

СБОРНИК ТЕЗИСОВ К НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ:

**«УГОЛЬНАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА В КАЗАХСТАНЕ:  
ПРОБЛЕМЫ. РЕШЕНИЯ.  
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**



NAZARBAYEV UNIVERSITY RESEARCH AND INNOVATION SYSTEM

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «САМРУК-ЭНЕРГО»

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ

**«УГОЛЬНАЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА В  
КАЗАХСТАНЕ: ПРОБЛЕМЫ, РЕШЕНИЯ  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

СБОРНИК ТЕЗИСОВ ВЫСТУПЛЕНИЙ

27-28 февраля 2020 года

Нур-Султан

Нур-Султан, 2020

УДК 662

ББК 65.304.13

М34

**Редакционная коллегия:**

К.А. Сулейменов, М.М. Нургалиева, Д. Туматай

**Научно-практическая конференция «Угольная теплоэнергетика в Казахстане: проблемы, решения и перспективы развития»:** сборник тезисов выступлений, 27-28 февраля 2020 года, Нур-Султан / Под общей ред. д.т.н. Сулейменова К.А. – NURIS, 2020.

ISBN 978-601-332-877-5

Сборник содержит тезисы выступлений участников научно-практической конференции «Угольная теплоэнергетика в Казахстане: проблемы, решения и перспективы развития», состоявшейся в NURIS, Назарбаев Университет, 27-28 февраля 2020 года. Конференция прошла в рамках совместного проекта NURIS и АО «Самрук-Энерго» по созданию котельных агрегатов для сжигания высокозольного Экибастузского угля и продуктов углеобогащения. В ходе конференции состоялся конструктивный обмен мнениями по актуальным направлениям развития теплоэнергетики в Казахстане, таким как технология сжигания углей, трансформация угля в продукты, мировые тенденции развития технологии сжигания твердых топлив и прочее.

Материалы конференции представляют интерес для инженерно-технических и научных работников угольной и энергетической отрасли, а также преподавателям и студентам университетов.

***Предисловие***

В сборнике тезисов Научно-практической конференции «Угольная энергетика в Казахстане: проблемы, решения и перспективы развития», состоявшейся в NURIS, Назарбаев Университет, 27-28 февраля 2020 года, приведены результаты НИОКР в области твердотопливной энергетики, включая исследования по сжиганию и газификации угля с использованием различных технологий их переработки.

В работах приводятся результаты анализа текущего положения в угольной электроэнергетике Казахстана, выявлены проблемы, связанные с необходимостью обеспечения эффективного использования угля на ТЭС и проблемы, связанные с ужесточающимися требованиями к ТЭС с пылеугольным сжиганием твердого топлива в плане обязательного снижения вредных выбросов в атмосферу: летучей золы, оксидов серы и азота. Показана перспективность обогащения высокозольного Экибастузского угля со сжиганием полученного концентрата на действующих ТЭС с традиционной технологией пылеугольного сжигания, а образующиеся высокозольные отходы обогащения в котлах с топками циркулирующего кипящего слоя (ЦКС). Приведены результаты сжигания таких отходов, зольностью до 79%, на стендовых установках ЦКС.

Представлены результаты пуско-наладочных работ и начальной эксплуатации энергоблока мощностью 330 МВт<sub>эл</sub> с котлом ЦКС на Новочеркасской ГРЭС в России. Рассмотрены мировые тенденции развития угольной энергетики, и, в частности, перспективы развития технологии сжигания твердых топлив в ЦКС. Приведен опыт реконструкции котлоагрегатов угольных ТЭС Украины и возможные пути использования этого опыта на электростанциях Казахстана.

Приведены результаты экспериментальных и расчетных исследований процессов пиролиза, газификации и сжигания различных твердых топлив, включая биомассу на различных экспериментальных установках, в том числе, и на установках циркулирующего кипящего слоя, а также промышленных котлах. Приведены предложения по решению некоторых общих проблем ТЭС Казахстана.

