



ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2023 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 26-28 апреля 2023 г.)

Материалы конференции

В трех томах

ТОМ 2



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский государственный энергетический университет»**

**ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2023 «ЭНЕРГЕТИКА И
ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»**

Международная молодежная научная конференция
(Казань, 26-28 апреля 2023 г.)

Электронный сборник статей по материалам конференции

В трех томах

ТОМ 2

*Под общей редакцией ректора КГЭУ
Э. Ю. Абдуллазянова*

Казань 2023

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

В.В. Гаврилин¹, О.Е. Бабиков²

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Ю. Власова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹volodya.gavrilin.97@mail.ru, ²olegsey1998@yandex.ru

В современной энергетике невозможна стабильная выработка электрической и тепловой энергии без эффективной и качественной водоподготовки. Коррозионные отложения в энергетическом оборудовании отрицательно влияют на их производительность и износостойкость. В статье рассмотрена одна из систем водоочистки от различных веществ и примесей при помощи ионообменных смол. Были представлены современные технологии производства ионообменной смолы.

Ключевые слова: водоподготовка, ионообменная смола, энергетика, полимер, энергия.

MODERN TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF ION- EXCHANGE RESINS

V.V. Gavrilin¹, O.E. Babikov²

KSPEU, Kazan, Russia

¹volodya.gavrilin.97@mail.ru, ²olegsey1998@yandex.ru

In the modern energy sector, stable generation of electrical and thermal energy is impossible without efficient and high-quality water treatment. Corrosive deposits in power equipment adversely affect their performance and wear resistance. The article considers one of the water purification systems from various substances and impurities using ion-exchange resins. Modern technologies for the production of ion-exchange resin were presented.

Keywords: water treatment, ion exchange resin, energy, polymer, energy.

В современной теплоэнергетике на ТЭС и АЭС энергетическое оборудование эксплуатируется при высоких нагрузках. Критические температуры ограничивают возможности использования теплоносителя с различными примесями и концентрациями соли, так как они оказывают негативное влияние на работоспособность и износостойкость оборудования и экономичность работы всей станции. На ТЭС и АЭС

главным теплоносителям выступает вода и водяной пар соответственно, поэтому главной задачей на станциях является обеспечение высокого качества водных ресурсов.

Очистка воды на ТЭС и АЭС осуществляется при помощи водоподготовительных установок. Процесс очистки на атомных и электрических станциях может быть организован с применением физических, химических и термических методов, а иногда и их комбинированием. Один из методов является ионный обмен веществ. Как правило, для ионного обмена используются ионообменные смолы. Они представляют собой синтетическое высокомолекулярное соединение, которые содержат в составе группы кислотного характера, диссоциирующие в растворе. Ионообменные смолы имеют очень маленький размер, он составляет 0,2-2,0 мм. Они имеют сферическую форму, в виде шарика, благодаря этому процесс улавливания ионов веществ из воды, заменяя своими, происходит интенсивнее [1].

Ионообменные смолы классифицируют на биполярные, амфотерные, катионообменные (сильнокислотные и слабокислотные) и анионообменные (с сильным и слабым основанием). Также смолы можно подразделять и по структуре матрицы: гелевые и макропористые. Главным отличием матриц является размер. Гелевые имеют молекулярные размеры, а макропористые десятки нанометров [2].

Существуют различные способы получения ионообменных смол [3]:

- 1) полимеризация – процесс образования высокомолекулярных связей используя мономеры;
- 2) поликонденсация – здесь процесс образования полимеров происходит ступенчато;
- 3) полимераналогичные превращения (хим. обработка полимера) – тоже процесс создания полимеров, но в ионогенные группы вводятся в инертный полимер.

Наиболее востребованным и чаще используемым способом является суспензионная полимеризация стирола, при помощи которой получают сетчатые полимеры.

В России единственным крупным производителем ионообменных смол является ООО ПО «ТОКЕМ». Эта компания обладает уникальной технологией производства монодисперсных ионообменных смол. Их смолы возможно использовать в различных сферах, в том числе теплоэнергетике и атомной промышленности.

Таким образом, водоподготовка играет важнейшую роль в энергетике и является её неотъемлемой частью, без которой невозможно

стабильное и экономичное производство электрической и тепловой энергии. Возможность использования модернизированных технологий получения монодисперсных ионообменных смол в котельных, ТЭЦ, АЭС и в других сферах позволит существенно улучшить качество водоподготовки.

Источники

1. Кириленко, В. А. Органические и неорганические иониты / В. А. Кириленко, Н. М. Паршаков, Л. В. Боровская // Материалы Международной студенческой научной конференции «студенческий научный форум», Москва. Том VIII. Москва: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ЕВРОАЗИАТСКАЯ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА", 2021. С. 94-97.

2. Ионообменные смолы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rossnab-com.ru/index.php/articles/112-ionsmol.html> (дата обращения: 02.03.2023)

3. Акимова, Е. А. Место по "Токем" на рынке ионообменных смол / Е. А. Акимова // Современные проблемы науки и образования: материалы X Международной студенческой научной конференции, Москва. Том 8. Москва: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ЕВРОАЗИАТСКАЯ НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННАЯ ПАЛАТА", 2018. С. 89-91.

УДК 621.352

ТВЕРДООКСИДНЫЕ ТОПЛИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ В ГИБРИДНЫХ СИСТЕМАХ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Ф.Р. Гайнутдинов

Науч. рук. док. хим. наук, профессор А.А. Чичиров

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

ebkkk@yandex.ru

В статье рассмотрены гибридные энергосистемы на основе твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ) для автономного энергоснабжения. Проведено сравнение систем ТОТЭ/газовая турбина с различными системами автономными электроснабжения.

Ключевые слова: технология твердооксидных топливных элементов, гибридные энергоустановки, моделирование ТОТЭ.

Источники

1. Даминов Р.Р., Горбунов С.В. Построение 3D-геометрии циклона ЦН-15 для численного исследования эффективности сепарации. XXVI Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный дню энергетика. Казань, ФГБОУ «Казанский государственный энергетический университет», 6–7 декабря 2022 г.
2. Zabala-Quintero, C.; Ramirez-Pastran, J.; Torres, M.J. Performance Characterization of a New Model for a Cyclone Separator of Particles Using Computational Fluid Dynamics. *Appl. Sci.* 2021, 11, 5342. <https://doi.org/10.3390/app11125342>
3. B. Gopalakrishnan, G. Saravana Kumar, K. Arul Prakash, Parametric analysis and optimization of gas-particle flow through axial cyclone separator: A numerical study, *Advanced Powder Technology*, 34 (2023), 103959. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2023.103959>
4. Замалиева А.Т., Зиганшин М.Г., Потапова Л.И. Об эффективности существующих методов циклонной фильтрации при осаждении мелкодисперсных частиц классов РМ10, РМ2,5. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*, №4, с. 415-423 (2017).

УДК 621.039.54

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ГЕОТЭС В МИРЕ

М.Д. Гордеев

Науч. рук. асс. О.Е. Бабиков
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
maksim-gordeev-2003@mail.ru

В статье рассмотрены направления развития геотермальных технологий и нынешнее состояние геотермальной энергетики. Приведены технические характеристики геотермальных электрических станций и вырабатываемая ими мощность. Представлены используемые для реализации ресурсы и нынешнее состояние геотермальной энергетики на 2021 год.

Ключевые слова: геотермальная энергетика, геотермальная технология, геотермальная электрическая станция (ГеоТЭС).

CURRENT STATUS OF GEOTHERMAL POWER PLANTS

M.D. Gordeev

KSPEU, Kazan, Russia

maksim-gordeev-2003@mail.ru

The article considers the directions of technology development and the current state of geothermal energy. The technical characteristics of geothermal power plants and the power they generate are given. The resources used for implementation and the current state of geothermal energy for 2021 are presented.

Keywords: geothermal energy, geothermal technology, geothermal power plant.

Переход от нынешней энергетической системы, основанной на ископаемых видах топлива, к устойчивой энергетике, основанной на возобновляемых источниках энергии, требует развития технологий и серьезных финансовых затрат для любой страны.

Геотермальная энергия – это энергия, содержащаяся в виде тепла в недрах Земли, которая может быть использована для получения тепловой и электрической энергии.

Геотермальная энергетика достаточно перспективна, хотя и имеет свои особенности и проблемы по сравнению с другими технологиями использования возобновляемых источников энергии. Развитие и внедрение геотермальных электростанций (ГеоТЭС) обладает значительным потенциалом с точки зрения снижения негативного техногенного воздействия на окружающую среду и выбросов парниковых газов при производстве электроэнергии.

Преимущества геотермальной энергии заключаются в ее экологичности, возможности использования ее потенциала для выработки электроэнергии и непосредственного использования тепла в промышленности и быту независимо от метеорологических условий.

Геотермальная энергия представляет собой тепло, которое в основном накапливается в горячих породах на больших глубинах от поверхности земли, а также содержится в гидротермальных резервуарах при высоких температурах. Глубина геотермальных скважин колеблется от 300 м до более 3000 м.

В основном геотермальные станции строятся в вулканических районах, где на относительно небольших глубинах вода перегревается выше температуры кипения и просачивается к поверхности, иногда проявляясь в виде гейзеров. Доступ к подземным источникам

осуществляется бурением скважин. Вода, которая испаряется и пар, образовавшийся в результате кипения, используется для привода турбины. Отработавший пар конденсируется и вновь пропускается через теплообменник, создавая тем самым замкнутый цикл.

Установленная электрическая мощность ГеоТЭС в мире на декабрь 2021 года составила 15 824 МВт. В таблице приведены страны, лидирующие по установленной геотермальной мощности.

