закономерности капиллярной фильтрации. Получены закономерности для определения ограничений теплопередающей способности систем теплопередачи ИКТ от действия различных теплофизических факторов. Получены зависимости для определения характеристик процессов теплообмена и термического сопротивления, рекомендации по интенсификации теплообменных процессов. Обоснованы мероприятия по повышению теплопередающей способности систем ИКТ. Получены зависимости для определения оптимальных параметров металловолокнистых капиллярных структур и зависимости для определения оптимальных конструктивных параметров ИКС с точки зрения наибольшей эффективности процессов теплопередачи. На основе выявленных закономерностей, полученных зависимостей и соотношений разработаны методики тепловых расчетов. Установлены аналитические соотношения для сравнения теплопередающей способности систем теплопередачи ИКТ и традиционных теплопередающих систем.

Разработаны специфические технологические решения по обеспечению эффективности и надежности функционирования комбинированных систем теплопередачи ИКТ. Разработаны оригинальные схемно-конструктивные решения комбинированных ИКС для повышения

эффективности, надежности и безопасности функционирования объектов энергетики и промышленности, обеспечения оптимальных тепловых режимов работы различных видов оборудования, устройств, приборов, которые защищены патентами Украины.

The essence of development, the main results:

(англ.)

Formulation and implementation of this work is stipulated by the necessity of new, more efficient heat transfer means of evaporation-condensation type (ICT) in comparison with the ordinary ICT devices and systems, which improvement has reached the limit of their potential. Such heat transfer means, in particular, can be multi-element ICT systems with both structurally identical and non-identical components; systems with common steam and condensate and branched parts of the heat supply and/or heat sink; bimetallic systems with different combinations of body materials and capillary structure. Such systems are combined according to constructive characteristics and by the indicator of combination of different materials in a single unit.

On the basis of conducted studies of heat transfer process regularities and complex thermalphysic studies of heat transfer characteristics of combined heat transfer ICT systems, developed scientifically grounded methods of rational designing and patented new specific scientific and technical decisions concerning these systems it is proved that the combined evaporation-condensation heat transfer systems (ICS) by complex of inherent thermal, technological and operational advantages, benefits, characteristics meet the requirements and conditions that are put forward to the passive heat sink systems and thermal control system to improve the efficiency, reliability and safety of running the facilities of power engineering and industry, to ensure optimal thermal operating conditions of different types of equipment, devices, instruments.

Scientifically grounded methods of providing the effective and reliable running of the combined systems of heat evaporation-condensation type are worked out. Based on the study of structural, hydrodynamic and capillary transport properties of fine-fibre capillary structures for combined ICS, relations of the pores size, permeability and capillary pressure of the initial structural parameters, regularity of capillary filtering are obtained. Regularities for determining the limits of heat transfer capability of ICT systems under the influence of various thermal factors are got. Relations for determination of heat transfer and thermal resistance processes characteristics, recommendations for intensification of heat exchange processes are obtained. Actions to improve the heat transfer capability of ICT systems are grounded. Relations to determine the optimal parameters of metal-fibrous capillary structures and dependencies to determine the optimal constructive parameters of ICS in terms of maximum efficiency of heat transfer processes are got. On the basis of the revealed regularities, obtained dependencies and relationships developed methods of thermal calculation are developed. Analytical relations are established for comparing the capacity of ICT heat transfer system and traditional heat transport systems.

Specific technological solutions to provide effectiveness and reliability of the combined heat transfer ICT systems running is worked out. The original scheme-constructional solutions for combined ICS are designed to improve the efficiency, reliability and operation safety of energy facilities and industry, to ensure optimal thermal conditions of the various types of equipment, devices, instruments, that are protected by patents of Ukraine.