*Сулейменов Калкаман Айтбаевич,*

*доктор технических наук,*

*Председатель оргкомитета конференции*

## СОДЕРЖАНИЕ

Технология сжигания углей со сниженным воздействием на окружающую среду .....	8
Результаты исследований термоокислительного пиролиза длиннопламенного угля в циркулирующем кипящем слое .....	13
Стабилизация и микрофакельное горение за удобообтекаемыми телами камеры сгорания ГТУ.....	15
Новая камера дожигания топлива для котла-утилизатора парогазовой установки .....	20
Экологически чистые и эффективные технологии пиролиза и газификации угля, ТБО, других углеродсодержащих отходов и материалов сполучением газообразных, жидких и твёрдых продуктов переработки твёрдого топлива и перспективы применения этих технологий .....	24
Повышение энергоэффективности нагнетателей ао «алэс» ТЭЦ-2 с расчетными приложениями .....	30
Вопросы интенсификации теплообмена применительно к новым конструкциям водогрейных котлов на твердом топливе .....	35
Разработка инновационных методов термической переработки тбо в модульных мусоросжигательных установках с высокой степенью улавливания вредных выбросов .....	42
Улучшение состояния окружающей среды в городе нур-султан путем перевода на газ водогрейных котлоагрегатов на ТЭЦ-2 .....	48
Мировые тенденции развития технологии сжигания твердых топлив в ЦКС. Опыт начальной эксплуатации котла с ЦКС блока мощностью 330 мвт новочеркасской грэс .....	52
Применения технологии сжигания угля в автономной водогрейной котельнойустановке с вихревой топкой .....	57
Опыт реконструкции котлоагрегатов ТЭС и ТЭЦ в Украине и возможности его использования в условиях Республики Казахстан .....	62
Получение адсорбентов на основе углей Казахстана на опытно-полупромышленной установке .....	67
Содержание элементов-примесей в золошлаковых отходах угольных месторождений Казахстана .....	73
Синтез углеродных нановолокон из каменноугольной смолы методом электроспиннинга .....	77
Технология переработки золошлаковых отходов Казахстана .....	82
Трансформация угля в продукты с высокой добавленной стоимости .....	87
Физическое моделирование и опытные испытания подземного нагрева угольного пласта .....	90
Текущее состояние и проблемы алматинских ТЭЦ .....	95
Разработка мероприятий по безмазутной растопке котлов .....	99
Применение технологии термической обработки угля для безмазутной растопки котлов .....	103
Исследование казахстанских углей на возможность извлечения летучих горючих веществ .....	107
Анализ эффективности использования биогаза в качестве альтернативного вида топлива .....	111
Технология высокоскоростного пиролиза органического сырья в установках с твердым теплоносителем по методу галотер .....	116
Анализ использования топливных брикетов в энергетических целях .....	121
Исследование улавливание диоксида серы при сжигании высокозольного экибастузского угля в циркулирующем кипящем слое .....	127
Исследование эмиссии оксидов азота в циркулирующем кипящем слое при сжигании высокозольных экибастузских углей .....	133
Экспериментальные установки лаборатории «чистые угольные технологии» Назарбаев Университет .....	139

Затраты, в т.ч.:			95 778	28 733 504
Добыча	3 336	10	33 360	10 008 000
Переработка	3 336	7	23 352	7 005 600
Сепарация КЗО, плавка, брикет-ие	1 255	10	12 554	3 766 087
Покупка марганцевой руды, т	161	164,37	26 513	7 953 817
Амортизация			22 616	6 784 667
Выручка, в т.ч.:			502 488	150 746 417
Масло, т	240	455	109 166	32 749 809
Электричество, kW-h	2 542 459	0,025	63 561	19 068 441
Ферросплав, т	215	1 048	225 097	67 529 205
Кокс, т	1 047	100	104 663	31 398 962
Прибыль			406 710	122 012 913
Прибыль к налогообложению			384 094	115 228 246
Прибыль после налогообложения			307 275	92 182 597
Поток наличности			329 891	98 967 263
Окупаемость, дней			375	
Окупаемость, лет			1,25	1,25
Рентабельность инвестиций, %/год	80%			
Доход с 1 т угля, долл/т		115		

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Наличие отработанной и эффективной технологии переработки позволяет вовлекать низкосортные ископаемые природных и техногенных месторождений в торговый баланс промышленности с высоким социально-экономическим эффектом.

1 Патент RU 2 320 699 C1 Способ и установка термической переработки высококалорийных и низкокалорийных твердых топлив // Опубликовано 27.03.2008 Бюл. № 9.

2 Патент RU 2 334 777 C1 Способ и установка для термической переработки мелкозернистого топлива // Опубликовано 27.09.2008 Бюл. № 27.

3 Патент RU 2 340 650 C1 Способ и установка для термической переработки высококалорийного твердого топлива // Опубликовано 10.12.2008 Бюл. № 34.