Таблица

Страны-лидеры в области геотермальной энергетики

Страна	ГеоТЭС. Мощность	Назначение и особенности
США	Комплекс Гейзеров, 1662,4 МВт	Крупнейший в мире комплекс, включающий 15 действующих геотермальных электростанций (321 паровых и 72 нагнетательных скважин)
Индонезия	Станция Дараджат, 230 МВт	Комплекс на юго-востоке от столицы страны. Находится в районе горы Кенданг недалеко от вулканических гор. Используют воды, нагретые вулканическими породами.
Филиппины	Комплекс Макилинг- Бахау, 460 МВт	Расположен неподалёку от недействующего вулкана Макилинг, который проявляет вулканизм в виде грязевых и горячих источников.
Турция	Кызылдере, 95 МВт	Расположен на первом в Турции геотермальном месторождении с высоким потенциалом. Резервуар Кызылдере окружен мраморными и известняковыми породами, содержащими большое количество углекислого газа.
Новая Зеландия	Каверау, 121 МВт	Расположена на геотермальном месторождении, предназначалась для подачи пара на целлюлозно-бумажный завод Тасман и для выработки электроэнергии. Используются горные воды температурой 300 °С
Мексика	Комплекс Серро- Прието, 720 МВт	Расположен в активном континентальном рифте недалеко от кратера шириной 200 метров. Для выработки электроэнергии используются вулканические воды.

Италия	Комплекс Лардарелло, 770 МВт	Представляет собой огромную глубинную геотермальную систему, расположенную под глубинными карбонатными резервуарами, а также используются источники газовых поверхностных явлений.
Кения	Олкария 4, 140 МВт	Самая мощная станция на африканском континенте, расположена в вулканическом районе, используются глубинные вулканические воды.
Исландия	Хеллишейди, 290 МВт	Расположена около вулкана Хенгидль, стоит отметить, что в Исландии огромное количество вулканов, поэтому вся геотермальная энергетика этой страны основана на использовании вулканических вод и газовых выбросов.
Япония	Хаттёбару, 112 МВт	Крупнейшая ГеоТЭС в Японии. Первая бинарная геотермальная станция в Японии.

В 2021 году было введено дополнительно в эксплуатацию в общей сложности 246 МВт. Наибольший рост на сегодняшний день отмечается в Индонезии, где мощность увеличилась на 143 МВт за счет двух новых электростанций, за ней следуют Чили (Серро Пабеллон) и Турция. Продолжается строительство проекта Laguna Colorada в Боливии (Южная Америка), который планируется ввести в работу в 2022 году.

Каковы же перспективы развития геотермальной энергетики? По прогнозам к 2040 году потребление и выработка электроэнергии в мире на ГеоТЭС увеличится на 60%. Геотермальная энергетика имеет множество преимуществ, которых лишены солнечная и ветряная энергетика, а также традиционные виды электростанций.

Источники

1. Moya D., Aldás C., Kaparaju P. Geothermal energy: Power plant technology and direct heat applications / Renewable and Sustainable Energy Reviews. vol. 94, pp. 889-901, 2018.
2. Zarrouk S.J., Moon H. Efficiency of geothermal power plants: A worldwide review / Geothermics. Vol. 51, pp. 142-153, 2014.
3. Свалова В. Б. Комплексное использование геотермальных ресурсов / Георесурсы. №. 1 (29), С. 17-23, 2009.

Источники

1. Тяпков В.Ф., Ерпылева С.Ф. Водно-химический режим II контура АЭС с водо-водяным энергетическим реактором // Теплоэнергетика. 2017. №5. С. 48-55.

2. СТО 1.1.1.7.003.0818-2016. Водно-химический режим второго контура АЭС с ВВЭР-1000. Нормы качества рабочей среды и средства их обеспечения.

УДК 621.039.5

МАЛЫЕ МОДУЛЬНЫЕ РЕАКТОРЫ

Ф.Ф. Иксанов

Науч. рук. асс. О.Е. Бабиков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

fanis.iksanov.03@mail.ru

В статье рассматриваются основные задачи на ближайшие десятилетия по разработке и внедрения электростанций достаточной мощности и гибкости для удовлетворения растущего спроса при одновременном снижении выбросов.

Ключевые слова: ядерный реактор, электрическая мощность, модульные реакторы, производство электроэнергии.

SMALL MODULAR REACTORS

F.F. Iksanov

KSPEU, Kazan, Russia

fanis.iksanov.03@mail.ru

The paper considers the main objectives for the next decades in the development and implementation of power plants of sufficient capacity and flexibility to meet the growing demand for while reducing emissions.

Keywords: nuclear reactor, electric power, modular reactors, power generation.

Малые модульные реакторы (ММР) — это усовершенствованные, относительно небольшие реакторы [1], которые могут быть изготовлены на заводах и доставлены на любую рабочую площадку.

Электрическая мощность ММР составляет менее 300 МВт, а тепловая мощность – менее 1000 МВт [2]. Модульные реакторы позволят

сократить объем строительства на площадке, повысить эффективность защитной оболочки и улучшить безопасность. Повышение безопасности будет достигнуто за счет применения в конструкции концепций пассивной безопасности, которые уже присутствуют в некоторых обычных реакторах.

На сегодняшний день на разных этапах разработки находятся по меньшей мере 75 концепций ММР (МАГАТЭ), что на 40 % больше, чем в 2018 году (МАГАТЭ, 2018).

Благодаря своим небольшим размерам и современной технологии проектирования, эти реакторы имеют ряд важных преимуществ. Самое важное из них – безопасность. Риск повреждения в результате землетрясений и других стихийных бедствий очень низок. В случае аварии риск выброса радиоактивных материалов также очень низок. Это связано с такими конструктивными особенностями, как малая мощность реактора и низкое внутреннее давление. Поэтому реакторы ММР не имеют серьезных недостатков, которые присущи традиционным атомным электростанциям.

Некоторые типы ММР могут работать до 30 лет без замены топливных элементов. Кроме того, они практически не производят ядерных отходов. Еще одним важным преимуществом является то, что они могут быть безопасно остановлены и перезапущены в любое время.

К преимуществам ММР относятся:

1) Улучшенная безопасность и надежность [3]. Низкая тепловая мощность активной зоны, компактная конструкция и пассивная концепция имеют потенциал для повышения безопасности и надежности по сравнению с более ранними конструкциями и более крупными коммерческими реакторами. Пассивные системы безопасности являются очень важным элементом безопасности в ядерных реакторах. Поэтому для предотвращения аварий меньше полагаются на активные системы безопасности и дополнительные насосы. Эти пассивные системы безопасности могут отводить тепло даже в случае отказа внешнего источника питания.

2) Модульность. Это ограничивает подготовительные работы на площадке и сокращает время строительства. Это очень важно, так как длительные сроки строительства являются одной из самых больших проблем для крупных атомных электростанций.

3) Сроки строительства и финансирование. Размер, эффективность конструкции и пассивные системы безопасности (требующие меньшего резервирования) могут сократить капиталовложения для строительства атомных электростанций за счет снижения стоимости монтажа. Собственное производство ключевых компонентов ядерной установки

может значительно сократить время подготовки площадки и строительства, а это значит, что финансирование может быть выгоднее, чем для более крупных станций [4].

К основным недостаткам относятся:

1. Небольшая мощность единичной энергоустановки. Хотя размеры ММР, несомненно, дают дополнительные преимущества, очевидно, что они не могут вырабатывать столько же электроэнергии, сколько обычные атомные электростанции. Типичная генерирующая мощность ММР оценивается менее чем в 300 МВт. Однако ММР не предназначены для использования в качестве основного источника энергии.

2. Лицензирование. Очень важным препятствием является лицензирование новых реакторов. Например, для регулирования проектирования, размещения, строительства и эксплуатации новых коммерческих атомных электростанций в настоящее время использует комбинацию требований регулирования, лицензирования и мониторинга. Исторически сложилось так, что процесс лицензирования был разработан для крупных коммерческих реакторов. Процесс лицензирования новых реакторных проектов является длительным и дорогостоящим.

Делая вывод из всего вышесказанного, можно сказать, что ядерная энергетика и будущее человечества, несомненно, связаны. В конце концов, наша цель – установить более гармоничные отношения между растущими энергетическими потребностями нашей цивилизации и возможностями, которые предлагает планета Земля. Ядерная энергия, несомненно, является необходимым компонентом более чистой энергетической системы. И в ближайшем будущем ММР может стать ее основой. В области развития малых модульных реакторов (ММР) достигнут значительный прогресс, необходимый для их превращения к началу 2030-х годов в коммерчески перспективный продукт, предлагаемый ядерной энергетикой.

Источники

1. Развитие и экономика ядерных технологий 2021. Малые модульные реакторы: проблемы и перспективы. Агентство по ядерной энергии. Организация экономического сотрудничества и развития.

2. «Текущее состояние, техническая осуществимость и экономические показатели малых ядерных реакторов» (Current Status, Technical Feasibility and Economics of Small Nuclear Reactors) (АЯЭ, 2011) доклад Агентства по ядерной энергии (АЯЭ) при ОЭСР.

3. «Малые модульные реакторы: потенциал внедрения на рынке ядерной энергии в краткосрочной перспективе» (Small Modular Reactors:

26.02.2023). <https://minobrnauki.gov.ru/press-center/news/nauka/49785/>

2. Борисов П.А. Сейсмодатчики для систем защиты реакторных установок АЭС / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2005. Пенза

3. Разработка проектов АЭС с реакторами нового поколения. Росатом (официальный сайт). (Дата обращения: 26.02.2023). <https://www.rosenergoatom.ru/development/innovatsionnye-razrabotki/razrabotka-proektov-aes-s-reaktorami-novogo-pokoleniya/>

УДК 620.92

МОКРЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАННОГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Б.Д. Князев

Науч. рук. асс. О.Е. Бабилов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Н

В данной статье рассмотрены современные технологии переработки отработанного ядерного топлива, а также основные идеи этой переработки и сложность данного процесса.

