

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса
Видавець Бондаренко М. О.
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

Тітлов О. С., завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації
відповідає автор публікації*

Збірник наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія
харчових технологій, 2020

Секція 1:

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ»**

12. Mehdizadeh, H., Alishah, A., & Astani, S.H. (2016). Study on performance and methods to optimize thermal oil boiler efficiency in cement industry.
13. Gómez, A., Fueyo, N., & Diez, L.I. (2008). Modelling and simulation of fluid-flow and heat transfer in the convective zone of a power-generation boiler.
14. Hashimoto, Nozomu & Watanabe, Hiroaki. (2016). Numerical analysis on effect of furnace scale on heat transfer mechanism of coal particles in pulverized coal combustion field. Fuel Processing Technology. 145. 20-30. 10.1016/j.fuproc.2016.01.024.
15. Zhang, Y., Luo, R., Dou, Y., & Zhou, Q. (2018). Combustion Characteristics and NO_x Emission through a Swirling Burner with Adjustable Flaring Angle.

УДК 536.24

ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ

Л. Л. Васильев, доктор технических наук, профессор;
А. С. Журавлёв, кандидат технических наук; Л. П. Гракович, кандидат технических наук;
М. И. Рабецкий кандидат технических наук; В. А. Олехнович; А. А. Хартоник
ГНУ «Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова
Национальной академии наук Беларуси», г. Минск, Республика Беларусь

Эффективное использование энергии является важнейшей проблемой XXI века, требующей активного принятия мер к снижению энергоёмкости технологий. Системы теплоснабжения, горячего водоснабжения, кондиционирования помещений в последние десятилетия подвергаются значительным изменениям, взамен традиционных источников топлива и энергии все шире применяются возобновляемые. Сокращается потребление углеводородного топлива, снижаются потери тепла при его транспортировке от генерирующих мощностей к потребителям, при этом решаются не только экономические проблемы, но и улучшается экологическая обстановка ввиду уменьшения количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу. Источниками энергии могут служить солнечное излучение, воздух, грунт, водные бассейны, сточные воды.

Переход на энергосберегающие технологии, диверсификация источников энергии осуществляются при постоянном обновлении оборудования, в том числе на базе тепловых труб (ТТ) и термосифонов (ТС) – устройств с испарительно-конденсационным циклом. Тепло в них передается потоком пара из испарителя в конденсатор в виде скрытой теплоты парообразования (рис. 1). Конденсат возвращается в испаритель под действием капиллярного давления в пористом фитиле. Тепловые трубы обладают эффективной теплопроводностью до 5 000–10 000 Вт/(К·м) и по этому показателю многократно превосходят самые высокотеплопроводные материалы. Они просты в эксплуатации, для работы ТТ и ТС не требуется затрат энергии, технического обслуживания и успешно применяются в энергосберегающих технологиях в энергетике, жилищно-коммунальном секторе, строительной индустрии, пищевой промышленности и других отраслях [1–8].

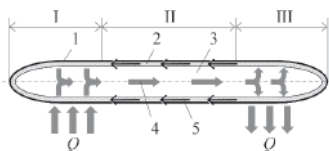


Рис. 1 – Устройство тепловой трубы: I – испаритель, II – адиабатическая зона, III – конденсатор, 1 – корпус, 2 – фитиль (капиллярно-пористая структура), 3 – паровой канал, 4 – пар, 5 – рабочая жидкость, Q – тепловой поток.

Солнечное излучение является одним из основных возобновляемых источников энергии, оно используется при прямом преобразовании в электричество, а также для подогрева воды в системах горячего водоснабжения и отопления при пониженных температурах, получения холода с целью создания комфортных условий летом. Простая водонагревательная установка состоит из коллектора солнечной энергии, бака-аккумулятора, дополнительного нагревателя воды и насоса. Для тепло- и хладоснабжения зданий предназначены более сложные комбинированные системы с сорбционной холодильной установкой, также использующей энергию солнечного излучения (рис. 2а). Основным элементом гелиоустановки является солнечный коллектор, его конструкция в значительной степени определяет эффективность и стоимость всей системы. Плоский коллектор позволяет использовать прямую и рассеянную солнечную радиацию без необходимости слежения за Солнцем. В качестве теплоприемных и теплопередающих элементов солнечных коллекторов могут применяться тепловые трубы, обеспечивающие равномерность температуры по длине приемного элемента и снижение тепловых потерь (рисунок 2б).

