



КАЗАНСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

**XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

Казань, 7–8 декабря 2021 г.

Материалы докладов

В трех томах

Том 2

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

**XXV ВСЕРОССИЙСКИЙ АСПИРАНТСКО-МАГИСТЕРСКИЙ
НАУЧНЫЙ СЕМИНАР,
ПОСВЯЩЕННЫЙ ДНЮ ЭНЕРГЕТИКА**

Казань, 7–8 декабря 2021 г.

Материалы конференции

В трех томах

ТОМ 2

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

Казань 2022

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

Д22

Рецензенты:

заведующий кафедрой ИЭ ФГБОУ ВО «КНИТУ-КХТИ»,

доктор технических наук, профессор И. Г. Шайхиев;

проректор по РИИ ФГБОУ ВО «КГЭУ»,

доктор технических наук, доцент И. Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

Э. Ю. Абдуллазянов (гл. редактор); И. Г. Ахметова (зам. гл. редактора),

Е. С. Дремигчева

Д22 XXV Всероссийский аспирантско-магистерский научный семинар, посвященный Дню энергетика : материалы конференции : [в 3 томах] / под общей редакцией ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: КГЭУ, 2022. – Т. 2. – 418 с.

ISBN 978-5-89873-587-6 (т. 2)

ISBN 978-5-89873-589-0

В сборнике представлены материалы XXV Всероссийского аспирантско-магистерского научного семинара, посвященного Дню энергетика, в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области тепло- и электроэнергетики, ресурсосберегающих технологий в энергетике, энергомашиностроения, инженерной экологии, электромеханики и электропривода, фундаментальной физики, современной электроники и компьютерных информационных технологий, экономики, социологии, истории и философии.

Предназначены для научных работников, аспирантов и специалистов, работающих в сфере энергетики, а также для студентов вузов энергетического профиля.

Материалы докладов публикуются в авторской редакции. Ответственность за содержание тезисов возлагается на авторов.

УДК 621.1+621.3+621.04+681.5+574

ББК 31+32.96+28.08

ISBN 978-5-89873-587-6 (т. 2)

ISBN 978-5-89873-589-0

© КГЭУ, 2022

Источники

1. Лукьянов М.Ю., Земляков А.С., Куликов К.К. Применение блочно-модульных котельных в системах теплоснабжения и их преимущества // Инновационная наука. 2015. №12-2. С. 92-94.
2. Байков И.Р., Смородова О.А. Разработка математических моделей гидравлических и тепловых режимов тепловых сетей: учеб пособие. Уфа: УГНТУ. 2015. №1. С. 80.
3. Смородова О.В. Метод повышения эффективности системы теплоснабжения: Наладка тепловых сетей // Инновационная наука. 2016. №8-2. С. 93-96.
4. Трунов Д.А. Анализ исследования гидравлических режимов тепловых сетей // Матер. междуна. молод. науч. конф. «Тинчуринские чтения-2020. Энергия и цифровая трансформация». Т. 2. С. 140-142.
5. Глухов С.В., Чичерин С.В. Методика оптимизации распределительной тепловой сети // Вестник Чувашского университета. 2017. №3.

УДК 621.564.2:621.577

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ НА R744 ДЛЯ ОТОПЛЕНИЯ

Руслан Радикович Даутов

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан
gluza.dautova@ya.ru

Аннотация. В работе представлен обзор самых последних исследований в области развития высокотемпературных тепловых насосов на диоксиде углерода, использующихся для отопления жилых зданий.

Ключевые слова: тепловой насос, диоксид углерода, транскритический процесс.

PROSPECTS FOR THE USE OF HIGH-TEMPERATURE HEAT PUMPS ON R744 FOR HEATING

Ruslan R. Dautov

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan
gluza.dautova@ya.ru

Abstract. This paper provides an overview of the most recent research in the development of high-temperature carbon dioxide heat pumps used for heating residential buildings.

Keywords: heat pump, carbon dioxide, transcritical process.

Тепловой насос (ТН) является одним из самых энергоэффективных устройств, относящимся к способам альтернативного теплоснабжения жилых зданий [1].

Вредное воздействие на экологию хлорфторуглеродов (CFC) и гидрофторуглеродов (HFC) – традиционных хладагентов тепловых насосов, становится причиной перехода на другие более новые хладагенты. Одним из таких является углекислый газ (R744). Из его преимуществ в качестве хладагента можно выделить низкий потенциал глобального потепления, отсутствие разрушающего воздействия озонового слоя. Кроме того, среди природных хладагентов диоксид углерода является одним из немногих нетоксичных, а обилие углекислого газа в окружающей среде делает его выгодным [2].

Производительность тепловых насосов на диоксиде углерода зависит от компонентов системы в целом. Хотя и взаимозависимость между компонентами не позволяет улучшать каждый компонент в отдельности, необходимо предпринять усилия для улучшения их конструкции и оценки полезного воздействия каждого из них в общую производительность теплового насоса.

В настоящее время для улучшения производительности тепловых насосов на R744, проводятся такие исследования как разработка новых конструкций теплообменников, расширительных устройств и компрессоров для транскритического цикла диоксида углерода [3].