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТОПЛИВНЫХ БРИКЕТОВ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ

**Авторы:** Карманов А.Е., Приходько Е.В., Талипов О.М.

**Организации:** Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г.

Павлодар, Казахстан

Поиск альтернативных источников энергии стал одной из главных проблем экономически развитых государств. Используя отходы, можно значительно экономить энергетические и сырьевые ресурсы, снижать загрязнение окружающей среды, а также создать большое количество дополнительных рабочих мест.

Задача производства эффективного и экологичного топлива из возобновляемых и неиспользуемых отходов является достаточно актуальной, решая проблемы утилизации практически бесполезных, а зачастую и вредных отходов. Кроме того, потребители получают дополнительный источник эффективного топлива, в том числе и для энергетических целей.

В настоящее время производство электроэнергии основано на использовании невозобновляемых источников энергии - преимущественно углеводородов, таких как газ, нефтепродукты, уголь. На невозобновляемые источники энергии суммарно приходится примерно 92 % мирового топливно-энергетического баланса, на возобновляемые – около 3,4 % [1].

В то же время в последней четверти XX века в мире произошла активизация строительства установок по получению энергии из бытовых и промышленных отходов. По данным аналитиков к 2015 году потребление биотоплива для выработки энергии выросло в Европе с 3 до 12 миллионов тонн, а в 2020-м уже будет составлять 21 миллион тонн.

После первой Всемирной Конференции биотопливных ресурсов, проведенной в сентябре 2000 года в Стокгольме, где рассматривались разнообразные вопросы применения топливных брикетов, отрасль альтернативного топлива получила толчок к развитию в мировом масштабе. Существуют различные способы переработки возобновляемых и неиспользуемых отходов. Наиболее эффективным из них является брикетирование. Сейчас топливные брикеты являются популярным топливом благодаря своей экономичности. Они уже получили широкое распространение по всему миру.

Использование топливных брикетов как альтернативного, экологически чистого и эффективного вида топлива весьма перспективно.

За рубежом наиболее серьезными странами-производителями (а также и потребителями) брикетов являются [2]:

- Европа – 3,0 млн. тонн в год;
- США около 2000 тыс. тонн в год;
- Германия около 100 тыс. тонн в год;
- Швеция около 650 тыс. тонн в год;
- Австрия около 110 тыс. тонн в год;
- Канада около 110 тыс. тонн в год;
- Финляндия около 100 тыс. тонн в год;
- Англия около 10 тыс. тонн в год;
- Япония около 3 тыс. тонн в год;
- Дания около 500 тыс. тонн в год.

По исследованиям маркетологов в ближайшее время ожидается увеличение спроса в мире на этот вид продукции, в том числе и в Казахстане. В нашей стране этот рынок еще не сформирован и требует продвижения. Потребители оплачивают топливные гранулы не только по стоимости за массу продукции, а и по количеству выделенной тепловой энергии.

На сегодняшний день казахстанских стандартов на брикеты не существует. Производители ориентируются на западные стандарты. В Европе также не существует единого европейского стандарта, и в разных странах они значительно отличаются друг от друга.

Процесс брикетирования позволяет значительно увеличить объемную калорийность исходного сырья. Концентрация в минимальном объеме полезных горючих свойств биомассы является главной целью брикетирования.

В результате получают плотное экологически чистое топливо, превосходящее по калорийности обычные дрова. Большим достоинством брикетов является постоянство температуры при сгорании на протяжении 4 часов. Брикеты горят с минимальным количеством дыма, не стреляют, не искрят. При этом обеспечивают постоянную температуру на всем протяжении горения.

Топливные брикеты – спрессованные изделия цилиндрической, прямоугольной или любой другой формы из остатков (отходов) биомассы, образующихся в процессе основного производства. Их длина (обычно 100-300 мм) не должна превышать в пять раз их диаметр, который является большим, чем 25 мм. Как правило, он составляет 60-75 мм.

Таким образом, отходы деревопереработки, химических производств, переработки сельскохозяйственной продукции, торфоразработок, полиграфической, пищевой и

текстильной промышленностей – все они могут быть превращены в высококачественное топливное сырье. Брикеты производят исключительно из натурального сырья, без использования каких-либо добавок и связующих компонентов.

Рассмотрим в качестве сырья для брикетирования животноводческие и птицеводческие предприятия использующие «подстилку» для животных и птиц (чаще всего – опилки, перемешанные с пометом). Расход различных видов подстилки составляет от 8 до 20 кг на одну голову птицы в год.

Утилизация подстилки доставляет птицеводческим хозяйствам немало хлопот. Для его хранения и переработки нужны большие земельные участки.