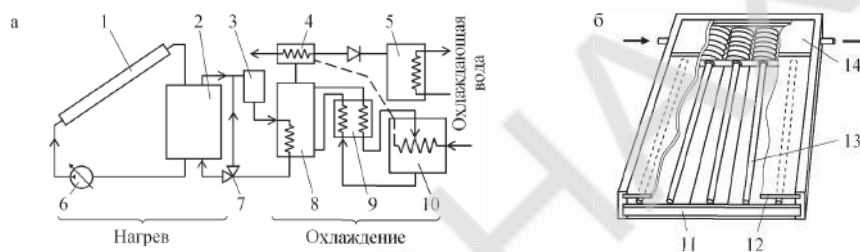


Рис. 2. Комбинированная солнечная установка для тепло- и хладоснабжения (а) и плоский коллектор солнечной энергии с тепловыми трубами (б): 1 – солнечный коллектор, 2 – бак-аккумулятор, 3 – дополнительный источник тепла, 4 – конденсатор, 5 – испаритель, 6 – жидкостный насос, 7 – вентиль, 8 – генератор, 9 – теплообменник, 10 – абсорбер, 11 – теплоизоляция, 12 – стеклянное покрытие, 13 – тепловая труба, 14 – жидкостный теплообменник.

Конвективные коллекторы с передачей тепла циркулирующей жидкостью достаточно эффективны, технологичны и не дороги, однако имеют недостатки: реверсивность теплообмена при отсутствии солнечного излучения, сложность дренажа системы. При этом коллекторы на тепловых трубах обладают следующими достоинствами: поддерживается равномерность температуры по всей длине теплоприемного элемента, что снижает потери тепла; обеспечивается высокая надежность устройства, поскольку при выходе из строя отдельных элементов передача энергии уменьшается, но не прекращается; предотвращается сброс тепла из системы при недостатке солнечного излучения из-за отсутствия теплопередачи наклонными тепловыми трубами в направлении против сил гравитации; осуществляется быстрый запуск системы ввиду низкой теплоемкости конструкции. Несмотря на несколько большую стоимость по сравнению с конвективными приемниками солнечного тепла, перечисленные свойства коллекторов с ТТ обеспечивают возможность их успешного применения и создания эффективных гелиосистем.

Термосифон – вид тепловой трубы, отличающийся отсутствием транспортного пористого фитиля, поэтому обычные гладкостенные термосифоны функционируют только при расположении испарителя ниже конденсатора и чувствительны к отклонениям от вертикали. Однако кольцевые ТС и созданные в Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси пародинамические термосифоны способны передавать тепловой поток и в горизонтальном направлении.

Особенностью пародинамического термосифона (ПДТ) является конструкция конденсатора с двухфазным потоком рабочего вещества внутри него (рис. 3). Конденсирующаяся жидкость проталкивается из конденсатора в испаритель паром, в этом заключается принципиальное отличие ПДТ от других термосифонов и тепловых труб. Движущийся пар и двухфазное течение рабочей жидкости пространственно разделены (теплообменник «труба в трубе»), что позволяет избежать типичного для классических термосифонов негативного взаимодействия между противоположно направленными потоками пара и жидкости.

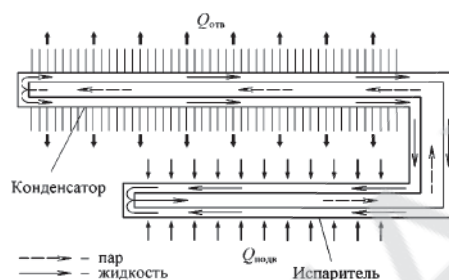


Рис. 3. Схема пародинамического термосифона.