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

- патенти

1. Патент на корисну модель № 85484, Україна. Модуль сухого сховища відпрацьованого ядерного палива / Ніщик О.П., Гершуні О.Н.- Оpubл. 25.11.2013.- Бюл. № 22.
2. Патент на корисну модель № 81688, Україна. Світлодіодний освітлювальний пристрій / Ніколаєнко Ю.Є., Рассамакін Б.М., Хайрнасов С.М.- Оpubл. 10.07.2013. - Бюл. № 13.
3. Патент на корисну модель № 87032, Україна. Теплообмінна труба/ Письменний Є.М., Руденко О.І., Терех О.М., Ніщик О.П., Семеняко О.В. (пош.), Кондратюк В.А. (асп.) -Оpubл. 27.01.2014.-Бюл. 2.
4. Патент на корисну модель № 85596, Україна. Комбінована теплопередавальна система випарно-конденсаційного типу / Письменний Є.М., Ніколаєнко Ю.Є., Кравець В.Ю., Алексеїк Є.С., Мельник Р.С. (ст.)/- Оpubл. 25.11.2013. - Бюл. № 22/2013.
5. Патент на корисну модель № 87074, Україна. Спосіб виготовлення комбінованої випарувально-конденсаційної системи/Ніщик О.П., Гершуні О.Н., Батуркін В.М., Кириченко О.В.- Оpubл. 27.01.2014.- Бюл. № 2.
6. Патент на корисну модель № 87132, Україна. Спосіб виготовлення комбінованої випарувально-конденсаційної системи/Ніщик О.П., Гершуні О.Н., Ніколаєнко Ю.Є., Письменний Є.М. - Оpubл. 27.01.2014.- Бюл. № 2
7. Патент на корисну модель № 88861, Україна. Протипожежне загородження / Ніщик О.П., Гершуні О.Н., Письменний Є.М.- Оpubл. 10.04.2014.- Бюл. № 7.
8. Патент на корисну модель № 93167, Україна. Негорюча теплообмінна перешкода / Ніщик О.П., Гершуні О.Н., Письменний Є.М., Серко М.В.(студ.) - Оpubл. 25.09.2014.- Бюл. № 18.
9. Патент на корисну модель № 93293, Україна. Теплоутилізатор-повітропідігрівач газотурбінної установки /Письменний Є.М., Туз В.О., Ніщик О.П., Кондратюк В.О., Терех О.М.- Оpubл. 25.09.2014.-Бюл. № 18.
10. Патент на корисну модель № 97510, Україна. Комбінований теплообмінний пристрій випарувально-конденсаційного типу/Гершуні О.Н., Ніщик О.П. - Оpubл. 25.03.2015.- Бюл. № 6.
11. Патент на корисну модель № 98760, Україна. Випарник комбінованої системи теплопередачі випарувально-конденсаційного типу з титану та його сплавів / Ніщик О.П., Гершуні О.Н. - Оpubл. 12.05.2015.- Бюл. № 9.
12. Патент на корисну модель № 99114, Україна. Пориста перегородка (фільтр для збагачення урану)/ Ніщик О.П., Руденко О.І.- Оpubл. 25.05.2015.-Бюл. № 10.

- заявки на патент

1. Заявка на корисну модель № u201503943, Україна. Випарувач комбінованої системи теплопередачі випарувально-конденсаційного типу з титану та його сплавів / Ніщик О.П., Гершуні О.Н. - Від 24.04.2015 р.
2. Заявка на корисну модель № u201505255, Україна. Теплообмінник / Письменний Є.М., Туз В.О., Ніщик О.П., Руденко О.І., Терех О.М. - Від 28.05.2015 р.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Отримані результати відповідають світовому рівню. Відповідно виконаному аналізу рівня і тенденцій розвитку досліджень процесів, пристроїв і систем теплопередачі, заснованих на принципі випарувально-конденсаційного циклу, удосконалення цих пристроїв в їх класичному виконанні та простих систем на їх основі практично дійшло до межі їх потенційних можливостей. Більш ефективними системами, з покращеними теплопередаючими характеристиками та ширшими функціональними можливостями є багатоелементні системи ВКТ з конструктивно ідентичними або неідентичними складовими; системи із спільними паро- та конденсаторпроводами і розгалуженими ділянками теплопідведення та/або тепловідведення та біметалеві системи з різними поєднаннями матеріалів корпусу і капілярної структури, які можуть бути як одноелементними, так і більш складними. Практично відсутні дані про комплексні дослідження та розробки таких комбінованих систем ВКТ, дані про нові ефективні поєднання матеріалів корпусів та капілярно-пористих структур, що задовольняли б як загальноприйняті вимоги до систем ВКТ,

так і спеціальні. Відсутні дані про нові типи капілярно-пористих структур, виготовлених з дуже тонких металевих волокон, зокрема, дані про їх структурні, гідродинамічні та капілярно-транспортні характеристики, які могли б стати основою для створення більш ефективних систем теплопередачі ВКТ. Відсутність вказаних даних стримує проектування, розробку та впровадження таких систем теплопередачі в практику.