Е

Ключевые слова: атомные электрические станции, отработанное ядерное топливо, переработка.

Л

І

WET TECHNOLOGIES FOR SPENT NUCLEAR FUEL PROCESSING

К

B.D. Knyazev
KSPEU, Kazan, Russia
mrdonda@vk.com

а

This article discusses modern technologies for the processing of spent nuclear fuel, as well as the main ideas of this processing and the complexity of this process.

Keywords: nuclear power plant, spent nuclear fuel, processing.

о

Ядерное топливо – вещество, которое используется в ядерных реакторах для осуществления цепной ядерной реакции деления. Ядерное топливо используется в герметично закрытых тепловыделяющих элементах ядерного реактора, обычно в виде таблеток размером в

94

п

д

а

несколько сантиметров. В качестве топлива в современных реакторах используется обогащенный уран. На данный момент переработкой отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) занимаются только в России, Великобритании, Франции и Японии.

Главными целями переработки отработавшего ядерного топлива являются: повторное использование некоторых элементов отработавшего топлива, снижение общего количества радиоактивных отходов, снижение использования природного урана. Но стоит сказать, что сам процесс переработки очень сложен и опасен, как для людей, так и для окружающей среды, поэтому переработка практикуется лишь в нескольких странах.

После того, как ядерное топливо определенное время использовалось на станции, оно всё еще остается крайне радиоактивным, продолжает распадаться, а также выделяет большое количество теплоты и содержит накопившиеся трансурановые элементы, изотопы плутония и радиоактивные осколки деления ядер. Отработавшее ядерное топливо сначала погружают в специальные бассейны, находящиеся на атомной станции, а затем выдерживают его там несколько лет. Только после длительной выдержки ОЯТ можно будет вывезти со станции для переработки или хранения.

ОЯТ в основном захоранивается. Например, в России для безопасного сухого хранения ОЯТ созданы специальные металлобетонные контейнеры, в которых можно хранить топливо более 50-ти лет или же производить транспортировку к месту постоянного хранения. Необходимость в переработке ОЯТ также появляется из-за того, что это топливо является ценным вторичным сырьем для получения компонентов ядерного топлива и целого ряда радиоактивных изотопов, которые в дальнейшем можно будет использовать в разных сферах жизни.

Переработка отработавшего ядерного топлива начинается с разделения и растворения тепловыделяющих элементов в азотной кислоте. Это мокрый метод переработки отработавшего ядерного топлива [1]. Суть метода заключается в том, что производят химическое разделение урана и плутония, которые могут быть возвращены к началу топливного цикла - уран на обогащение, а плутоний непосредственно на предприятия по изготовлению топлива. После переработки и обогащения восстановленный уран отправляется на предприятия по изготовлению свежего реакторного топлива. Уран, получаемый из ОЯТ, называется регенерированным. Наиболее перспективное направление переработки связано с реакторами на быстрых нейтронах. Такие реакторы с топливом на основе плутония обладают важной особенностью: количество нейтронов, освобождающихся

в ходе цепной реакции, намного выше, чем в урановых реакторах. Появляется возможность использовать их не только для поддержания цепной реакции основного материала, но и для чего-то ещё. Например, для выработки плутония из Урана-238. При этом, количество нового плутония может превышать количество сгоревшего в активной зоне плутония. Такой реактор называется реактором-размножителем. Это позволит полноценно Уран-238, которого в природе намного больше, чем Уран-235.

Мокрые методы переработки делятся на две группы: первую группу методов используют для разделения ОЯТ на несколько компонентов, а вторую группу методов для отделения от ОЯТ только урана [2]. Разделения производят при помощи различных растворителей. В таблице представлены некоторые мокрые методы переработки ОЯТ.

Таблица

Мокрые методы переработки ОЯТ

Название метода	Суть метода
	Экстракция урана. В процессе отделяется от ОЯТ отделяют уран и технеций. Существуют различные модификации этого метода.
	В качестве альтернативы фосфорному растворителю, в этом методе используется растворитель на основе амидов. Метод характеризуется минимальным количеством органических отходов.
	Выборочная экстракция и разделение америция с помощью электролиза.
	Извлечение цезия и стронция из UREX рафината.
	Метод включает в себя извлечение урана, а также восстановление всех актинидов с последующим применением метода DIAMEX.

Таким образом, главная идея переработки отработавшего ядерного топлива состоит в том, чтобы можно было повторно использовать ядерное топливо, а также чтобы можно было извлекать требуемые химические элементы из ОЯТ.

Источники

1. Rodríguez-Penalonga L., Moratilla Soria B. Y. A review of the nuclear fuel cycle strategies and the spent nuclear fuel management technologies.

Energies. Vol. 10 (8), p. 1235, 2017.

2. Silverio, L.B.; de Lamas, W.Q. An analysis of development and

УДК 621.18

СОСТОЯНИЕ ТЭК КИТАЙСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ

Я.Ю. Красивов

Науч. рук., ассистент, О.Е. Бабилов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

zzasd95@mail.ru

Данная работа посвящена экономическому и технологическому развитию Китая. Перспективам использования угля для производства электроэнергии, эффективности производства тепловой и электрической энергии.

Ключевые слова: топливный баланс, энергетическая стратегия.

THE STATE OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX OF CHINA

Ya.Yu. Krasivov

KSPEU, Kazan, Russia

zzasd95@mail.ru

This work is devoted to the economic and technological development of China. The prospects for the use of coal for electricity generation, the efficiency of heat and electricity production.

Keywords: fuel balance, energy strategy.

В связи с тем, что мировые запасы угля превышают запасы залежей нефти и природного газа, пылеугольные тепловые электрические станции имеют вполне обоснованные перспективы развития как в России, так и за рубежом. Так, например, уголь занимает доминирующее положение в энергетическом балансе Китая, и примерно 45% потребления угля в Китае используется для производства электроэнергии на пылеугольных тепловых электрических станциях (ТЭС). В данной работе предлагается рассмотреть перспективы использования угля для производства электроэнергии в Китае до 2030 года с учетом спроса на электроэнергию, топливного баланса и эффективности производства тепловой и электрической энергии.

Стремительное экономическое и технологическое развитие Китая связано со своевременным наращиванием генерирующих мощностей. За период с 1980 по 2021 г. ВВП Китая вырос примерно в 92 раза. При этом энергопотребление, выраженное в килограммах нефтяного эквивалента на душу населения, выросло с 609,46 кг до 2224,35 кг. Потребление электроэнергии выросло за данный период более чем в 10 раз.

Потребление электроэнергии неуклонно росло с 1980 года. Ежегодный рост составлял около 8% в период с 1980 по 2000 год [1]. Процесс ускорился в 2000–2010 гг., при этом темпы роста составляли почти 12% в год. После 2010 года рост потребления электроэнергии заметно замедлился, отчасти из-за замедления экономического роста и реструктуризации производства [2]. Примечательным наблюдением является то, что в 2014 году потребление электроэнергии выросло всего на 3,8%, а ВВП вырос на 7,4%. Большая часть потребляемой электроэнергии использовалась для производственных нужд. Однако потребление жилищно-коммунальным сектором неуклонно растет, и к концу 2014 года на его долю приходилось 12,5% от общего потребления электроэнергии в Китае.

Установленная мощность электростанций в Китае существенно увеличилась вместе с растущим спросом на электроэнергию. В настоящий момент Китай занимает первое место в мире по установленной мощности электрических станций. Генерирующая мощность увеличилась с 66 ГВт в 1980 г. до 2377 ГВт по состоянию на декабрь 2022 г. Производство электроэнергии на ТЭС в Китае выросло за 2022 год примерно на 1,4%, на ГЭС – на 3,7%, на АЭС – на 6,5%, на ВЭС – на 15,5%, на СЭС – на 3,3%.

Начиная с 69% в 1980 году, угольная энергетика постоянно составляла более 70% от общей генерирующей мощности. Атомная энергетика зародилась в Китае в 1990-х годах, но ее вклад был довольно ограниченным. Возобновляемая энергетика, в частности энергия ветра, набирает обороты только с начала 21 века. К концу 2014 г. доля угля в структуре топливного баланса составила 62% против 74% в 2005 г [3].

Что касается распределения выработки между различными типами электростанций, то на 2022 год она выглядит следующим образом:

- ТЭС — 1,30 млрд кВт (54,5%);
- ГЭС — 0,39 млрд кВт (16,4%);
- ВЭС — 0,33 млрд кВт (13,8%);
- СЭС — 0,31 млрд кВт (12,9%);
- АЭС — 0,05 млрд кВт (2,2%).

После упразднения монополии и реформирования электроэнергетики

в Китае в 2002 году, были созданы и функционируют на данный момент 5 государственных энергетических компаний: China Huaneng Group, China Datang Group, China Huandian, Guodian Power, China Power Investment. На данные пять госкомпаний приходится примерно 40% установленной мощности электростанций Китая, 45% электрогенерирующих мощностей находятся в ведомстве провинциальных энергетических компаний, 10% контролируют иные госкомпании, а доля иностранных компаний составляет менее 5%.