Пародинамические термосифоны можно использовать в оборудовании для нагрева и охлаждения воздуха, предотвращения образования льда и снежного покрова на крышах зданий, тротуарах, стоянках автомобилей. Такие устройства с паровой камерой в качестве подложки к PV и PVT-панелям способны интенсивно отводить от них тепло, обеспечивая изотермичность поверхности и поддерживая температуру, близкую к температуре окружающей среды, создавая оптимальные условия для эффективной работы фотопреобразователей. Испарители ПДТ могут быть объемными либо протяженными, как на рис. 3. Устройства с протяженным испарителем целесообразно применять с рассредоточенными источниками тепла – например, их удобно монтировать для организации теплообмена в адсорберах теплового насоса (ТН) или холодильника на твердых сорбентах с приводом от альтернативных источников энергии. Солнечные адсорбционные холодильники могут быть востребованы в сельском хозяйстве (охлаждение молока на молочных фермах), жилищно-коммунальном секторе (системы кондиционирования в летнее время). Теплообменники на ТТ и ТС позволяют поддерживать интенсивный теплообмен между входящим и выходящим потоками воздуха, а охладитель сорбционного ТН конденсирует пары воды в потоке воздуха, контролируя таким образом его влажность на выходе системы кондиционирования (рис. 4).

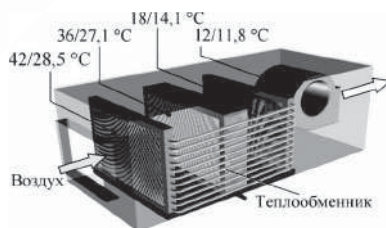


Рис. 4. Кондиционер воздуха с теплообменником-утилизатором на основе пародинамических термосифонов.

В Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси накоплен большой опыт создания и исследований тепловых труб и термосифонов разнообразных конструкций для работы в различных температурных условиях, имеются разработки оборудования на основе таких устройств, позволяющего полезно использовать энергию возобновляемых источников для технических и бытовых нужд [5–8]. Разработаны длинномерные (несколько десятков метров) вертикально располагаемые в земле тепловые трубы и термосифоны, способные извлекать и передавать тепло с минимальными потерями. Корпус таких проводников тепла изготавливается из стали, в качестве рабочей жидкости применяются пропан, пропилен. Вертикально погруженные в грунт тепловые трубы передают тепло испарителям тепловых насосов, а горизонтально расположенные принимают тепло от конденсаторов тепловых насосов и обогревают воздух в помещении.

Для обогрева теплицы ТС могут быть вертикально погружены в грунт на глубину 10–20 м и передавать его тепло испарителям ТН, а горизонтально расположенные ТТ принимать тепло от конденсаторов ТН и обогревать воздух и грунт внутри сооружения. Аналогичным образом может быть организовано теплоснабжение индивидуального жилого дома, коттеджа: тепло, извлеченное из грунта с помощью тепловых труб, служит для обогрева помещения и удовлетворения потребности в горячей воде для бытовых нужд (рис. 7).

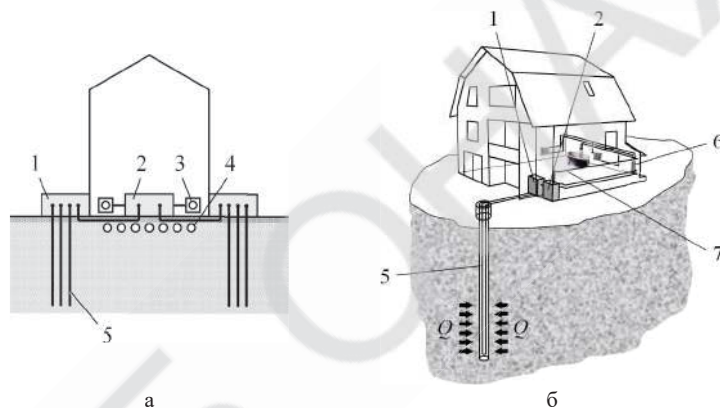


Рис. 7. Схема обогрева теплицы (а) и жилого дома (б) теплом альтернативных источников: 1, 2 – испаритель и конденсатор теплового насоса, 3–5 – тепловые трубы, 6 – трубы системы отопления, 7 – линия горячего водоснабжения