При виконанні даної наукової роботи отримано нові наукові знання щодо складних і взаємопов'язаних теплофізичних процесів капілярної фільтрації в капілярних структурах, обмежень ефективного теплопереносу, теплообміну в робочих зонах комбінованих випаровувально-конденсаційних систем теплопередачі, оптимізації характеристик систем, аналізу їх переваг. На основі отриманих закономірностей розроблені основні положення методик раціонального проектування комбінованих систем теплопередачі ВКТ.

В порівнянні з класичними пристроями і системами теплопередачі ВКТ комбіновані системи ВКТ мають ряд важливих переваг. При компонуванні системи з окремих автономних теплопередаючих елементів ВКТ забезпечуються підвищення рівня теплопередаючої здатності, термостабілізації, покращання показників енергетичної компактності і матеріалоемності. При побудові системи ВКТ з розгалуженою конфігурацією корпусу та капілярної структури в теплообмінних зонах і спільним випаровувально-конденсаційним контуром особливостями і перевагами є поліпшення показників енергетичної компактності і матеріалоемності при високих рівнях питомих теплових навантажень. Ефективні поєднання різних металів для корпусу і капілярної структури як складових ВКС задовольняють як загальні вимоги до ВКС, так і спеціальні вимоги, а саме показники міцності, маси, корозійної стійкості у відповідному середовищі тощо.

6. Економічна привабливість розробки для просування на ринок (*вартість реалізації проекту, терміни впровадження та окупності, показники*).

Практична цінність результатів роботи обумовлена доведеними перевагами комбінованих систем теплопередачі ВКТ, розробленими науково обґрунтованими методиками їх раціонального проектування та розробленими науково-технологічними та схемно-конструктивними рішеннями для забезпечення ефективного і надійного функціонування систем теплопередачі ВКТ, що захищені патентами України.

При впровадженні результатів роботи будуть створені конкурентноспроможні типи систем теплопередачі ВКТ, які забезпечать підвищення рівня теплопередаючої здатності, термостабілізації, покращання показників енергетичної компактності і матеріалоемності (при компонуванні системи з окремих автономних теплопередаючих елементів ВКТ), поліпшення показників енергетичної компактності і матеріалоемності при високих рівнях питомих теплових навантажень (при побудові системи ВКТ з розгалуженою конфігурацією корпусу та капілярної структури в теплообмінних зонах і спільним випаровувально-конденсаційним контуром), виконання як загальних вимог до ВКС, так і спеціальних вимог, а саме показників міцності, маси, корозійної стійкості у відповідному середовищі тощо (ефективні поєднання різних металів для корпусу і капілярної структури як складових ВКС).

7. Потенційні користувачі (*галузі, міністерства, відомства, підприємства, організації*).

Сферою застосування результатів роботи є атомна, тепла, альтернативна енергетика, промислова теплотехніка, приладобудування тощо, а саме системи забезпечення енергоефективності і теплових режимів устаткування і пристроїв в зазначених галузях.

Створена в даній роботі наукова продукція є необхідною основою для подальшого проведення дослідно-конструкторських робіт, розробки відповідної конструкторсько-технологічної документації на типові конструкції комбінованих систем випаровувально-конденсаційного типу з різним функціональним призначенням і організації виробництва таких систем.

Результати роботи можуть використовуватися проектними, конструкторськими та виробничими організаціями і підприємствами, що функціонують в вищезазначених галузях. В якості прикладів можна назвати такі підприємства – потенційні користувачі результатів даної

роботи: ДП “Національна атомна енергогенеруюча компанія “Енергоатом”, ВАТ “Київський науково-дослідний проектно-конструкторський інститут “Енергопроект”, ВАТ “Харківський науково-дослідний проектно-конструкторський інститут “Енергопроект”, підприємства радіоелектронної галузі та ін.

8. Стан готовності розробки.

Розроблено науково обґрунтовані методики раціонального проектування та базові конструктивно-технологічні рішення для створення і впровадження високоефективних комбінованих систем теплопередачі випаровувально-конденсаційного типу.

9. Існуючі результати впровадження.