Интенсивный рост количества энергоблоков наблюдается в Китае с 2006 г. Дело в том, что в 2006 году Национальная комиссия по реформам и развитию Китая приняла решение о том, что для новых энергоблоков мощностью 600 МВт и более необходимо использовать пылеугольные энергетические котлы, а к концу 2008 года около 100 таких энергоблоков уже эксплуатировались в Китае. К началу 2013 г. в Китае находились в работе 119 энергоблоков с пылеугольными энергетическими котлами. К концу 2017 года эксплуатировались 247 пылеугольных энергоблока, в том числе 146 ТЭС мощностью более 1000 МВт. На 2020 год количество пылеугольных ТЭС в Китае достигло 1037.

В рамках декарбонизации процесса производства электроэнергии, Китай планомерно снижает долю выработки электроэнергии на угольных ТЭС, наращивая мощности ГЭС и вкладывая большие средства в развитие электростанций на возобновляемых источниках энергии.

Источники

1. China Electricity Council, 2014a. Basic Statistical Data on Electric Power Sector, 2013, Available at: <http://www.cec.org.cn/guihuayutongji/tongjixinxi/niandushuju/2015-03-0/134849.html>.
2. China Electricity Council, 2014b. 2013 Energy Efficiency Benchmarking Data for 300MW Thermal Units, Available at: <http://kjfw.cec.org.cn/kejifuwu/2014-06-20/123499.html> in Chinese.
3. Yuan J. et al. Coal use for power generation in China // Resources, Conservation and Recycling. vol. 129, pp. 443-453, 2018.

Обычный процесс осмоса представляет собой движение молекул воды через мембрану установленную между сосудами с соленой водой и пресной, от менее к более соленой, для уравнивания концентраций. Процесс обратного осмоса использует противоположное направление движения молекул за счет создания дополнительного повышенного давления в сосуде с соленой водой.

Обеззараживание воды. Присутствие различных микроорганизмов и бактерий может негативно сказаться на состоянии металлов, вступать с ними в различные реакции, создавать отложения. Все это позволяет избежать хлорирование или иногда применяют ультразвук или ультрафиолет.

Все рассмотренные методы позволяют довести воду любого качества до нужной кондиции для использования в промышленном цикле электростанции. От чистоты воды напрямую зависит срок службы оборудования, стабильность работы и высокий КПД.

Источники

1. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций / А.И. Абрамов, Д.П. Елизаров, А.Н. Ремезов и др. – М.: Изд-во МЭИ, 2001. – 378 с.

2. Уразаев В.Г. Обзор методов очистки воды // Технологии в электронной промышленности. 2007. № 2.

3. Слесаренко В. В. Совершенствование систем водоподготовки для теплоэнергетических установок с применением мембранных технологий: на примере Дальневосточного региона: автореф. дис. ... д...ра техн. наук: 05.14.14 / С.-Петерб. политехн. ун-т. – Владивосток, 2006. – 44 с.

УДК 621.548

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГАЗОТУРБИННОЙ УСТАНОВКИ

Э.Р. Тагиров

Науч. рук., ассистент, О.Е. Бабиков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г.Казань

zainer13062003@gmail.com

В работе представлены методы увеличения эффективности ГТУ, дающие возможность улучшения нынешних установок путем приближения производственного цикла к циклу Карно. Оптимальным вариантом является цикл, включающий в себя трехступенчатое сжатие и двухступенчатое сгорание с регенерацией.

Ключевые слова: Газотурбинная установка, эффективность, сжатие, регенерация.

INCREASING THE EFFICIENCY OF A GAS TURBINE POWER PLANT

E.R. Tagirov

KSPEU, Kazan, Russia

zainer13062003@gmail.com

The paper presents methods for increasing the efficiency of gas turbines, which make it possible to improve current installations by bringing the production cycle closer to the Carnot cycle. The best option is a cycle that includes three-stage compression and two-stage combustion with regeneration.

Keywords: Gas turbine power plant, efficiency, compression, regeneration.

Использование газотурбинных установок (ГТУ) является одним из способов выработки энергии. ГТУ имеют множество технологических преимуществ перед другими энергетическими установками и связано это с тем, что они имеют малые габариты, приемлемую цену, просты в обслуживании, маневренны и могут быстро вводиться в эксплуатацию. На многих ТЭЦ в России эксплуатируются газотурбинные установки в монорежиме, либо в составе парогазовых установок. Вопрос модернизации существующих ГТУ является актуальной задачей для производителей газовых турбин. Целью является вывести эффективность ГТУ на уровень с ПГУ, чтобы сэкономить средства при модернизации ТЭЦ. Задачей является повышение КПД с сохранением конструкционных отличительных особенностей. Произвести модернизацию ГТУ возможно следующими способами, которые далее приведены в статье.

1) Регенерация тепла в ГТУ заключается в подогреве воздуха, поступающего из компрессора в камеру сгорания, отработавшими газами турбины. Степень регенерации – это коэффициент, показывающий во сколько раз тепло, переданное воздуху, отличается от тепла, которое можно было передать газу, вышедшего из компрессора. Именно при увеличении степени регенерации КПД всего цикла возрастает. Применение регенератора не влияет на работу термодинамического процесса. Регенерация теплоты приводит к увеличению веса и габаритов ГТУ из-за наличия регенератора (теплообменника), поэтому такие ГТУ являются в основном стационарными и реже транспортными [1].

2) Многоступенчатое сжатие воздуха с промежуточным охлаждением. Основная идея – уменьшить затраты работы на сжатие воздуха и увеличить получаемую работу расширяющегося газа в турбине.

Максимальный КПД может быть получен, если совместно с регенерацией теплоты производить сжатие воздуха не по адиабате, а по изотерме. Данная модернизация также увеличивает габаритные размеры установки и повышает КПД путем расширения воздуха в момент сгорания топлива создавая дополнительное давление на лопатки турбины [2].

3) Многоступенчатое сгорание топлива. Рассмотрим трехступенчатое сжигание. Суть трехступенчатого сжигания состоит в том, что по высоте топочной камеры организуют три зоны. В первой (нижней) зоне топки сжигается основное количество топлива (70-85%) при избытке воздуха близком к единице. На выход из зоны активного горения подается оставшая часть топлива (15-30%) и соответствующее количество воздуха с таким расчетом, что бы суммарный избыток воздуха в ней составлял 0,39-0,95. Благодаря такой конструкции концентрация окислов азота не превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) в уходящих газах [3].

Схема ГТУ с внедренными изменениями представлена на рис.1. В трехступенчатом компрессоре с двумя промежуточными охладителями происходит сжатие воздуха, который затем направляется в регенератор, где с помощью газов, выходящих из второй ступени газовой турбины, подогревается до определенной температуры. Нагретый воздух поступает в камеру сгорания первой ступени. Сюда же поступает и топливо, которое сгорает после перемешивания с воздухом.

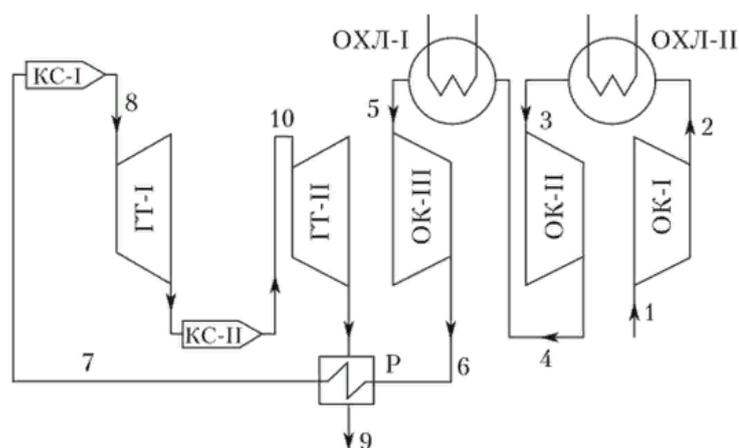


Рис.1. Схема модернизированной ГТУ

Горячий газ направляется на лопатки первой ступени турбины. Затем он поступает во вторую ступень камеры сгорания, в которой за счет сжигания дополнительной порции топлива его температура повышается. Полученный горячий газ после совершения работы на лопатках второй

ступени турбины направляется в регенератор.

Внедрение данных методов позволяет значительно модернизировать ГТУ и повысить их КПД до конкурентных значений. Чем больше число ступеней сжатия и охлаждения, тем выше термический КПД цикла, это представлено на рис. 2.

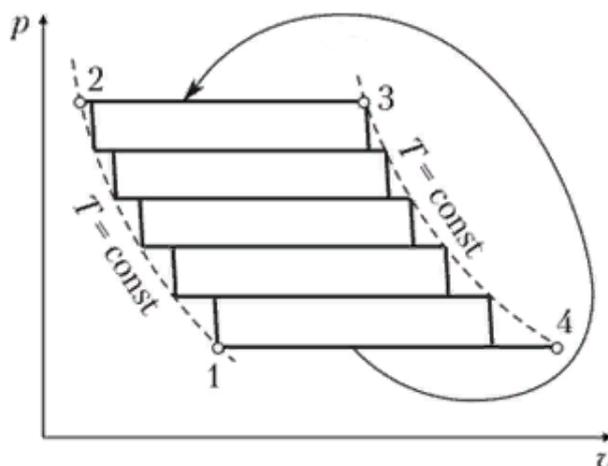


Рис.2. Зависимость ступеней сжатия на КПД ГТУ

Источники

1. Диденко В.Н. Техническая механика /Циклы ГТУ и ДВС/ Газотурбинные установки двигателя внутреннего сгорания С.6, 2009.
2. Малыгина М.В. Численное исследование многотопливного горелочного модуля камеры сгорания ГТУ. С.143-145, 2011.
3. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / А. И. Абрамов, Д. П. Елизаров, А. Н. Ремезов и др.; под ред. А. С. Седлова. - М.: Изд-во МЭИ, С. 378, 2001.