Также можно использовать опавшие листья вперемешку с отсевом угля, которого не возможно без брикетирования сжечь в колосниковых решетках.

При брикетировании вместо связующего материала будет служить лигнин, который содержится в опавших листьях, это позволяет удешевить брикеты из угля.

Применение топливных брикетов с каждым годом находит всё новые и новые сферы применения.

Топливные брикеты и гранулы предназначены для сжигания в заводских котельных и ТЭЦ, в печах, ж/д транспорте, каминах, теплицах, на любых промпредприятиях, где имеются установки, работающие на твердом топливе. Древесные брикеты и гранулы также используются в качестве технологического сырья на гидролизных и биохимических предприятиях, для производства таннидов на дубильно-экстракционных заводах.

На сегодняшний день брикеты используются во многих видах топок. Еще довольно часто этот вид топлива использует в котлах центрального отопления. Особо топливные брикеты ценятся за то, что поддерживают постоянную температуру при сгорании – это обуславливает их форма рисунок 1.



Рисунок 1 – Горение брикетов в топке водогрейного котла

Достоинствами топливных брикетов являются:

- высокая продолжительность горения – по сравнению с обычными дровами, закладку в топку можно производить реже в три раза. Брикет горит с минимальным количеством дыма, не стреляют, не искрят. Преимуществом брикетов является постоянство температуры на протяжении всего периода сгорания (от 30 мин до 4 часов). Всего один брикет может гореть в течение четырёх часов - вряд ли такого результата можно добиться от обычных дров или угля. Дополнительный плюс брикетов заключается в том, что они горят практически без дыма и копоти. Продукты сгорания (зола) могут также использоваться в качестве экологически чистого удобрения;

- высокая теплотворность – теплотворность топливных брикетов больше, чем у обычных дров, и практически равна теплотворности каменного угля. При сжигании 1000 кг топливных брикетов из растительных отходов выделяется столько же тепловой энергии, как при сжигании: 1600 кг древесины, 478 м<sup>3</sup> газа, 500 л дизельного топлива, 1000 кг угля, 685 л мазута, 1200 кг торфа.

Положительным аспектом при использовании брикетов в виде топлива является их минимальное влияние на окружающую среду при сгорании, по сравнению с классическим твердым топливом при одинаковой теплотворной способности.

Потенциальные потребители на внутреннем рынке пеллет показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Потенциальные потребители на рынке топливных брикетов

Потребительский сегмент	Перспективы развития
Частный сектор рядом с крупными городами или городами с большим уровнем доходов	Пиролизные котлы для сжигания брикетов, устанавливаемые в частных коттеджах, доступны по цене гражданам с доходом выше среднего – их стоимость оценивается в несколько тысяч евро.
Отдельно стоящие здания площадью до нескольких тысяч квадратных метров	Использование котлов для сжигания топливных брикетов экономически оправдано за счёт снижения эксплуатационных затрат. Данный котёл не требует постоянного обслуживания, работает в автоматическом режиме, и нуждается в периодическом подвозе брикетов и чистке от золы, что может выполняться раз в 2-3 недели.
Коттеджные посёлки с центральным отоплением	Строительство отопительной котельной позволяет снизить стоимость вложений в отопительную инфраструктуру и увеличить доходность бизнеса за счёт продажи тепловой энергии и ГВС жителям посёлка - при

	условии, что котельная находится в собственности инвестора. То же самое можно отнести и к многоквартирным и многоэтажным домам.
Замещение котельных, использующих наиболее дорогие традиционные топлива котельными, использующих брикеты	Многие котельные и ТЭЦ требуют срочной реконструкции по причине износа и морального устаревания оборудования. По каждому такому объекту необходимо проводить детальный анализ для определения, какой вид топлива следует использовать на нем в будущем.
Государственные программы, позволяющие финансировать, строить, эксплуатировать и развивать котельные на брикетах.	Биотопливо уже вызывает практический интерес. Особенно актуально его использование в районах, где отсутствует центральное отопление.

Проведём анализ эффективности использования топливных брикетов из возобновляемой органической массы в котлах малой и средней мощности. Применение брикетов возможно по двум направлениям:

- во-первых, это «классическое» сжигание брикетов на колосниковой решётке. Это наиболее простой, но наименее эффективный из рассматриваемых способов. Достоинством является надёжность, отсутствие сложных механизмов и высокой квалификации эксплуатирующего персонала. Стоит также упомянуть о низкой зольности топливных брикетов, которая составляет до 5 %, что облегчает обслуживание водогрейных котлов. При использовании современных водогрейных котлов можно получить высокий КПД (около 70 %) и низкое содержание вредных веществ в уходящих газах. Всё это, и дополнительно отсутствие проблем с утилизацией золы (зола многих брикетов может быть использована в качестве удобрения) создаёт предпосылки для широкого использования топливных брикетов из возобновляемой органической массы при условии стоимости брикетов не выше стоимости угля.