В транскритическом цикле охлаждение газа происходит в сверхкритическом состоянии, а при сжатии пара цикла отвод тепла происходит в докритической области за счет фазового перехода. Когда диоксид углерода в виде пара сжимается за пределы при критическом давлении, он может обеспечить гораздо более высокий отвод тепловой энергии за счет охлаждения. В транскритических циклах поглощение тепла происходит ниже критической температуры, и, следовательно, давление остается докритическим [4].

Во время процесса отвода тепла диоксид углерода меняет свою фазу при постоянной температуре в докритических циклах, тогда как в транскритических циклах его температура непрерывно снижается на протяжении всего процесса без фазового перехода.

Гибридная система отопления с помощью теплового насоса совместно с солнечной батареей может увеличить коэффициент трансформации COP (Coefficient of Performance) до 10 и снизить потребление электроэнергии до 50 %.

Из основных недостатков транскритических ТН, работающих на углекислом газе, можно выделить потери на дросселирование перегретого пара, что приводит к уменьшению КПД. Большая разница давлений делает возможным использование расширительных устройств в транскритическом цикле, что позволит частично скомпенсировать теплопотери на дросселирование в транскритическом цикле диоксида углерода. Энергоэффективность тепловых насосов на диоксиде углерода также может быть улучшена за счет использования двухступенчатой системы двойного дросселирования [5].

Для снижения потерь паровой смеси в мировой практике были проведены исследования по внедрению многоступенчатого компрессора с промежуточным впрыском газа в теплонасосную установку. Двухступенчатый транскритический цикл с использованием поршневого компрессора является новой перспективной технологией.

Высокая эффективность ТН на диоксиде углерода даже в холодных погодных условиях и их способность обеспечивать высокие температуры горячей воды сделало их одной из самых перспективных технологий для отопления жилых зданий. При помощи данного агрегата можно нагреть воду до 90 °С [6].

В будущем ожидается, что тепловой насос на диоксиде углерода станет достойной альтернативой традиционным источникам тепловой энергии. На это должны повлиять низкая стоимость, высокая производительность и положительное воздействие на окружающую среду.

Источники

1. Даутов Р.Р. Перспективы применения тепловых насосов // Инженерные кадры - будущее инновационной экономики России. 2020. № 5. С. 107-108.
2. Гатаулина И.М. Использование тепловых насосов в системах теплоснабжения зданий // Научному прогрессу – творчество молодых. – 2018. № 2. С. 71-74.
3. Гафуров Ш.Д. Перспективы применения углекислого газа в холодильных машинах // Молодой ученый. 2017. № 7 (141). С. 46-48.
4. Мотрев А.А., Цветков О.Б. Тепловые насосы на диоксиде углерода // Сб. научных работ молодых ученых по материалам XLV науч. и учеб.-метод. конф. университета ИТМО 02-06 февраля 2016. С. 291-294.

5. Шит М.Л., Журавлев А.А. Система теплоснабжения «ТЭЦ-тепловые насосы на диоксиде углерода» // Сб. науч. трудов по матер. XVIII Междуна. науч.-техн. онлайн-конф. «Актуальные проблемы энергетики и экологии» 29-30 сентября 2020. С. 60-64.

6. Jaedeok Ko, Nobuo Takata, Kyaw Thu, Takahiko Miyazaki Dynamic Modeling and Validation of a Carbon Dioxide Heat Pump System // Evergreen Joint Journal of Novel Carbon Resource Sciences & Green Asia Strategy, Vol. 07, Issue 02, Japan: 2020. Pp 172-194.

УДК 539.3

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВОЛН В СТЕКЛОПЛАСТИКОВОЙ ТРУБЕ

Аминт Ахлиманович Ибадов¹, Данил Евгеньевич Козин², Диана Веняминовна Сергеева¹

Науч. рук. канд. техн. наук, доцент А.Е. Кондратьев

^{1,2,3}ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан

¹amil-i@mail.ru, ²kozin5207@gmail.com, ³diana_ag@mail.ru

Аннотация. В целях осуществления задач необходимости повышения безопасности и надежности эксплуатации энергетических трубопроводов, срока их службы используются известные методы неразрушающего контроля цилиндрических объектов, основывающиеся на технических решениях [1], отраженных в патентной литературе последних лет.

Ключевые слова: модель, дефект, контроль, волны Лэмба, трубопровод.

ANALYSIS OF THE RESULTS OF AN EXPERIMENTAL STUDY OF WAVE PROPAGATION IN A FIBERGLASS PIPE

Amin A. Ibadov¹, Danil E. Kozin², Diana V. Sergeeva¹

KSPEU, Kazan, Republic of Tatarstan

¹amil-i@mail.ru, ²kozin5207@gmail.com, ³diana_ag@mail.ru

Abstract. In order to fulfill the tasks of the need to increase the safety and reliability of the operation of energy pipelines, their service life the well-known methods of non-destructive testing of cylindrical objects are used, based on technical solutions reflected in the patent literature of recent years.

Keywords: model, defect, monitoring, Lamb waves, pipeline.