УДК 621.499.3

ЯДЕРНЫЕ РАКЕТНЫЕ ДВИГАТЕЛИ: ПРЕИМУЩЕСТВА, НЕДОСТАТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В.В. Титенков

Науч. рук. ст. преп. каф. «АТЭС» А.И. Минибаев

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Россия

vyacheslavT90@yandex.ru

В статье рассматриваются основные преимущества и недостатки двигателей на ядерной тяге. Рассмотрены перспективы их развития и использования.

Ключевые слова: ядерная тяга, преимущества, недостатки, перспективы.

способно создать полноценный рабочий термоядерный реактор, из-за многих сложностей, связанный с особенностями термоядерного синтеза, однако развитие термоядерных технологий способно решить множество проблем, связанных с энергоснабжением всего человечества, и потому нам остается надеяться, в рано или поздно эти технологии будут освоены.

Источники

1. Что такое термоядерный синтез и почему его так сложно запустить? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.iaea.org/ru/energiya-termoyadernogo-sinteza/chto-takoe-termoyadernyy-sintez-i-pochemu-ego-tak-slozhno-zapustit> (дата обращения 05.03.2023).

2. Как извлечь колоссальную энергию из термоядерной реакции и зачем строят ИТЭР [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://postnauka.ru/longreads/156011> (дата обращения 05.03.2023).

3. Устройство для получения энергии за счет термоядерного синтеза. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://polytech.bm.digital/ontology/308171512181972992/termoyadernyyj-reaktor> (дата обращения 05.03.2023).

4. Солнце в машине: как ученые сделали еще один шаг к созданию термоядерной энергетики и почему это может изменить мир [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.forbes.ru/obshchestvo/429889-solnce-v-mashine-kak-uchenye-sdelali-eshche-odin-shag-k-upravlyayemoj> (дата обращения 05.03.2023).

УДК 621.311.243

ПРИМЕНЕНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КПД СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

С.Е. Титов

Науч. рук. О.Е. Бабилов

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

semen_titov_2003@mail.ru

В настоящий момент солнечная энергетика продолжает развиваться и с каждым годом исследователи и ученые во всем мире находят новые способы повышения эффективности работы солнечных панелей. В работе представлено решение проблемы низкой эффективности солнечных панелей за счёт использования нанокompозитных материалов.

Ключевые слова: солнечные панели, нанокompозитные материалы, солнечная энергетика, эффективность.

APPLICATION OF NANOCOMPOSITE MATERIALS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF SOLAR PANELS

S.E. Titov

KSPEU, Kazan, Russia

semen_titov_2003@mail.ru

At the moment, solar energy continues to develop and every year researchers and scientists around the world find new ways to improve the efficiency of solar panels. The paper presents a solution to the problem of low efficiency of solar panels through the use of nanocomposite materials.

Keywords: solar panels, nanocomposite materials, solar energy, efficiency.

Применение возобновляемых источников энергии, таких как солнечная энергия, становится всё популярнее. Один из способов применения солнечной энергии для выработки электроэнергии основывается на использовании солнечных панелей, коэффициент полезного действия (КПД) которых составляет около 22%. Рассмотрим проблемы, возникающие при эксплуатации систем солнечной энергетики и применяемые по решению этих проблем разработки, связанные с нанотехнологиями.

Солнечные панели имеют относительно низкий КПД, что связано с некоторыми факторами. С помощью нанотехнологий можно повысить эффективность работы кремниевых солнечных панелей. Существует особый способ легирования [1], позволяющий создать условия формирования наноразмерных кластеров марганца в решётке кремния. Способ основывается на диффузии, при которой температуру плавно увеличивают до необходимой, поле чего выдерживают при этой температуре. Таким образом, кремний не разрушается, исключается эрозия поверхности кристалла и обеспечивается максимальное участие атомов марганца в кластерообразовании. Этот метод также позволяет использовать ИК-спектр солнечного излучения для выработки энергии в солнечной панели. Проведенные расчеты показывают [2], что данная разработка повышает КПД солнечных батарей вплоть до 40%.

Другой причиной низкого КПД является нагревание батареи под действием солнечных лучей. В работе [3] предпринята попытка повысить эффективность панели путем надлежащего регулирования поглощаемой ими тепловой энергии с использованием нанокompозитного материала с фазовым переходом (NCPM). Данный материал был получен путем

растворения диоксида кремния (SiO_2) совместно с парафином. В ходе эксперимента были использованы две фотоэлектрические панели аналогичной мощности (30 Вт) и конфигурации. Первая панель, без каких-либо изменений, была названа SPV 1, а вторая панель была названа SPV 2, которая была интегрирована с NCPCM для регулирования тепловой энергии. Обе фотоэлектрические панели были исследованы в ясные солнечные дни с 7.00 утра до 17.00 вечера.

Как SPV1, так и SPV2 имеют одинаковую физическую структуру, за исключением внедрения во вторую панель нанокompозитного материала NCPCM. Каждая ячейка солнечных панелей состояла из полупроводникового фотоэлемента, покрытого тонким слоем этилвинилацетата (EVA) с обеих сторон. На нижней части находится опорная пластина, за которой следует алюминиевая рама.

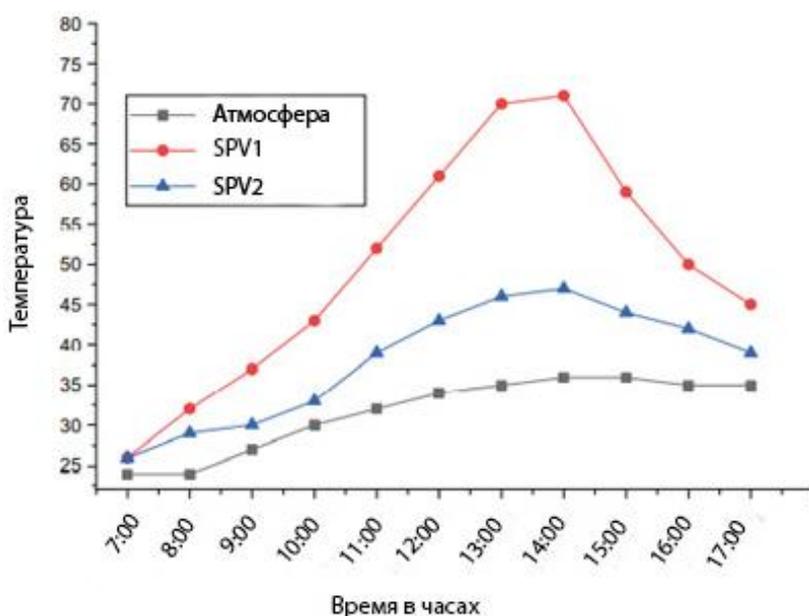


Рис. 1. Изменения температуры атмосферы и поверхности панелей SPV1 и SPV2

На рисунке показаны изменения температуры поверхности панелей SPV и температуры атмосферы в разные часы в течение дня. Температура панелей повысилась и достигла максимального значения между 13:00 и 14:00. Температура поверхности SPV1 (без NCPCM) увеличилась до 71 °C к 14:00, что на 24 °C выше, чем у SPV2 (с NCPCM). Можно отметить, что интеграция наноматериала NCPCM существенно снизила температуру поверхности панели за счет поглощения большого количества тепловой энергии.

Таким образом, внедрение нанокompозитных материалов в структуру солнечных панелей является эффективным методом повышения их КПД.

Развитие науки в области наноматериалов позволит усовершенствовать технологии производства солнечных панелей.

Источники

1. Изготовление энергоэффективных солнечных батарей / А. Д. Бухтеев, В. Б. Бальжиева, А. Р. Тарасова [и др.] // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции. Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. – С. 56-61.

2. Усманов Ж., Насриддинов Ш, Хамидов Б. Разработка фотоэлементов на основе кремния с нанокластерами атомов марганца // Современные материалы, техника и технологии. 2017. №5 (13). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-fotoelementov-na-osnove-kremniya-s-nanoklasterami-atomov-margantsa> (дата обращения: 25.02.2023).

3. Manoj Kumar, P., Mukesh, G., Naresh, S., Mohana Nitthilan, D., Kishore Kumar, R. (2021). Study on Performance Enhancement of SPV Panel Incorporating a Nanocomposite PCM as Thermal Regulator. In: Mohan, S., Shankar, S., Rajeshkumar, G. (eds) Materials, Design, and Manufacturing for Sustainable Environment. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9809-8_44

УДК 621-313.3

ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПОМОЩЬЮ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Р.Р. Усманов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент Р.Н. Закиров
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
monster_beats2016@mail.ru

Рассмотрены возможности энергоснабжения зданий с применением топливных элементов. Имеется мировой опыт использования топливных элементов энергоснабжения зданий. Показано преимущество применения для энергоснабжения зданий ТЭ двух типов: на основе расплавленного карбоната мощностью до 2 МВт и твердотельных оксидных ТЭ мощностью от 250 кВт до 5 МВт.

Ключевые слова: Энергоснабжение зданий, топливные элементы, комбинированные энергоустановки.

3. Хаванов, П. А. Оценка влияния климатических условий эксплуатации на работу автономных комбинированных конденсационных котлов / П. А. Хаванов, А. С. Чуленев // Научное обозрение. – 2016. – № 1. – С. 13-17.

4. Шаймарданова, А. И. Особенности эффективной работы конденсационных двухконтурных газовых настенных котлов / А. И. Шаймарданова, М. Г. Зиганшин // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова: Посвящена 165-летию В.Г. Шухова, Белгород, 01–20 мая 2018 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. – С. 714-719.

