

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университетінің
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

ПМУ ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК ПГУ

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

№ 1 (2018)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова

Энергетическая серия

выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации
№ 14310-Ж

выдано

Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики, электротехнологии,
автоматизации, автоматизированных и информационных систем,
электромеханики и теплоэнергетики

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Леньков Ю. А., *к.т.н., доцент*

Ответственный секретарь

Акаев А. М.

Редакция алкасы – Редакционная коллегия

Алиферов А. И., *д.т.н., профессор (Россия)*

Боровиков Ю. С., *к.т.н., профессор (Россия)*

Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*

Горюнов В. Н., *д.т.н., профессор (Россия)*

Говорун В. Ф., *д.т.н., профессор*

Захаров И. В., *д.т.н., профессор*

Квещель М. Я., *д.т.н., профессор*

Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*

Гастенов А. Д., *к.т.н., доцент*

Хацевский В. Ф., *д.т.н., профессор*

Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна

© ПГУ имени С. Торайгырова

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Азаматова Д. А., Тулебаева Ж. А.</i> Анализ возможности резерва экономии в теплотехническом хозяйстве ТЭС и промышленных предприятий	12
<i>Байниязов Б. А., Ауельбек М. А., Ансабекова Г. Н., Темірханов М. С., Құсайын Б. С.</i> Определение максимальных потерь электроэнергии в распределительных сетях	19
<i>Байниязов Б. А., Ниязбаева Х. К., Динаев М., Утешбаева А. К., Кашаева М. Е., Карсыбай Г. Б.</i> Исследование опасных сечений и обзор методов их обследования	30
<i>Байниязов Б., Туркебаева З., Садуов С. С., Кәдіржан Ә. Н., Муханбедина А. Н.</i> Влияние температуры окружающего воздуха на погрешности измерительных трансформаторов	38
<i>Байниязов Б. А., Досанкулов Ж., Ансабекова Г. Н., Амренов М. А., Жораяев Ж. М.</i> Система оперативного обслуживания электрических сетей и качество электроэнергии	46
<i>Бекшенов Ж. Н., Айткалиева Г. С., Амитова А. А.</i> Эффективность применения полимерно-битумных вяжущих на основе продуктов химической промышленности	54
<i>Бисакаев С. Г., Джумагулова Н. Г., Меденова М. К.</i> Создание безопасных условий труда – ключ к реализации прав женщин на труд	61
<i>Генбач А. А., Бондарцев Д. Ю.</i> Исследование кризиса теплообмена в капиллярно-пористой системе охлаждения элементов теплотехнических установок	69
<i>Гурушкин А. В., Сивякова Г. А.</i> Анализ накопителей энергии для ветроэлектростанций	76
<i>Гурушкин А. В., Сивякова Г. А.</i> Применение инерционных накопителей в ветрогенерирующих системах малой мощности	85
<i>Жапаргазина К. Х., Жаукенова Б. Б.</i> Анализ точности методов определения общей серы в нефтяном коксе	93
<i>Жапаргазина К. Х., Калиев Т. А.</i> Исследование процесса рекуперации тепловой энергии в условиях Комплекса глубокой переработки нефти ТОО «ПНХЗ»	100
<i>Ибатов М. К., Кадыров А. С., Балабаев О. Т., Аскарров Б. Ш.</i> Совершенствование устройства для изоляции отработавших газов тепловозного двигателя	111

<i>Исенов С. С., Мендыбаев С. А., Рахымов А. Ә.</i> Способы регулирования тока нагрузки вентильного преобразователя	120
<i>Исенов С. С., Алимханов Н. Н.</i> Разработка рекомендаций по энергосбережению тепловой энергии в библиотеке главного корпуса производственного предприятия	126
<i>Исенов С. С., Телеу А. Н.</i> Разработка рекомендаций по энергосбережению и повышению энергетической эффективности в производственном помещении предприятия	134
<i>Исенова Г. Ж., Несмеянова Р. М.</i> О лабораторном методе определения активности катализаторов каталитического крекинга	143
<i>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П.</i> Большие токовые выпрямители с силовыми полупроводниками	149
<i>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Марковская В.</i> Модернизация тяговых подстанций постоянного тока для электроснабжения сети электротранспорта города	159
<i>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Марковская А. В.</i> Автоматизация тяговых подстанций городского электротранспорта	173
<i>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кулумбенов С. Ж., Файзулла Д. Ф., Марковская А. А.</i> Эффективность комплексных энергосистем с применением возобновляемых источников	187
<i>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кислов А. П.</i> Сравнение между IGBT-транзисторными и тиристорными выпрямителями	200
<i>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Макенов Е. Р.</i> Исследование эффективности работы системы автоматической подачи глинозема на электролизерах казахстанского электролизного завода	211
<i>Кайдар А. Б., Кайдар М. Б., Шапкенов Б. К., Марковский В. П., Кулумбенов С. Ж., Файзулла Д. Ф., Марковская А. А.</i> Практическое применение ветроэлектрических установок	220
<i>Куничанская Т., Масакбаева С.</i> Влияние характеристик сырья на качество прокаленного кокса	232
<i>Мануковский А. В., Кайдар А. Б.</i> Автомат управления освещением	242
<i>Молдашова Г. А., Крекешева Т. И.</i> Состояние условий труда на предприятии золоторудной отрасли	253