- во-вторых, использование брикетов в котлах пиролиза. Данные агрегаты имеют более высокий КПД (по сравнению со слоевым сжиганием) за счёт меньших потерь теплоты с недожогом. Конечно, в обслуживании они сложнее, но увеличение их числа в последнее время говорит об их преимуществах.

Большинство электростанций и котельных на территории Казахстана работают на каменном угле. Исключение составляют хорошо газифицированные южные и некоторые

другие районы страны. О переводе на мазут речи быть не может. Понятно, что собственники стремятся избежать расходов и, что немаловажно, зависимости, от поставщиков энергоресурсов, монополю диктующих им цены.

Сегодня, при сравнимой калорийности, произведенные на месте топливные брикеты, обходятся дешевле, чем каменный уголь. В результате, помимо экологических преимуществ, прослеживаются четкие экономические предпосылки для использования брикетов вместо каменного угля на котлах средней и малой мощности.

Согласно проведенным нами исследованиям, теплота сгорания брикетов из органических отходов соизмерима с теплотой сгорания ряда углей. Например, брикеты из опавших листьев имеют теплоту сгорания равную теплоте сгорания Экибастузского угля.

Использование топливных брикетов как альтернативного, экологически чистого и эффективного вида топлива, весьма перспективно.

#### Литература

1. Трубников, И. А. Техничко-экономическая целесообразность производства и использования топливных брикетов, гранул и пеллет // Молодёжь и наука: Сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных [Электронный ресурс]. – Красноярск: Сибирский федеральный ун-т, 2011.
2. <https://brikhetir.blogspot.com/> [Электронный ресурс] 18.02.2020

## ИССЛЕДОВАНИЕ УЛАВЛИВАНИЕ ДИОКСИДА СЕРЫ ПРИ СЖИГАНИИ ВЫСОКОЗОЛЬНОГО ЭКИБАСТУЗСКОГО УГЛЯ В ЦИРКУЛИРУЮЩЕМ КИПЯЩЕМ СЛОЕ

**Авторы:** Сулейменов К.А., Амренов А.Б.

**Организация:** Частное учреждение «Nazarbayev University Research and Innovation System», г. Нур-Султан, Казахстан

Угольные тепловые электростанции производят более 80% всей электроэнергии, вырабатываемые всеми электростанциями Казахстана, и являются основой электроэнергетики страны. Основным топливом казахстанских угольных ТЭС являются высокочольные Экибастузские угли, доля использования которых на угольных ТЭС составляет около 90%. Энергетический Экибастузский каменный уголь относится к низкосортному углю.

Все угольные электростанции Казахстана оснащены котлами с традиционным пылеугольным (факельным) сжиганием угля. В целом можно отметить, что данная технология отвечает одному из важнейших требований, предъявляемые к топочной технике, а именно высокой эффективности сжигания твердого топлива. Но в условиях повышения требований, связанных с обеспечением защиты окружающей среды, и в частности атмосферы от вредных газовых выбросов диоксида серы ( $SO_2$ ) и оксидов азота ( $NO_x$ ), возникают проблемы и сложности по достижению требуемых экологических параметров в традиционной пылеугольной технологии. Если, по оксидам азота вопросы снижения эмиссии  $NO_x$  можно частично обеспечить за счет режимных мероприятий, изменения аэродинамики пылеугольных горелок и факела, то снижение эмиссии диоксида серы -  $SO_2$  за счет таких мероприятий невозможно, т.к. при температурах достигаемых при горении угля в топке котла 1200-1500°C (в зависимости от типа угля) практически 100% содержащейся в угле серы, переходит в  $SO_2$ .

Анализ существующих технологий сжигания показывает, что одним из перспективных направлений в решении проблемы сжигания низкосортных углей (многозольных, высоковлажных, высоксернистых, с неблагоприятной минеральной частью), включая вопросы решения экологических проблем, связанных со сжиганием органического твердого топлива, является сжигание таких углей в топках с циркулирующим кипящим слоем (ЦКС).

В данном сообщении представлены некоторые результаты исследований по связыванию диоксида серы активными сорбентами золы угля и подаваемым в топку