Результати держбюджетної роботи № 2609-ф впроваджено в навчальний процес на теплоенергетичному факультеті: в лекційному курсі “Енерго- і ресурсозбереження в енергетиці”, зокрема в розділі до цього курсу “Теплообмінні системи з проміжним теплоносієм”, для вдосконалення лекційного курсу “Методи дослідження процесів генерації пари” для студентів спеціальностей “Котли і реактори” (7.05060401, 8.05060401) за напрямком 6.050604 “Енергомашинобудування” та “Теплофізика” (7.05060102, 8.05060102) за напрямком 6.050601 “Теплоенергетика”. Введені нові теми практичних занять по навчальному курсу “Енерго- і ресурсозбереження в енергетиці”: “Порівняльний аналіз теплопередаючої здатності теплообмінників ВКТ та рекуперативних трубчатих теплообмінників”, “Технології непрямого випарного охолодження”.

10. Форма участі інвестора (яка краща форма участі в реалізації результатів проекту інвестора: частка в проекті %, частка від прибутку %, інше)

11. Обсяг інвестицій (необхідна для результатів проекту сума інвестицій у доларах США).

12. Мета інвестицій (розширення бізнесу, створення нового підприємства, інше).

13. Назва підрозділу, телефон, e-mail: Національний технічний університет України “Київський політехнічний інститут” (НТУУ “КПІ”), теплоенергетичний факультет (ТЕФ), кафедра атомних електричних станцій і інженерної теплофізики (АЕС і ІТФ), робочий тел. факс: (044) 204-95-26, (044) 204-80-92, nirtef@kpi.ua

14. Фото розробки

15. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання:

- **опубліковані статті та тези доповідей:**

1. Pis'mennyi E.N. Optimization of the ribbing of a new heat exchange surface of flat-oval tubes //Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2013. – V. 86. - №5. – P.1066-1071.

2. Pis'mennyi E.N. Universal relations for calculation of the drag of transversely finned tube bundles// International Journal of Heat and Mass Transfer.-2014.-V. 73.-№ 6.-P. 293-302.

3. Pis'mennyi E.N.Heat transfer enhancement at tubular transversely finned heating surfaces// International Journal of Heat and Mass Transfer.-2014.-V. 70.-№ 3.-P. 1050-1063.

4. Письменный Е.М. Теплообмін пучків труб з рівнорозвиненою поверхнею// Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013.- №1/8(61).- С. 29-33.

5. Письменный Е.Н. Обобщение экспериментальных данных по теплообмену и аэродинамическому сопротивлению шахматных пакетов труб с винтовыми подогнутыми ребрами // Промышленная теплотехника. -2013.- Т.35.- №3.- С. 5-11.

6. Письменный Е.М. Аеродинамічний опір пучків гвинтоподібних труб//Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2013.- №6/8(66).- С. 31-35.

7. Письменный С.М. Теплообмін шахових пакетів плоскоовальних труб в поперечному потоці//Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2015.- №1/8(73).- С. 43-48.

8. Письменный Е.Н. Оптимизация оребрения новой теплообменной поверхности / Письменный Е.Н., Багрий П.И., Терех А.М., Семеняко А.В. // Инженерно-физический журнал.- 2013.-Т. 86.-№ 5.-С. 1-6.

9. Гершуни А.Н. Коаксиальная тепловая труба для охлаждения отражателя лазера / Гершуни А.Н., Нищик А.П. //Технология и конструирование в электронной аппаратуре.-2014. -№ 2-3.-С. 37-41.

10. Gershuni A. Structural, thermophysical and mechanical characteristics of metal felt wicks of modern heat pipes / Gershuni A., Zaripov V., Baturkin V. // Proceedings (Pre-Prints) 17th IHPC, IIT Kanpur, India, October 13-17, 2013, 5 pages.

11. Gershuni A.N. On efficient passive cooling of control rod drivers / Gershuni A.N., Nishchik A.P., Razumovskiy V.G., Pioro I.L. // Proc. of the 2013 21st Int. Conf. on Nuclear Engineering (ICONE21), Chengdu, China, July 29 – August 2, 2013, Paper 16449, 5 pages.

12. Razumovskiy, V.G. Heat Transfer to Water at Supercritical Parameters in Vertical Tubes, Annular Channels, 3- and 7-Rod Bundles / Razumovskiy, V.G., Mayevskiy Eu.M., Koloskov, A.Eu., Pis'mennyi, E.N., and Pioro, I.L. // Proc. of the 2013 21st Int. Conf. on Nuclear Engineering (ICONE21), Chengdu, China, July 29 – August 2, 2013, Paper 16442, 8 pages.