Потребителями тепла низкопотенциальных источников могут быть хлебопекарные, обжарочные и кондитерские печи. В теплообменнике (газ/воздух) на базе ПДТ используется тепловая энергия отходящих газов для нагрева чистого воздуха в камере термообработки. Горячий воздух с помощью вентилятора равномерно нагревает хлебобулочные изделия. Обеспечиваются однородность температурного поля внутри камеры и, соответственно, высокое качество продукта.

На одном из предприятий Минской области успешно применена разработанная в Институте тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси система обогрева подсолнечного масла в обжарочной печи с помощью ПДТ для изготовления чипсов (рис. 5). Применявшаяся ранее схема нагрева предусматривала передачу тепла от термоэлектрических нагревателей (ТЭН) подсолнечному маслу через промежуточный теплоноситель – минеральное (трансформаторное) масло, что не гарантировало строгого соблюдения температурного режима. Чтобы предотвратить появление в рабочем объеме подсолнечного масла зон с пониженной температурой, ухудшающие потребительские свойства продукта, на ТЭНы подавалась избыточная мощность. Это приводило к перерасходу электроэнергии и локальным

перегревам подсолнечного масла, что противоречило санитарным нормам. Для устранения этих недостатков была произведена модернизация обжарочной печи: разработана и изготовлена система разогрева масла в на базе тепловых труб (ПДТ), смонтированная на объекте силами заказчика при консультации разработчиков. В новой системе промежуточный теплоноситель отсутствует, нагрев растительного масла осуществляется непосредственно с помощью ПДТ. Испарители термосифонов с блоком электронагревателей вынесены за пределы печи, подсолнечное масло нагревается конденсаторами ПДТ, расположенными в обжарочной ванне в непосредственном контакте с маслом. Корпуса конденсаторов выполнены биметаллическими: внутренняя поверхность медная, наружная – из «пищевой» нержавеющей стали.

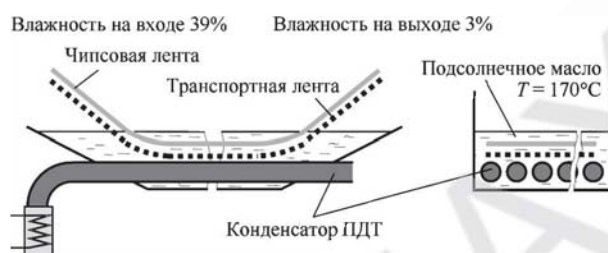


Рис. 5. Печь для обжарки продуктов питания в масле с ПДТ.

Внедрение новой системы нагрева позволило улучшить массогабаритные характеристики оборудования и до 30% снизить потребления электроэнергии; обеспечило высокую изотермичность поверхности, нагревающей масло, что гарантирует надлежащее качество выпускаемых изделий, отвечающее предъявляемым вкусовым и санитарным требованиям, сведена к минимуму концентрация канцерогенных веществ в подсолнечном масле за счет оптимизации температуры обжарки продукта – имеется возможность тонкой регулировки тепловой нагрузки нагревателя и, соответственно, температуры подсолнечного масла, что позволяет при необходимости изменять производительность используемого оборудования. Предотвращается риск выхода из строя электрического нагревателя вследствие перегрева.