<i>Мужкенов И. М., Кинжибекова А. К.</i> Анализ возможности сжигания смеси экибастузского и шубаркольского углей на котлах ЭС АО «ЕЭК»	260
<i>Муханов Б. К., Оракбаев Е. Ж., Омирбекова Ж. Ж., Сарбасова Р. Б., Адилова Ш. К.</i> Исследование и построение гидродинамических моделей скважин подземного выщелачивания	268
<i>Султангузин И. А., Абильдинова С. К., Мусабеков Р. А., Расмухаметова А. С.</i> Анализ эффективности использования хладагентов нового поколения в работе высокотемпературных тепловых насосов	279
<i>Тулебаева Ж. А., Азаматова Д. А.</i> Применение частотно-регулируемого привода для управления насосными агрегатами	290
<i>Уразалимова Д. С., Безежан Г. Н., Оразова Г. О.</i> Оценка эффективности вертикально-осевого и горизонтального оборудования	297
<i>Уразалимова Д. С., Дробинский А. В., Оразова Г. О.</i> Технологии беспроводной передачи энергии	306
<i>Чичерин С. В.</i> Перспективы применения трубопроводов с ППУ теплоизоляцией в странах СНГ	312
<i>Шулеева Ш. М.</i> Адсорбционная технология осушения воздуха как один из путей модернизации системы кондиционирования крытого хоккейного корта ледового дворца «АСТАНА»	320
Правила для авторов	328

И. М. Мужкенов¹, А. К. Кинжибекова²

¹магистрант, Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан;

²и.о. асоц. профессор, Кафедра «Теплоэнергетика», Энергетический факультет, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар, 140008, Республика Казахстан

e-mail: ¹muzhkenov@mail.ru

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СЖИГАНИЯ СМЕСИ ЭКИБАСТУЗСКОГО И ШУБАРКОЛЬСКОГО УГЛЕЙ НА КОТЛАХ ЭС АО «ЕЭК»

На ЭС АО «ЕЭК» в качестве сжигаемого топлива в котлах используется уголь Восточного разреза зольностью 46 % при соединении трех пластов (1 пласт – 36–39 %, 2 пласт – 41–43 %, 3 пласт – 46–50 %).

Актуальность исследования заключается в том, что при возможном сжигании этой смеси (третий пласт Экибастузского угля и отходы (некондиция) Шубаркольского угля с зольностью 25 %), утилизируются отходы Шубаркольского угля и сохраняется первый пласт Экибастузского угля. Так как первый пласт ограничен в объеме, то в дальнейшем для вскрытия и добычи потребуются немалые затраты и ресурсы, что приведет к повышению его себестоимости. Сохраненный пласт можно реализовать внешним потребителям по более высокой цене.

Процент зольности смеси Экибастузского и Шубаркольского угля составит 40–42 %, что сыграет немаловажную роль по снижению количества вредных выбросов в атмосферу.

Ключевые слова: Каменные угли Экибастузского и Шубаркольского месторождения, сжигание смеси углей, утилизация.

ВВЕДЕНИЕ

Защита окружающей среды от вредных выбросов в последнее время стала одной из острейших проблем современности. Загрязнение земной атмосферы уже сейчас угрожает существованию растительной и животной жизни.

Интенсивное развитие промышленного производства требует использования все большего количества природных ресурсов, их переработки с выделением вредных выбросов, которые не успевают нейтрализоваться или вообще не способны к этому в окружающей природной среде. В атмосферу выбрасываются огромные массы пыли, кислых газов.