УДК 620.92

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Д.С. Цыкунов

Науч. рук., асс. О.Е. Бабилов
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань
danil.tsygunov@gmail.com

Ядерная энергетика ставилась под сомнение почти с момента ее зарождения, и одним из основных вопросов, касающихся ее социальной приемлемости во всем мире, является обращение с ядерными отходами. В последние годы эти проблемы привели к росту общественного неприятия в некоторых странах, и, в результате, ядерная энергетика столкнулась с еще большим количеством проблем. Однако непрерывные усилия в области исследования и разработок приводят к появлению новых технологий обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ), которые могут решить проблемы защиты окружающей среды и обеспечения устойчивости ядерной энергетики. Переработка и утилизация ОЯТ могла бы стать одним из ключевых моментов для повышения социальной приемлемости ядерной энергетики. Целью работы является обзор современных технологий обращения с ядерными отходами.

Ключевые слова: ядерная энергетика, отработавшее ядерное топливо (ОЯТ), переработка, повторное использование.

TECHNOLOGIES FOR THE RECYCLING OF SPENT NUCLEAR FUEL

D.S. Tsykunov
KSPEU, Kazan, Russia
danil.tsykunov@gmail.com

Nuclear power has been questioned almost since its beginnings and one of the major issues concerning its social acceptability around the world is nuclear waste management. In recent years, these issues have led to a rise in public opposition in some countries and, thus, nuclear energy has been facing even more challenges. However, continuous efforts in R&D (research and development) are resulting in new spent nuclear fuel (SNF) management technologies that might be the pathway towards helping the environment and the sustainability of nuclear energy. Thus, reprocessing and recycling of SNF could be one of the key points to improve the social acceptability of nuclear energy. The purpose of our work is to review the state of the nuclear waste management technologies.

Keywords: nuclear energy, spent nuclear fuel (SNF), reprocessing, recycling.

Ядерная энергетика занимает важную роль в энергетическом балансе многих мировых держав. Несмотря на множество технологических преимуществ выработки тепловой и электрической энергии на атомных электрических станциях (АЭС), страх перед атомной энергетикой существовал всегда, и в течение последних двух десятилетий во всем мире идет общая дискуссия о будущем ядерной энергетике. Споры о безопасности использования ядерной энергии в мирных целях обострились после печально известных аварий на Чернобыльской АЭС в 1986 г. и на АЭС Фукусима-1 в 2011 г., а также в связи с появлением и повсеместным внедрением генерации, основанной на возобновляемых источниках энергии. Некоторые страны после данных инцидентов поставили под сомнение преимущество атомных электростанций (АЭС) в своем энергетическом балансе. Но есть другие страны, как, например, Китай, который планирует увеличить установленную мощность своих АЭС до 4% (40 ГВт) в 2020 г. и до 20% в 2050 г [1].

Отработавшее ядерное топливо (ОЯТ) на 96-97% состоит из материалов, пригодных для вторичной переработки, что означает, что оно все еще содержит большую часть своего энергетического потенциала. Целью переработки является химическое разделение компонентов ОЯТ, чтобы полностью использовать его потенциал. В настоящее время уран (U) и плутоний (Pu) успешно извлекаются из ОЯТ, но будущие тенденции приведут также к разделению продуктов деления (ПД) и младших

актининов (МА) с целью их сжигания в современных реакторах или хранения отдельно.

На протяжении многих лет страны, в которых эксплуатируются АЭС, перерабатывали свое ОЯТ, но на сегодняшний день есть лишь несколько стран, которые построили свои собственные объекты по переработке: Россия, Индия, Франция и Великобритания [2,3]. Переработку ОЯТ можно осуществлять несколькими способами, часть из которых будет представлена далее.

PUREX (Plutonium uranium recovery by extraction) – единственная существующая зрелая технология, которая доступна для использования. Процесс начинается с растворения ОЯТ в HNO_3 , а затем его подвергают процессу экстракции растворителем с использованием трибутилфосфата, при котором уран и плутоний отделяются на 99,9% и затем очищаются. МА и ПД остаются в растворе кислоты, закрепляются в стеклянной матрице и упаковываются в универсальный контейнер. После, уран и плутоний, извлеченные из ОЯТ, могут быть переработаны в свежее ядерное топливо, называемое МОКС-топливом (Mixed-Oxide fuel).

В последние годы было исследовано несколько модификаций технологии PUREX для улучшения ее производительности. Например, в Японии осаждают плутоний и уран, чтобы избежать выделения чистого плутония и последующего его распада.

Pu-239 и Pu-241 являются делящимися изотопами, поэтому их можно использовать в качестве топлива в тепловом реакторе вместо U-235. Таким образом, МОКС состоит примерно от 3-5% до 5-8% экстрагированного плутония и урана, который может быть либо низкообогащенным ураном, обедненным ураном с обогатительных фабрик, либо даже отделенным ураном.

МОКС является зрелой технологией и используется примерно в 10% мировых реакторов (40 АЭС), но в основном его используют во Франции. Его основной целью является сокращение потребностей в природном уране, использование которого в современных технологиях сократится примерно с 8-12% до 20-25%. Более того, сократятся запасы чистого плутония и риски его распространения. Однако из-за технологических ограничений отработанный МОКС может быть переработан только один или два раза. Тем не менее, передовые технологии могут позволить использовать отработанный МОКС и, следовательно, обеспечить безопасное хранение плутония.

Отделенный уран может быть переработан в переработанный оксид урана (REPUOX) после повторного обогащения, что используется в ограниченных масштабах по всему миру, поскольку переработанный уран более радиоактивен, чем природный уран, и, таким образом, для предотвращения загрязнения природным ураном требуются специальные установки.

Источники

1. Rodríguez-Penalonga L., Moratilla Soria B. Y. A review of the nuclear fuel cycle strategies and the spent nuclear fuel management technologies. *Energies*. Vol. 10 (8), p. 1235, 2017.
2. Silverio, L.B.; de Lamas, W.Q. An analysis of development and research on spent nuclear fuel reprocessing. *Energy Policy* 2011, 39, 281-289.
3. Ramana, M.V.; Suchitra, J.Y. Costing plutonium: Economics of reprocessing in India. *Int. J. Glob. Energy Issues* 2007, 27, 454-471.

УДК 621.311.182

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЗОПОРШНЕВОГО АГРЕГАТА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ПОТРЕБЛЕНИЯ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

А.С. Черкасов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.И. Ляпин
ФГБОУ ВО «КГЭУ» г. Казань, Республика Татарстан
Sanekpuer@mail.ru

В работе предложена идея использования газопоршневого агрегата для уменьшения потребления собственных нужд тепловых электрических станций. Приведены результаты технико-экономического расчета на примере Казанской ТЭЦ-1.

Ключевые слова: тепловая электрическая станция, газопоршневой агрегат, собственные нужды, энергоэффективность, электрическая и тепловая энергия, оптовый рынок электроэнергии и мощности.

APPLICATION OF A GAS PISTON UNIT TO REDUCE THE CONSUMPTION OF OWN NEEDS OF THERMAL POWER PLANTS

A.S. Cherkasov

KSPEU, Kazan, Russia
Sanekpuer@mail.ru

The paper proposes the idea of using a gas piston unit to reduce the consumption of own needs of thermal power plants. The results of a feasibility study are given on the example of Kazan CHPP-1.

Keywords: thermal power plant, gas piston unit, own needs, energy efficiency, electrical and thermal energy, wholesale electricity and capacity market.

энергия может направляться как на перекачивающие насосы для поддержания определенной температуры в бассейне на период ликвидации аварии, так и для питания других узлов станции.

Источники

1. Патент США US № 2013/0028365A1.
2. Шайхутдинов, Я. О. Варианты более эффективного использования остаточной энергии отработавших тепловыделяющих сборок АЭС / Я. О. Шайхутдинов, Д. А. Макуева, А. И. Минибаев // Умаровские чтения-2021: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Грозный, 11 октября 2021 года. – Махачкала: ЧГПУ.
3. Патент РФ №2014115738/02, 18.04.2014.
4. Андрущенко, С.А. АЭС с реактором типа ВВЭР-1000. От физических основ эксплуатации до эволюции проекта / С.А. Андрущенко, А.М. Афров, Б.Ю. Васильев, В.Н. Генералов, К.Б. Косоуров, Ю.М. Семченков, В.Ф. Украинцев. – М.: Логос, 2010. – 171 с. – ISBN 978-5-98704-496-4.
5. TEP1-142T300 Power Generation 300 Degree high Temperature Thermoelectric Peltier Module [Электронный ресурс] // REES52: [сайт]. [2022]. URL: <https://rees52.com/hardware/3695-tep1-142t300-power-generation-300-degree-high-temperature-thermoelectric-peltier-module-rs1501>
6. Патент США US № 2012/0250813 A1.
7. Патент США US № 2012/0250813 A1.

УДК 621.548

ПРОБЛЕМЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

М.А. Шакиров

Науч. рук. асс. Бабилов О.Е.

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Н

В данной работе рассмотрены проблемы эксплуатации ветровых электростанций, связанные с обледенением лопастей и ветрогенератора в целом. Обледенение негативно сказывается на выработке электроэнергии, надежности и сроке службы ветрогенераторов. Приведены актуальные методы обнаружения наличия обледенения, позволяющие своевременно выявлять и бороться с данным нежелательным явлением.

И

Ключевые слова: ветровая электростанция, обледенение, ветрогенераторы.

280

"

m

WIND POWER PLANTS OPERATION CHALLENGES

M.A. Shakirov
KSPEU, Kazan, Russia
shakirov.ma@bk.ru

This work is devoted to the problems of using wind power plants due to icing. The icing of turbines affects the generation of electricity and reduces the duration of their work. Various methods of icing detection are used for detection, which are presented in the article.