Теплообменники на тепловых трубах и термосифонах позволяют эффективно утилизировать тепло возобновляемых источников энергии (солнце, грунт), а также безвозвратно теряемое при использовании различных технологических процессов. При этом уменьшается количество вредных выбросов, снижается вредное воздействие на окружающую среду.

Список использованных источников

1. Azad, E. Theoretical and experimental investigation of heat pipe solar collector / E. Azad // *Experimental Thermal and Fluid Science*. – 2008. – Vol. 32, Issue 8. – P. 1666–1672.
2. Riffat, S. B. A novel hybrid heat pipe solar collector/CHP system / S. B. Riffat, X. Zhao // *J. Renew. Energy*. – 2004 – Vol. 29. – P. 2217–2233.
3. Burdo, O. G. Rotating heat pipes in devices for heat treatment of the food-stuffs / O. G. Burdo, I. V. Bezbah // *Applied Thermal Engineering*. – 2008. – Vol. 28. – P. 341–343.
4. Безбах, И. В. Исследование работы термосифонов при обработке дисперсных и вязких пищевых сред / И. В. Безбах, Омар Саид Ахмед, В. И. Донкоглов. // *Probleme Energeticii Regionale*. – 2009. – Т. 9, № 1. – С. 73–80.
5. Использование теплообменников на тепловых трубах для кондиционирования, в области пищевой промышленности и холодильной техники / Л. Л. Васильев, А. С. Журавлёв, А. В. Шаповалов, А. В. Родин // *Весті НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук*. – 2014. – № 3. – С. 85–90.

6. Long horizontal vapordynamic thermosyphons for renewable energy sources / L. L. Vasiliev, L. L. Vassiliev Jr., M. I. Rabetsky [et al] // Heat Transfer Engineering. – 2019. – Vol. 40, Issue 3–4. – P. 258–266.

7. Solid sorption cooler with composite sorbent bed and heat pipe thermal control / L. Vasiliev, A. Tsitovich, A. Zhuravlyov, A. Antough // Polska Energetyka Słoneczna. – 2012. – No. 1–4. – P. 12–18.

8. Vapordynamic thermosyphon – heat transfer two-phase device for wide application / L. L. Vasiliev, L. L. Vasiliev Jr., A. S. Zhuravlyov [et al] // Archives of Thermodynamics. – 2015. – Vol. 36, No. 4. – P. 65–76.

УДК 66.021.3

КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ

**Георгієш К.В., к.т.н., ст.викладач
Одеська національна академія харчових технологій**

Удосконалення технології екстрагування рослинної сировини з метою підвищення виходу біологічно активних речовин, якості та розширення асортименту фітопрепаратів є необхідною ланкою розвитку науково-технічних підходів до інтенсифікації процесів переносу. Для ефективної побудови інноваційних методів ведення процесу вилучення цільових компонентів, що характеризуються біологічно активними властивостями, слід врахувати досвід застосування традиційних методів і вивчити наявні фізико-математичні моделі екстрагування речовин з матеріалів рослинного походження.

Аналіз літературних даних свідчить про те, що екстракційні процеси для речовин в системах рідина-тверде тіло, які складають основу ряду найважливіших виробництв препаратів для агропромислового комплексу, мікробіологічної, хіміко-фармацевтичної та інших галузей промисловості [1,2], вимагають інноваційних підходів. У зв'язку з чим, тема удосконалення технології процесу екстрагування в умовах мікрохвильового нагрівання є актуальною на сьогоднішній день.

При вивченні процесу екстрагування необхідно вирішити комплексну задачу і врахувати гідродинамічні, теплові та масообмінні процеси, що не враховано в ряді робіт по опису традиційних способів екстрагування. Рушійною силою процесу екстракції є різниця концентрацій екстрагуються речовини в рідині, що заповнює пори твердого тіла, і в основній масі екстрагенту, що знаходиться в контакті з поверхнею твердих частинок [3].

Ефективність процесу екстрагування залежить від великого числа параметрів, наприклад, від форми знаходження витягується компонента, характеру взаємодії твердого тіла з вилученими компонентом, відмінності у виборчій здатності екстрагента по відношенню до компонентів, що містяться в твердій фазі, від структури пористого матеріалу [4].