В результате загрязнения атмосферы в ряде городов образуется смог, создаются трудные условия для жизни людей. Состояние атмосферы значительно ухудшается под действием поступающих в нее радиоактивных, акустических излучений. Из-за загрязнения атмосферы у многих людей начинаются обострения многих заболеваний, которые в дальнейшем переходят в хронические. Основным заболеванием нашего города является аллергия, бронхит, пневмония, рак. Из этих данных следует, что наша экология не благоприятно сказывается на состоянии здоровья людей.

С этой целью во всех промышленно развитых странах мира ведутся работы по созданию малоотходных и безотходных технологий, замкнутых в технологические циклы, где исключается образование побочных продуктов.

АО «Евразийская энергетическая корпорация» – крупнейший поставщик электроэнергии в Казахстане. Является опорным узлом в энергосистеме республики, связывающим энергосистемы Западной Сибири, Алтая и Северо-Восточного Казахстана. На долю предприятия приходится более 17 % всей вырабатываемой электроэнергии и около 20 % добываемого угля. Численность работников ЕЭК составляет около 6000 человек.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Вопросы состава минеральной части энергетических топлив, её преобразования при сжигании в топках и шлакования котлов исследуются более столетия. За это время накоплено значительное количество знаний и опыта создания, успешно работающего в этом аспекте оборудования [1].

Основным энергетическим топливом для большинства электростанций Казахстана являются каменные угли Экибастузского (разрез «Богатырь», «Восточный» и «Северный»), Борлинского и Карагандинского месторождений. Бурые угли (Шубаркольского, Майкубенского и Каражирского месторождений) используются в основном на небольших электростанциях и котельных.

В связи с тем, что одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха вредными газовыми и пылевыми выбросами являются электростанции, работающие на твердом топливе, становится актуальной разработка технологий сжигания с минимальными выбросами NOX, SOX и золовых частиц.

Каменные угли Казахстана являются хорошим малосернистым энергетическим топливом и при рациональной организации топочного процесса вред наносимый окружающей среде может быть сведен к минимуму.

Рациональная организация топочного процесса состоит из:

1 Обеспечения устойчивого горения и исключения подсветки факела мазутом в регулировочном диапазоне нагрузок.

2 Снижения содержания горючих в уносе до 1–2%.

3. Двухступенчатое сжигание топлива с подачей третичного дутья ниже основных горелок или «нестехнометрическое» сжигание по ярусам (если число ярусов в топке два и более) с целью снижения выбросов NOX до 400–500 мг/нм³ [2].

Технология сжигания с минимальным вредным воздействием на окружающую среду предполагает реконструкцию схемы сжигания и горелочных устройств.

Схема сжигания должна обеспечить повышенную полноту выгорания топлива, исключение подсветки факела и выброса CO, а также снижение выброса NOX до 400–500 мг/нм³. При этом должны обеспечиваться условия для снижения примерно на 20 % выброса SOX [3].

Горелочные устройства должны обеспечивать устойчивое (стабильное) воспламенение и горение угольной пыли в диапазоне нагрузок 0,5÷1,0 от номинальной.

Горелочные устройства и схемы сжигания такого типа разработаны и прошли более чем десятилетнюю апробацию на всех 14 корпусах котлов ПК-39-II к блокам 300 МВт ТЭС АО «ЕЭК» (бывшей Ермаковской ГРЭС).

Уровень выхода NOX на котлах ПК-39-II был снижен с 1000 мг/нм³ до 600 мг/нм³. При этом исключена подсветка факела.

На котлах ПК-39-II сейчас отработывается схема сжигания с подачей третичного дутья ниже основных горелок. Ожидается, что уровень выхода NOX будет снижен до 400–500 мг/нм³.

Как уже отмечалось основным энергетическим топливом Казахстана являются каменные угли Экибастузского, Шубаркольского и Карагандинского месторождений. При этом основная установленная мощность на Экибастузском угле составляет примерно 1000 МВт, на Шубаркольском угле – 905 МВт и карагандинском угле – 765 МВт. Таким образом, основным энергетическим топливом в Казахстане является каменный уголь Экибастузского месторождения.

Основные характеристики Экибастузского каменного угля следующие [4]:

- Влага общая – W P = 4–9%
- Зольность – A P = 35–53%
- Сера общая – S P = 0,4–0,7%

- Азот – $N P = 0,5-0,9\%$
- Низшая теплота сгорания – $Q P H = 2700-4250$ ккал/кг
- Выход летучих – $V Л = 24-28\%$

Тепловая мощность электростанций, работающих на Экибастузском угле составляет ориентировочно 26000 Гкал/ч. Объем дымовых газов выбрасываемых в атмосферу при $\alpha = 1,4$ и 300 рабочих днях составит примерно 355×10^9 м³/год.