13. Gershuni A.N. On features of thermal design of passive evaporation-and-condensation systems of reactor thermal shielding / Gershuni A.N., Nishchik A.P., Pis'mennyi E.N., Razumovskiy V.G., Pioro I.L. // Proc. of the 2014 22nd Int. Conf. on Nuclear Engineering (ICONE 22), Prague, Czech Republic, July 7 – 11, 2014, Paper 30133, 7 pages.

14. Gershuni A.N. Experimental Simulation of Passive Evaporation-and-Condensation Systems of Reactor Thermal Shielding / Gershuni A.N., Nishchik A.P., Pis'mennyi E.N., Razumovskiy V.G., Pioro I.L.// Proc. of the 23rd Int. Conf. on Nuclear Engineering (ICONE 23), Chiba, Japan, May 17-21, 2015, Paper 1049, 5 pages.

15. Sidawi, K. HTC Correlation Applications to Supercritical Water Flowing Upward in a Vertical Annular Channel and 3-Rod Bundle / Sidawi, K., Pioro, I., Razumovskiy, V.G., Pis'mennyi, Eu.N., and Koloskov, A.Eu. // Proc. of the 23rd Int. Conf. On Nuclear Engineering (ICONE-23), Chiba, Japan,, May 17-21, 2015, Paper 1743, 11 pages.

16. Гершуни А.Н. Коаксиальная тепловая труба для охлаждения отражателя лазера / Гершуни А.Н., Нищик А.П. // В кн.: Труды четырнадцатой Международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии” СИЭТ-2013. Т. II. - Одесса.-2013.-С. 34-35.

17. Гершуни А.Н. Тепловые трубы в системах охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Гершуни А.Н., Нищик А.П. // В кн.: Труды пятнадцатой Международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии” СИЭТ-2014. Т. II. - Одесса.-2014.-С. 12-13.

18. Ласкавий А.І. Технології непрямого випарного охолодження / Ласкавий А.І., Гершуні О.Н. // В кн.: Тези доповідей XII Міжнародної науково-практичної конференції аспірантів, магістрантів і студентів “Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики”, 22-25 квітня 2014 р.-Київ.-2014.-С. 63.

19. Гершуни А.Н. Тепловые трубы из титана для систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Гершуни А.Н., Нищик А.П. // В кн.: Труды шестнадцатой Международной научно-практической конференции “Современные информационные и электронные технологии” СИЭТ-2015. - Одесса.-2015.-С. 150, 151.

- доповіді на конференціях:

1. Гершуни А.Н. Коаксиальная тепловая труба для охлаждения отражателя лазера/ Гершуни А.Н., Нищик А.П.//Чотирнадцята Міжнародна науково-практична конференція СИЭТ-2013, 27-31 травня 2013 р.-Одеса, Україна.

2. Gershuni A.N. On efficient passive cooling of control rod drivers. / Gershuni A.N., Nishchik A.P., Razumovskiy V.G., I.L. Pioro // 21th International Conference on Nuclear Engineering "ICONE21", August 2, 2013- Chengdu, China.

3. Razumovskiy, V.G. Heat Transfer to Water at Supercritical Parameters in Vertical Tubes, Annular Channels, 3- and 7-Rod Bundles/ Razumovskiy, V.G., Mayevskiy Eu.M., Koloskov, A.Eu., Pis'mennyi, E.N., and Pioro, I.L. // 21th International Conference on Nuclear Engineering "ICONE21", August 2, 2013- Chengdu, China.

4. Gershuni A. Structural, thermophysical and mechanical characteristics of metal felt wicks of modern heat pipes / Gershuni A., Zaripov V., Baturkin V.// 17th International Heat Pipes Conference, Oktober 2013- IIT Kanpur, India.

5. Жукова Ю.В. Численное исследование аэродинамического сопротивления и теплоотдачи одиночной трубы каплеобразной формы/ Ю. В. Жукова, А. М. Терех, С. А. Исаев, Е. Н. Письменный// XIX Школа-семинар молодых ученых и специалистов под руководством академика РАН А.И. Леонтьева. Проблемы газодинамики и тепломассообмена в новых энергетических технологиях, 20-24 мая, 2013 г. – Орехово-Зуево, Россия.

