



МЕЖДУНАРОДНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021»  
«ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА»

Материалы конференции

2

ISBN 978-5-6046580-4-8



9 785604 658048



## ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021 «ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция  
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»  
АО «Системный оператор Единой энергетической системы»  
Публичное акционерное общество «Федеральная сетевая компания  
Единой энергетической системы»  
Российский национальный комитет международного совета по большим  
электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ)  
Благотворительный фонд «Надежная смена»

ТИНЧУРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2021  
«ЭНЕРГЕТИКА И ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ»

Международная молодежная научная конференция  
(Казань, 28–30 апреля 2021 г.)

Материалы конференции

В трех томах

Том 2

ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

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

Казань  
2021

УДК 620.9:004  
ББК 31.3  
Т42

Рецензенты:

канд. техн. наук, зав. кафедрой «Электрические станции» ФГБОУ ВО «СамГТУ»  
доц. А.С. Ведерников;  
д-р техн. наук, проректор по НР ФГБОУ ВО «КГЭУ» И.Г. Ахметова

Редакционная коллегия:

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

Т42      **Тинчуринские чтения – 2021 «Энергетика и цифровая трансформация. В 3 т. Т. 2. Теплоэнергетика: матер. Междунар. молод. науч. конф. (Казань, 28–30 апреля 2021 г.) / под общ. ред. ректора КГЭУ Э. Ю. Абдуллазянова. – Казань: ООО ПК «Астор и Я», 2021. – 455 с.**

ISBN 978-5-6046580-4-8 (т. 2)  
ISBN 978-5-6046580-3-1

Опубликованы материалы Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения – 2020 «Энергетика и цифровая трансформация», в которых изложены результаты научно-исследовательской работы молодых ученых, аспирантов и студентов по проблемам в области теплоэнергетики по следующим научным направлениям: электроэнергетические системы и сети, надежность, диагностика; электроснабжение; промышленная электроника и светотехника, электрические и электронные аппараты; перспективные материалы и направления развития физики, химии, математики и материаловедения; электротехнические комплексы и системы; энергоэффективность и энергобезопасность производства; системная автоматика, релейная защита и противоаварийное управление в электроэнергетических системах; инженерная защита окружающей среды и безопасность труда на производстве; возобновляемые источники энергии и безопасность; контроль, автоматизация и диагностика электроустановок электрических станций и подстанций.

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

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

УДК 620.9:004  
ББК 31.3

ISBN 978-5-6046580-4-8 (т. 2)  
ISBN 978-5-6046580-3-1

© КГЭУ, 2021  
Оформление ООО ПК «Астор и Я», 2021

## Источники

1. Исследование влияния конструктивных и физических параметров на структуру движения газового потока в прямоугольном сепараторе / А.В. Дмитриев [и др.] // Вестник технологического университета. 2020. Т. 23, № 3. С. 85–88.
2. Очистка газовых выбросов котельных установок от твердых частиц / А.В. Дмитриев [и др.] // Известия вузов. Проблемы энергетики. 2020. Т. 22, № 1. С. 3–9.
3. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Мубаракшина Р.Р. Повышение эффективности аспирационных систем при обработке крахмалистого сырья // Ползуновский вестник. 2020. № 2. С. 18–22.
4. Зинуров В.Э., Галимова А.Р. Оценка экономической эффективности внедрения сепарационных устройств на предприятиях с покрасочными камерами // Вестник Самарского государственного экономического университета. 2020. № 12 (194). С. 50–59.
5. Зинуров В.Э., Дмитриев А.В., Дмитриева О.С. Улавливание мелкодисперсных капель из газового потока в сепарационном устройстве с двутавровыми элементами // Промышленная энергетика. 2020. № 12. С. 47–53.

УДК 681.11.031.1

### АНАЛИЗ ПРОЕКТА «СОЛНЕЧНОЕ ОБЩЕСТВО»

И.А. Бикташев, К.С. Моисеева  
ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань  
Vadd\_93@mail.ru  
Науч. рук. В.Э. Зинуров

В тезисе рассмотрена проблема накопления тепловой энергии. Рассмотрен реализованный проект «Солнечное общество» («Drake Landing»). Представлены бизнес-модель проекта, сегмент рынка, объем рынка, проблема, решение и основные выводы. В ходе анализа проекта было установлено, что в отопительном сезоне 2015-2016 гг. была достигнута 100 % потребность в отоплении жилых домов от солнечной энергии за счет тепловых накопителей.

**Ключевые слова:** тепловые накопители, солнечное общество, отопительный сезон, альтернативная энергетика, возобновляемая энергетика, накопители энергии.

Большинство актуальных задач использования тепловой энергии в целях повышения энергоэффективности и энергосбережения решается внедрением современных технологий, в основе которых лежат тепловые накопители энергии. В последние годы в разных уголках планеты было разработано множество проектов (кейсов) по аккумулированию тепловой энергии с целью дальнейшего ее использования.

Разработан и реализован проект «Солнечное общество» [1, 2], в основе которого лежит использование скважин в качестве хранилищ тепловой энергии, полученной от солнечных коллекторов для отопления домов в зимний сезон.

В качестве основного рыночного сегмента, на который ориентирован данный проект, выступает жилищно-коммунальное хозяйство. Объем рынка достигает 1,5 МВт тепла в солнечный летний день.