Следует отметить, что технология сжигания, способствующая снижению вредных выбросов в атмосферу, является самым дешевым и безопасным методом из всех известных методов их снижения [5].

Котельные агрегаты, запроектированные на сжигание определенного угля, при переходе на сжигание углей с новыми физико-химическими характеристиками могут иметь ограничения по выходным параметрам перегретого пара, по скоростным характеристикам дымовых газов по тракту котла, по условиям шлакования топочной камеры и конвективных поверхностей нагрева.

Как известно, зольность Экибастузского угля увеличивается с каждым годом. Зольность увеличивается в основном при повышении в балансе доли угля высокозольного пласта. В будущем ожидается дальнейшее ухудшение качества Экибастузского угля за счет роста зольности, так как доля высокозольного пласта только увеличивается.

Чтобы надежно сжигать угли указанного качества, требуется своевременная реконструкция отдельных узлов оборудования, высокая организация всего энергетического производства и особенно таких звеньев, как эксплуатация и ремонт. В противном случае будет иметь место дальнейшее снижение надежности оборудования ТЭС и, соответственно, энергоснабжения потребителей.

Увеличение средней зольности угля надпроектной на 1–3 % не так уж опасно, однако при этом возрастают колебания зольности угля в маршрутах в отдельных вагонах, достигая временами в маршрутах до 48 %, а в отдельных вагонах до 70 % и более, что значительно усложняет его сжигание и, соответственно, эксплуатацию котлов. Известно, что зола Экибастузского угля, состоящая до 95 % из оксидов кремния и алюминия, тугоплавка, обладает слабыми шлакующими свойствами и после термической обработки в топке, высокой абразивностью.

Наличие в дымовых газах котлов большого количества высокоабразивной золы приводит к интенсивному золовому износу конвективных поверхностей нагрева. Вопросам золового износа конвективных поверхностей нагрева при сжигании высокозольных углей уделяется большое внимание, но пока что нет надежных и простых решений, позволяющих снизить износ, в том числе

и локальный, в 2–3 раза продлить срок службы поверхностей да расчетных значений.

Следует отметить, что повышенный локальный золовой износ конвективных поверхностей нагрева обусловлен, в основном, неравномерными полями скоростей газов и концентрацией золы по сечению газоходов и в пучках, а в отдельных случаях, при низком уровне эксплуатации и ремонтов оборудования – рихтовкой труб поверхностей нагрева, отсутствием местных защит, присосами холодного воздуха в газоходы и другими эксплуатационными и ремонтными условиями.

Иногда наиболее целесообразно применять косвенные методы определения мест максимального золового износа, например, установкой по сечению газоходов специальных образцов с последующим определением скоростей газов и концентраций золы в наиболее изнашиваемых местах. В эксплуатации более достоверным способом снижения абразивного износа является полный и тщательный сбор и анализ статистических данных по повреждаемости поверхностей нагрева.

Из-за периодического увеличения зольности топлива до 41–43 % на сухую массу, несвоевременного ремонта котлов в связи с напряженным графиком нагрузок возросли присосы и, соответственно, скорости в газоходах до 8–9 м/с против расчетных 5,9–6,5 м/с.

Поэтому чрезмерно увеличился износ поверхностей нагрева и, особенно, водяных экономайзеров 1 и 2 ступеней.

Следует отметить, что технология сжигания, способствующая снижению вредных выбросов в атмосферу, является самым дешевым и безопасным методом из всех известных методов их снижения.

В данной работе проведено исследование возможности сжигания смеси Экибастузского и Шубаркольского угля на установленном оборудовании ТЭС «ЕЭК» в соотношениях 80/20, 70/30, 60/40, 50/50.

При решении данного вопроса были поставлены следующие задачи:

- провести анализ физико-химического состава углей и их шлакующих свойств;
- провести анализ результатов сжигания углей месторождений Казахстана, сравнение их теплотворной способности;
- исследовать результаты опытного сжигания угля на огневом стенде и котле ПК-39-II М для разработки рекомендаций по реконструкции оборудования с повышением его экономичности;
- определить экономическую эффективность использования смеси Экибастузского и Шубаркольского угля;

В ходе исследования проанализированы результаты сжигания углей месторождений Казахстана, проведено сравнение их теплотворной

способности. Дана обзорная информация по известным процессам с участием минеральных компонентов в газовом тракте котельной установки, уделено внимание сведениям по топливам с низкой степенью углефикации, т.е. подобным Экибастузскому угля.