Інтенсифікація процесу вилучення при заданих умовах відбувається завдяки подрібненню твердої фази (рослинної матриці), руйнування клітинних оболонок мікрохвильовим, включення в роботу молекулярного механізму внутрішнього масопереносу, турбулізації екстрагента за рахунок явищ ударних хвиль на межі рідина-рослинний матеріал.

Технологічна схема дослідної установки для отримання екстрактів в мікрохвильовому полі представлена на рис.1. Установка є закритою системою змінного дії з можливістю регулювання швидкості подачі матеріалу за допомогою чого відбувається регулювання температури, також можливе використання режиму рециркуляції потоку.

Завантаження рослинної сировини проводиться за допомогою дозатора в робочу ємність подачі матеріалу 1, на дні якої розташований шнек 3, завдяки якому відбувається

ЗМІСТ

Секція 1 «АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ»	3
ENERGY INDICATORS OF OPERATION THE HEAT PUMPING SYSTEM HEATING OF THE ENERGY EFFICIENT HOUSE <i>Basok V.I., Nedbailo O.M., Bozhko I.K., Tkachenko M.V.</i>	4
РОЛЬ ФЛУКТУАЦІЙ ТЕРМОДИНАМІЧНИХ ФУНКЦІЙ В РОЗРОБЦІ МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РЕЧОВИН <i>Железний В.П., Мотовой И.В., Глек Я.О., Ханчич Е.Ю.</i>	5
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПАЛИВА РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ <i>Волчок В.О., Кравченко В.В.</i>	8
ADAPTATION OF MATHEMATICAL MODEL OF MEDIUM PRESSURE BOILERS PARAMETERS TO REAL OPERATING CONDITIONS <i>Zhitarenko V., Bejan V.</i>	9
ADAPTATION OF MATHEMATICAL MODEL OF MEDIUM PRESSURE BOILERS PARAMETERS TO REAL OPERATING CONDITIONS <i>Zhitarenko V., Bejan V., Ostapenko O., Yakovleva O.</i>	14
ТЕПЛОВЫЕ ТРУБЫ В ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЯХ <i>Л. Л. Васильев, А. С. Журавлёв, Л. П. Гракович, М. И. Рабецкий, В. А. Олехнович; А. А. Хартоник</i>	18
КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ <i>Георгієш К.В.</i>	23
ДОСЛІДЖЕННЯ ВІБРАЦІЙ ЛОПАТОК ТУРБИНИ ПРИ ПЕРЕКЛАДІ ЇЇ НА ЧАСТКОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ <i>Корольов А.В., Михайлов М.С., Комарова-Ракова Я.О.</i>	25
АНАЛИЗ ГЕРМЕТИЧНОСТИ ДВУХ ТИПОВ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ <i>Королев А.В., Павлышин П.Я.</i>	26
ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМОНАПРУЖЕНОГО СТАНУ ОКРЕМИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕПЛООБМІННИКА АВАРІЙНОГО РОЗХОЛОДЖУВАННЯ <i>О.В. Корольов, Т. В. Пирогов</i>	28
ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСПЕКТИВНИХ ВИДІВ НАСАДОК РЕГЕНЕРАТИВНИХ ТЕПЛООБМІННИКІВ СКЛОВАРНИХ ПЕЧЕЙ <i>Кошельник О.В., Гойсан С.Б., Долобовська О.В.</i>	29
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ КИПІННЯ РОЗЧИНІВ У СТИКАЮЧІЙ ПЛІВЦІ В КАМЕРАХ ВИПАРНИХ АПАРАТІВ <i>Кошельник О.В., Павлова В.Г., Долобовська О.В.</i>	31

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»

29-30 вересня 2020 року

(українською, російською, англійською мовами)

Підписано до друку 6.10.2020
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 048 700 11 55
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.