В рамках развития возобновляемых источников энергии (ВИЭ) была поставлена задача создания жилого района практически полностью обеспечивающего себя тепловой энергией. Основной целью проекта являлось сокращение выбросов парниковых газов путем отказа от сжигания углеводородных видов топлива и решение проблемы глобального потепления. В среднем, выбросы от системы отопления одного домохозяйства в окружающую среду составляют около 4–5 т парниковых газов. В 2007 г. компанией Natural Resources Canada (NRCan) был построен экспериментальный жилой район, состоящий из 52 домов (г. Окотокс, провинция Альберта, Канада), включающий все необходимое технологическое оборудование: солнечные коллекторы, пробуренные скважины и т. д. Массив, состоящий из таких солнечных коллекторов, может генерировать до 1,5 МВт тепла в течение одного дня. Стоимость ежемесячного обслуживания и поддержания подобной инфраструктуры составляет в среднем 60–70 \$.

Основная проблема – организация сезонного накопления тепловой энергии с последующим ее использованием в холодный период.

Для хранения тепловой энергии, полученной от 800 солнечных панелей, был построен энергетический центр, включающий теплообменник, краткосрочные резервуары, вспомогательные устройства, тепловой накопитель энергии, состоящий из подземного хранилища, в котором находилось 144 скважины глубиной 37 м каждая. Система располагалась под землей, общая площадь – 962 м<sup>2</sup>. Полученная тепловая энергия от солнечных коллекторов посредством теплообменников и краткосрочных резервуаров в энергетическом центре забиралась

от теплоносителя и передавалась воде, далее нагретая до 40–50 °С вода поступала в скважинные тепловые накопители. Тепло передавалось окружающей почве и горным породам. К концу лета температура земли могла достигать 80 °С. Для уменьшения тепловых потерь использовались следующие материалы: высокой плотности утеплитель R-40, водонепроницаемая мембрана, песок, глина и другие ландшафтные материалы. В холодные месяцы вода из теплового накопителя возвращалась в краткосрочные резервуары и направлялась в жилые дома. К началу отопительного сезона 2015–2016 гг. жилой комплекс был полностью обеспечен тепловой энергией от солнечной фракции за счет скважин – подземное аккумулирование тепловой энергии.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

– в отопительном сезоне 2015–2016 гг. была удовлетворена 100%-я потребность в отоплении жилых домов от солнечной энергии за счет тепловых накопителей;

– скважинные накопители тепловой энергии позволяют хранить энергию в среднем от 3 до 5 месяцев;

– для обеспечения потребностей системы отопления 52 домов потребовалось 800 солнечных коллекторов;

– средняя стоимость дома, входящего в данный проект составляет 380 000 \$, ежемесячная плата за инфраструктуру варьируется от 60 до 70 \$;

– коэффициент производительности COP системы составляет 30.

Следует отметить, что тепловые накопители могут применяться также, например, при отводе низкопотенциального тепла от оборотной воды, от горячих паров, отходящих от камер сгорания при сжигании природного газа и др. [3–5].

Исследование выполнено при поддержке гранта Президента Российской Федерации № МК-616.2020.8.

### **Источники**

1. The drake landing solar community Project – early results / B. Sibbitt [et al.] // In Power Point presentation to Canadian Solar Buildings Conference (pp. 10-14).

2. Drake landing solar community: 10 years of operation [Электронный ресурс] / L. Mesquita [et al.]. URL: <https://www.dlsc.ca/reports/swc2017-0033-Mesquita.pdf> (дата обращения: 10.02.2021).

3. Дмитриев А.В., Зинуров В.Э., Гумерова Г.Х. Оценочный расчет процесса теплообмена в камере сгорания при сжигании природного газа // Вестник технологического университета. 2018. Т. 21, № 2. С. 99–103.

4. Снижение энергетических затрат при отводе низкопотенциального тепла от оборотной воды путем использования блока оросителя с гофрированными перфорированными пластинами / В.Э. Зинуров [и др.] // Вестник технологического университета. 2019. Т. 22, № 10. С. 57–61.

5. Шинкевич Т.О., Попкова О.С., Шинкевич О.П. Компрессионные тепловые насосы в системах отопления // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2011. № 68. С. 125–136.

УДК 621.928

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ СЫПУЧЕГО МАТЕРИАЛА В КЛАССИФИКАТОРЕ С СООСНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ ТРУБАМИ**

А.Р. Галимова<sup>1</sup>, В.Э. Зинуров<sup>2</sup>, А.С. Сергеева<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань

vadd\_93@mail.ru

Науч. рук. А.В. Дмитриев

На сегодняшний день для промышленных предприятий актуальной и приоритетной задачей является повышение эффективности производственных процессов. Одним из путей является использование уловленного материала в различных технологических процессах. Улавливание механических примесей осуществляется на узлах очистки газа на компрессорных станциях. Существующие аппараты, в частности циклонные сепараторы, с данной задачей справляются с низкой эффективностью. Предложена конструкция классификатора с соосно расположенными трубами. Описан принцип его действия. Представлены результаты процесса моделирования классификации различных механических примесей в программном комплексе ANSYS Fluent. Проведенные исследования показали, что при использовании классификатора с конусообразной внутренней трубой достигается максимальная эффективность фракционирования механических примесей. Достоинствами предложенного классификатора с соосно расположенными трубами являются высокая эффективность и простота конструкции.

**Ключевые слова:** классификатор, улавливание частиц, фракционирование, сыпучий материал.

Очистка газового потока от различных механических примесей на узлах очистки газа на компрессорных станциях является важной задачей, так как предотвращает их попадание в технологические