Проведен расчет смеси углей Экибастузского и Шубаркульского месторождений, тепловой расчет котла ПК-39-П М при сжигании смеси углей (в соотношениях 80/20, 70/30, 60/40, 50/50), аэродинамический расчет котла, расчет тяги и дутья. Проведён анализ работы котлов большой мощности ТЭС при сжигании смеси углей, в который включены анализ шлакующих свойств смеси углей и влияние температуры уходящих газов на хвостовые поверхности нагрева котла ПК-39-ПМ, влияние зольности Экибастузского угля на низкотемпературную коррозию. Представлен метод сжигания смеси углей, для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, представлен анализ исследования процесса работы поверхностей нагрева котла при сжигании смеси углей.

Представлен проект реконструкции котельной установки для сжигания смеси углей. Для этого было исследовано состояние склада топлива ТЭС и способ совместного хранения и складирования смеси Экибастузского и Шубаркульского углей.

Рассмотрена система топливоподготовки для сжигания смеси углей и проанализированы методы организации топочного процесса для сжигания смеси углей с повышенной эффективностью работы котла.

Предложены технико-экономическое моделирование необходимости замены Экибастузского угля на Аксуской ГРЭС, даны рекомендации по наиболее технически целесообразной технологии для сжигания смеси Экибастузского и Шубаркульского углей.

ВЫВОДЫ

Совместное сжигание биомассы с углем на существующих угольных электростанциях широко применяется в Европе и мире и является наименее капиталоемким способом использования биомассы для производства электрической энергии. При этом существенно улучшаются экологические показатели электростанций.

Существующего опыта экспериментального сжигания Шубаркульского угля на ряде ТЭЦ Казахстана, недостаточно для однозначного положительного ответа на вопрос о сжигании смеси Экибастузского и Шубаркульского угля на ЭС АО «ЕЭК». Однако, исходя из проведенных расчетов определенно, что Шубаркульский уголь является хорошим энергетическим топливом для сжигания смеси с Экибастузским углем в соотношениях 80/20 и 70/30.

При реализации сжигания смеси Экибастузского и Шубаркульского углей на ТЭС, спроектированной для сжигания низкосортного Экибастузского угля, потребуется осуществление ряда реконструкций систем приемки, хранения и подачи угля в котельный цех, а также реконструкции системы пылеприготовления и изменения ее технологии.

Реализация данного предложения потребует значительных финансовых средств для проведения реконструкционных работ на действующей станции, которые окупятся в ближайшие 8–10 лет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Агроскин, А. А. Тепловые и электрические свойства углей. – М. : Metallurgizdat, 1959.

2 Алехнович, А. Н., Артемьева, Н. В., Богомолов, В. В. Шлакующие свойства углей и их учет при анализе возможности использования непроектного топлива / Электрические станции. – 2006.

3 Алехнович, А. Н. Влияние минеральной части на показатели и характеристики энергетических углей / Энергетик. – 2008.

4 Адмакин, Л. А. Две важнейшие зависимости концентраций микроэлементов в ископаемых углях / Кокс и химия. – 2015. – № 3. – Библиогр.: 29 назв.

5 Белоконов, М. А., Агапитов, Е. Б. Пути повышения эффективности сжигания углей ухудшенного качества в энергетических котлах // Проблемы теплоэнергетики: материалы всерос. науч.-техн. конф. студ., асп. и мол. ученых, Челябинск, 3–5 мая 2006 г. – Челябинск : ЮУрГУ, 2006.

Материал поступил в редакцию 16.02.18.

И. М. Мужкенов¹, А. К. Кинжибекова²

Екібастұз және Шұбаркөл көмірлерінің қоспасын «ЕЭК» АҚ электр станцияларындағы қазандықтарда жағу мүмкіндігін талдау

^{1,2}Энергетика факультеті,

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,
Павлодар қ., 140008, Қазақстан Республикасы.

Материал 16.02.18 баспаға түсті.

I. M. Muzhkenov¹, A. K. Kinzhibekova²

Analysis of the possibility of burning a mixture of Ekibastuz and Shubarkol coals at the boilers of the electric power station of JSC «EEC»

^{1,2}Power Engineering Faculty,
S. Toraighyrov Pavlodar State University,
Pavlodar, 140008, Republic of Kazakhstan.
Material received on 16.02.18.

Бұл мақалада автор «ЕЭК» АҚ электр станцияларындағы қазандықтарға Екібастұз мен Шұбаркөл көмірлерін жағу мүмкіндігін талдайды.

In this article, the author analyzes the possibility of burning Ekibastuz and Shubarkol coals on the boilers of the electric power station of JSC «EEC».