6. Исаев С. А. Численное моделирование и экспериментальное исследование теплообмена в пакетах труб с генераторами вихрей и струй в неоднородных средах/С. А. Исаев, Ю. В. Жукова, А. М. Терех, Е. Н. Письменный // VIII Международная конференция «Проблемы промышленной теплотехники», 8-11 жовтня 2013 р. - Київ, Україна.

7. Гершуни А.Н. Тепловые трубы в системах охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Гершуни А.Н., Нищик А.П. // П'ятнадцята Міжнародна науково-практична конференція СИЭТ-2014 "Современные информационные и электронные технологии", 26-30 травня 2014 р. – Одеса, Україна.

8. Ласкавий А.І. Технології непрямого випарного охолодження / Ласкавий А.І., Гершуни О.Н. // XII Міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів і студентів "Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики", 22-25 квітня 2014 р.-Київ, Україна.

9. Gershuni A.N. On features of thermal design of passive evaporation-and-condensation systems of reactor thermal shielding / Gershuni A.N., Nishchik A.P., Pis'mennyi E.N., Razumovskiy V.G., Pioro I.L. // 22th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE 22), July 7 – 11, 2014-Prague, Czech Republic.

10. Письменный Е. Н. Теплообмен и аэродинамическое сопротивление пакетов профилированных труб / Е. Н. Письменный, А. М. Терех, В. А. Кондратюк // Труды V Российской Национальной конференции по теплообмену - 25-29 октября 2014 г. - Москва, Россия.

11. Гершуни А.Н. Тепловые трубы из титана для систем охлаждения радиоэлектронной аппаратуры / Гершуни А.Н., Нищик А.П. // Шістнадцята Міжнародна науково-практична конференція СИЭТ-2015 "Современные информационные и электронные технологии", 25-29 травня 2015 р. – Одеса, Україна.

12. Gershuni, A.N. Experimental Simulation of Passive Evaporation-and-Condensation Systems of Reactor Thermal Shielding / Gershuni, A.N., Nishchik, A.P., Pis'mennyi, E.N., Razumovskiy, V.G., Pioro, I.L. // 23th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE23), May 17-21, 2015-Makuhari Messe, Chiba, Japan.

13. Sidawi K. HTC Correlation Applications to Supercritical Water Flowing Upward in a Vertical Annular Channel and 3-Rod Bundle / Sidawi K., Pioro, I., Razumovskiy, V.G., Pis'mennyi, Eu.N., and Koloskov, A.Eu. // 23th International Conference On Nuclear Engineering (ICONE-23), May 17-21, 2015 - Makuhari Messe, Chiba, Japan.

14. Charles E. Andraka. High Performance Felt-Metal-Wick Heat Pipe for Solar Receivers / Charles E. Andraka, Timothy A. Moss, Volodymyr Baturkin, Vladlen Zaripov, Oleksandr Nishchik // 21st SolarPACES Conference (Concentrating Solar Power and Chemical Energy Systems), October 13-16, 2015.- Cape Town, South Africa.

- **доповіді на заходах МАГАТЕ:**

1. Розумовський В.Г. Застосування випарувально-конденсаційних циркуляційних контурів в системах пасивного захисту ядерних реакторів / Розумовський В.Г. // 1-ша наукова

координаційна зустріч членів робочої групи МАГАТЕ “Вивчення та передбачення теплогідравлічних явищ, що мають місце в водяних реакторах надкритичного тиску” (“Understanding and Prediction of Thermal-Hydraulics Phenomena Relevant to Supercritical Water-Cooled Reactors (SCWRs”), October 28-31, 2014, Vienna, Austria.

2. Gershuni A.N. Thermal parameters of elongated heat conductors of evaporation-condensation type for passive emergency cooling of reactor equipment / Gershuni A.N., Nishchik A.P., Pis'mennyi E.N., Razumovskiy V.G. // 8 Міжнародна нарада експертів в штаб-квартирі МАГАТЕ на тему “Підсилення ефективності НДР у світлі аварії на АЕС Фукусіма-1” (IEM8 on Strengthening Research and Development Effectiveness in the Light of the Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant), February 16–20, 2015, Vienna, Austria.

16. Ключові слова до розробки: процеси теплопереносу, комбіновані системи випарувально-конденсаційного типу, оптимізація характеристик систем