Keywords: wind power plant, blades icing, wind turbines.

В связи с развитием мировой экономики и ростом населения планеты увеличивается потребление электроэнергии, что в свою очередь порождает потребность в большем ее производстве. Но в то же время остро стоит вопрос снижения выбросов углекислого газа в атмосферу и снижения техногенного влияния производств на окружающую среду, поэтому использование возобновляемых источников энергии, а в частности энергии ветра, позволяет решить эту проблему. Ветроэнергетика продолжает развиваться и объем выработки электроэнергии, получаемой на ветровых электростанциях (ВЭС) с каждым годом лишь растет. В перспективе ветровая энергетика может внести большой вклад в удовлетворение растущих потребностей в электроэнергии. Но несмотря на множество преимуществ, ВЭС обладают серьезными недостатками и проблемами в процессе эксплуатации, одной из которых является обледенение.

Стоит отметить, что ВЭС устанавливаются не только в странах с теплым климатом, а высокая плотность воздуха способствует развитию ветроэнергетики в холодных регионах и на данный момент существуют проекты ветроэнергетических установок даже для арктических климатических [1] зон что непременно связано с обледенением лопастей, приводящим к недовыработке электроэнергии вплоть до 30% [2].

Обледенение турбины изменяет аэродинамические характеристики, влияя на шероховатость поверхности лопасти. Также увеличивается масса лопасти, что в свою очередь повышает нагрузку на турбину. Наросты льда приводят к неоднородности распределения массы лопасти, что приводит к повреждению турбин из-за повышенной вибрации. Низкие температуры усугубляют положение и приводят к выходу из строя компонентов турбины вследствие увеличения трения между ними, что приводит к значительному сокращению срока службы ветроэнергетических установок. К

отрицательным последствиям также относят возникновение конденсата на электронных компонентах управления.

Данные проблемы показывают, что обледенение является одним из важных факторов, влияющих на работу ветроэнергетических установок. Следовательно, развитие технологий защиты от обледенения, обнаружения льда и очистки лопастей являются актуальными и важными задачами, позволяющими добиться повышения надежности и производительности ветровой турбины. Технологии обнаружения обледенения принято делить на два вида: прямые и косвенные.

При использовании прямого метода обнаружения обледенения обычно измеряются физические свойства льда. К таким методам можно отнести ультразвуковое демпфирование, измерение резонансной частоты, измерение ёмкости поверхности лопасти ВЭС [2].

Принцип действия ультразвукового демпфирования заключается в том, что на концах лопасти устанавливаются акустические приборы, которые создают и принимают ультразвуковой сигнал. Изменение принимаемого сигнала указывает на наличие обледенения. Данный метод позволяет обнаружить лед толщиной более 1 мм на конце и более 4 мм в средней части лопасти [2]. К преимуществам данного метода относится высокая точность, небольшие затраты электроэнергии на осуществление процесса, отсутствие негативного влияния на аэродинамику лопасти. Но данный метод не нашел широкого практического применения на действующих ВЭС.

Другим способом обнаружения обледенения является измерение резонансной частоты. Если на лопасти образуется лёд, то частота вибрации будет уменьшаться из-за увеличения массы. Однако данный метод не позволяет точно определить конкретное расположение льда на лопасти и имеется большая погрешность измерений, связанная с аэродинамическими особенностями работы ВЭС.

Обледенение также можно обнаружить с помощью измерения электрической емкости лопасти. Разница в относительной диэлектрической проницаемости между льдом и водой приводит к изменению распределения зарядов по лопасти. Данным методом можно контролировать обледенение только в непосредственной близости от лопасти. Также приборы контроля могут повлиять на аэродинамические характеристики лопастей.

К косвенным методам обнаружения можно отнести измерение выходной мощности ВЭС, применение двойного анемометра, измерение уровня шума ВЭС, контроль точки росы и другие [2].

При использовании метода контроля выходной мощности предполагается, что обледенение уменьшает фактическую мощность ветровой турбины при нормальной работе. Когда измеряемая мощность оказывается ниже ожидаемой при тех же параметрах ветра, можно сделать вывод, что на лопасти присутствует лёд. Однако, этот метод не обладает достаточной точностью, так как причиной снижения мощности могут служить множество других факторов, не связанных с обледенением.

Таким образом, обледенение ветроэнергетических установок – это серьезная проблема, с которой приходится сталкиваться в холодных регионах. На данный момент не существует универсального метода определения наличия обледенения лопастей, поэтому часто находят применение вариации и совместное использование несколько методов одновременно.

Источники

1. Сон Э.Е. и др. К выбору оптимальных конструктивных схем и параметров ветроэнергетических установок для Российской Арктики //Известия Российской академии наук. Энергетика. – 2020. – №. 3. – С. 33-59.

2. Wei K. et al. A review on ice detection technology and ice elimination technology for wind turbine //Wind Energy. – 2020. – Vol. 23. – No. 3. – pp. 433-457.

УДК 658-264-621.365

ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ ГОРОДА АЧИНСК (ОБЗОР)

Д.А. Шамбина

Науч. рук.канд. техн. наук, доцент А.Ш. Низамова

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

daschka2001@bk.ru

В статье предложен обзор теплоснабжения города Ачинск, рассмотрено централизованное и децентрализованное теплоснабжение города, а также проблемы в теплоснабжении.

Ключевые слова: Ачинск, теплоснабжение, котельные, ТЭЦ, мощность.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТОВ СМЕШИВАЮЩЕГО ТИПА В СХЕМАХ ПАРОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

А.Р. Шарипов¹, Д.Ш. Губайдулин²

Науч. рук. асс. О.Е. Бабиков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

¹aiazsha29@gmail.com, ²gubajdulindanil082@gmail.com

В статье рассматривается перспективный способ повышения эффективности тепловых схем паротурбинных установок путём использования теплообменных аппаратов смешивающего типа. Рассмотрены варианты модернизации системы регенеративного подогрева за счет установки подогревателей низкого давления смешивающего типа. Представлены достоинства и недостатки теплообменных аппаратов данного типа. Рассмотрены варианты схемы включения смешивающих подогревателей низкого давления в систему регенеративного подогрева паротурбинной установки.

Ключевые слова: паротурбинная установка, смешивающий подогреватель низкого давления, система регенерации.

APPLICATION OF HEAT EXCHANGERS OF MIXING TYPE IN SCHEMES OF STEAM TURBINE POWER PLANTS

A.R. Sharipov¹, D.Sh. Gubaidulin²

KSPEU, Kazan, Russia

¹aiazsha29@gmail.com, ²gubajdulindanil082@gmail.com

The article discusses a promising way to improve the efficiency of thermal circuits of steam turbine plants by using heat exchangers of a mixing type. Options for upgrading the regenerative heating system by installing low-pressure mixing type heaters are considered. The advantages and disadvantages of heat exchangers of this type are presented. Variants of the scheme for including low-pressure mixing heaters in the regenerative heating system of a steam turbine plant are considered.

Keywords: steam turbine plant, low pressure mixing heater, regeneration system.

В Российской энергетике большая часть электроэнергии производится на паротурбинных энергоблоках, которые входят в состав

тепловых электрических станций (ТЭС). Поэтому повышению термодинамической эффективности цикла паротурбинных установок уделяется особое внимание. Эффективность основного оборудования паротурбинных энергоустановок близка к предельной для современных материалов и технологий, поэтому повышение эффективности всей установки возможно в основном благодаря модернизации вспомогательного оборудования.

На текущий момент, теплообменное оборудование, используемое в паротурбинных установках, подвержено значительному износу и требует капитального ремонта или полной замены. В этом случае можно рассмотреть проведение модернизации системы регенеративного подогрева с использованием подогревателей низкого давления смешивающего типа.

По данным зарубежных и отечественных источников, применение таких теплообменных аппаратов вносит практически 55% от общей доли повышения экономичности за счет модернизации системы регенеративного подогрева [1]. Эта информация указывает на актуальность исследований в данной области.

Смешивающие подогреватели обеспечивают наилучшие условия для эффективного теплообмена между конденсатом и паром низкого давления из отбора турбины, благодаря прямому контакту между ними. Такой подход исключает недогрев, который присутствует в поверхностных подогревателях и является их основным недостатком, существенно влияющим на экономичность системы регенеративного подогрева и паротурбинной установки в целом.

В теплоэнергетике установлена нормированная величина недогрева, которая должна быть в пределах 2-4 °С для поверхностных подогревателей. Однако на практике этот параметр может достигать значений от 10 до 15 °С. Это свидетельствует о значительных потерях тепловой энергии греющего пара и отрицательно влияет на эффективность теплообменного аппарата. В отличие от поверхностных подогревателей, смешивающие подогреватели не имеют трубчатых поверхностей нагрева, что означает отсутствие термического сопротивления. В результате величина недогрева у подогревателей смешивающего типа близка к нулю [2].

Целесообразно питать смешивающие подогреватели паром последних отборов турбины, где содержание воздуха в паре может быть выше нормы. В таких условиях смешивающие подогреватели

обеспечивают стабильный и максимальный нагрев конденсата, поскольку они менее чувствительны к наличию неконденсирующихся газов.

Смешивающие подогреватели низкого давления имеют следующие достоинства: относительно простая конструкция, легкость в изготовлении, повышенная надежность, стабильный и максимальный нагрев конденсата при высоком содержании неконденсирующихся газов, возможность деаэрирования конденсата.

Один из основных недостатков системы регенеративного подогрева смешивающего типа заключается в том, что конденсат может попадать в проточную часть паровой турбины при недостаточно совершенной системе защиты и автоматизации. Попадание влаги в проточную часть обусловлено наличием обратного потока пара, который возникает при вскипании конденсата в результате сброса нагрузки паровой турбины. Это может привести к увеличению вращения ротора сверх номинальных значений.

При внедрении смешивающих подогревателей низкого давления в систему регенеративного подогрева необходимо учитывать выбор схемы их включения. Существуют две основные схемы: гравитационная, где группа смешивающих подогревателей располагается на разных высотах относительно друг друга, и последовательная, где применяются конденсатные насосы. Выбор оптимальной схемы является важным фактором для эффективной работы системы [3].

Таким образом, использование смешивающих подогревателей низкого давления, как в гравитационной схеме подключения, так и по отдельности, является важным направлением при модернизации, реконструкции или строительстве новых тепловых электростанций. Для успешной модернизации необходимо применение правильных методов расчета теплообменных аппаратов, выбор рациональной схемы их включения, а также дополнительная работа над системой защиты и автоматики.

Источники

1. Сухоруков Ю.Г., Ермолов В.Ф., Трифонов Н.Н. Некоторые вопросы повышения экономичности системы регенерации низкого давления паровых турбин. Теплоэнергетика, №12, 2008, с.62–65.

2. Ермолов В.Ф., Пермяков В.А., Ефимочкин Г.И., Вербицкий В.Л. Смешивающие подогреватели паровых турбин. –М.: Энергоиздат, 1982. – 208 с.

3. В.Я. Рыжкин. Тепловые электрические станции: Учебник для вузов по специальности "Тепловые электр. станции" пособие / В. Я. Рыжкин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1976. – 447 с.

При использовании нейросетевой технологии для повышения энергетической эффективности ТТУ и систем можно сделать следующие выводы:

При выборе типа задачи чаще всего приходится решать проблему прогноза.

При анализе результатов данные должны представляться в табличном виде или визуально отображаться на графиках.

На практике лучше использовать существующие нейросетевые программы, а не создавать собственные.

При решении практических задач лучше всего использовать тип нейросетей, построенных на многослойном персептроне.

При формировании обучающей выборки чаще всего данные ограничиваются.

Источники

1. Гайдук А.Р. Системы автоматизированного управления. Примеры, анализ и синтез. Таганрог: – Изд-во ТРТУ, 2006. – 414 с

2. Горбунов В.А. Применение и анализ использования генетического алгоритма оптимизации для снижения расхода топлива на садовые печи / В.А. Горбунов // Повышение эффективности энергетического оборудования: материалы VII междунар. науч.- практ. конф.– СПб.: СППУ, 2012. – С. 745 – 752.

3. Андреев В.В. Исследование нейросетевой системы распознавания образов в среде Matlab / В.В. Андреев, Н.Н. Порфирьева, А.М. Прохоров // Вестник Чувашского университета. 2008. № 2. С. 113-120.

УДК 621.644.07

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

К.В. Кобызов

Науч. рук. ассистент О.Е. Бабиков

ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

Konizhov.kirill@mail.ru

В данной статье проведен обзор отечественных и зарубежных источников литературы, касающихся вопроса производства экологически безопасных теплоизоляционных материалов. Вопросы энерго и ресурсосбережения, наряду с вопросами экологичности производств не теряют своей актуальности.

Ключевые слова: кокосовая шелуха, байпас, теплоизоляция, теплоизоляционные материалы, изоляционные плиты.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY THERMAL INSULATION MATERIALS

K.V. Konizhov
KSPEU, Kazan, Russia
Konizhov.kirill@mail.ru

This article provides an overview of domestic and foreign literature sources related to the issue of the production of environmentally friendly thermal insulation materials. The issues of energy and resource conservation, along with the issues of environmental friendliness of production, do not lose their relevance.

Keywords: coconut husk, bypass, thermal insulation, thermal insulation materials, insulation boards.

Теплоизоляционные материалы изготавливаются, в основном, из стекловолокна, минеральной ваты или пенополиуретана. Эти материалы обладают низкой теплопроводностью, хорошей влагозащитой и огнестойкостью, но могут быть опасны для здоровья человека. Например, воздействие мелких частиц изоляции из стекловолокна и стекловаты может вызвать раздражение дыхательных путей или кожи. Кроме того, производство теплоизоляционных материалов, как правило, требует использования химических связующих, таких как формальдегид или фенольные смолы, которые токсичны для человека. Также стоит отметить, что традиционные теплоизоляционные материалы производятся не в каждой стране. Поэтому, некоторые исследователи считают экономически и экологически выгодным использование сельскохозяйственных и промышленных отходов для создания теплоизоляционных материалов. Это позволит решить ряд проблем, связанных с повторным использованием отходов производств, вместо их утилизации или сжигания. В данной работе предлагается использовать кокосовую шелуху и багассу в качестве теплоизоляционных материалов.

Кокосовая шелуха — это отходы производства кокосового волокна. Шелуха кокоса состоит на 30% из волокон и на 70% из сердцевины. И волокно, и сердцевина имеют чрезвычайно высокое содержание лигнина и фенола, и в исследовании В. Теуниссена было обнаружено, что лигнин кокосовой шелухи можно использовать в качестве связующего вещества при производстве картона [1].

Другим природным материалом, который может использоваться для теплоизоляционных целей, является багасса. Багасса — это побочный

продукт сахарного производства. В настоящее время считается одним из наиболее перспективных не древесных лигноцеллюлозных сырьевых материалов [2]. Большое количество этих отходов до сих пор остается неиспользованным или сжигается в развивающихся странах. Багасса богата целлюлозой, которая может действовать как связующее вещество [3]. Багасса имеет хороший потенциал для использования для производства теплоизоляционных плит, не содержащих связующих веществ.

В работе [4] для производства теплоизоляционных плит кокосовую шелуху предлагается сначала подвергать сушке в печи при 80°C до достижения влажности в 11-13 %. Багасса более пориста и легко впитывает влагу при хранении. Поэтому сушка багассы проводилась сначала на солнце в течение трех дней (до достижения влажности 10%), а затем в печи при 80°C до влажности 6-7%. Кокосовые волокна нарезали на части длиной 8-10 мм. Соотношение волокна и сердцевины из кокосовой шелухи составляло 80:20 по весу. Для производства теплоизоляционных материалов из багассы средняя длина крупных частиц составляла около 20-40 мм, а средняя длина мелких частиц составляла около 8-9 мм, а соотношение крупных частиц к мелким составляло 50:50 по массе.

Теплоизоляционные плиты без связующего вещества из кокосовой шелухи и багассы изготавливались методом горячего прессования под давлением 14,7 МПа. Для исследования влияния температуры прессования на физические свойства теплоизоляционных плит были использованы три температурных режима (180°C , 200°C и 220°C) для кокосовой шелухи и три температурных режима (160°C , 180°C и 200°C) для багассы. Для изучения влияния плотности на физические свойства теплоизоляционных плит были изготовлены тестовые образцы толщиной 25 мм при заданной плотности в 250, 350 и 450 кг/м^3 .

Эксперименты показали, что значения теплопроводности теплоизоляционных плит из кокосового волокна и багассы без связующих веществ плотностью $250\text{--}350\text{ кг/м}^3$ находятся в диапазоне от 0,046 до 0,068 Вт/м·К. Теплопроводность теплоизоляционных плит из экологически чистых материалов оказалась близка к показателям традиционных изоляционных материалов (например, целлюлозного волокна (0,040-0,045 Вт/м·К, минеральной ваты (0,035-0,040 Вт/м·К). Результаты исследований показали, что теплоизоляционные плиты из багассы при плотности 350 кг/м^3 могут быть использованы в качестве строительных материалов для теплоизоляционных целей. Поскольку плиты изготавливаются из отходов и без каких-либо химических веществ

методом горячего прессования, они безопасны для окружающей среды и могут конкурировать с традиционными теплоизоляционными материалами по ряду свойств. Кроме того, процесс производства достаточно прост и не требует специального оборудования. Тем не менее, существует множество факторов, ограничивающих применение экологически чистых теплоизоляционных материалов, среди которых плохая влагостойкость, повышенная смачиваемость, относительно низкая долговечность и др.

Источники

1. J.E.G. van Dam, M.J.A. van den Oever, W. Teunissen, E.R.P. Keijsers, A.G. Peralta, Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk, *Industrial Crops and Products* 19 (2004) 207–216.

2. S. Panyaekaw, S. Fotios. New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings*, vol. 43(7), pp. 1732–1739, 2011.

3. K. Manohar, D. Ramlakhan, G. Kochhar, S. Haldar. Biodegradable fibrous thermal insulation. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, vol. 28 (1), pp. 45-47, 2006.

4. Panyaekaw S., & Fotios S. (2011). New thermal insulation boards made from coconut husk and bagasse. *Energy and Buildings*, 43(7), 1732–1739.

УДК 620.97

ОСОБЕННОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СЕТЕЙ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОТЫ СТОЧНОЙ ВОДЫ, ОБРАЗУЮЩЕЙСЯ В ДУШЕ

В.А. Куницкий¹, С.В. Лукин²

ФГБОУ ВО «ВоГУ», г. Вологда

¹globee@mail.ru, ²s.v.luk@yandex.ru

В статье рассматривается ряд факторов, которые необходимо учитывать при разработке методики проектирования утилизационного теплообменного аппарата для горячей воды, образующейся в душе. Данные факторы влияют на выбор конфигурации утилизационного теплообменного аппарата для конкретных условий эксплуатации.

Ключевые слова: утилизация теплоты сточных вод, утилизация теплоты воды в душевой установке, сточная душевая вода, утилизационный теплообменный аппарат.