

# ТЕХНОЛОГИИ БЕЗМАЗУТНОЙ РАСТОПКИ КОТЛОВ И СТАБИЛИЗАЦИИ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ФАКЕЛА НА ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ

Б.К. Алияров<sup>1</sup>, М.Б. Алиярова<sup>1</sup>, У. Жалмагамбетова<sup>2</sup>, А.К. Мергалимова<sup>3</sup>, В.Е. Мессерле<sup>4</sup>, А.Б. Устименко<sup>5\*</sup>

<sup>1</sup>Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Павлодарский технический университет, Павлодар, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, Алматы, Казахстан

<sup>4</sup>Институт проблем горения, Алматы, Казахстан

<sup>5</sup>ТОО «Плазматехника R&D», НИИ Экспериментальной и теоретической физики КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Дата поступления:  
5 Ноября 2019

Принято на печать:  
10 декабря 2019

Доступно онлайн:  
26 декабря 2019

УДК: 541.128.124

## АННОТАЦИЯ

В настоящей работе представлены результаты исследований замены топочного мазута на газообразное топливо. Рассмотрены три способа его замены: на сжатый, сжиженный природный газ и на горючий газ, получаемый из угля, при его термической обработке, включая плазменную. В основе безмазутного плазменного воспламенения твердых топлив лежит их термохимическая подготовка к сжиганию, в результате которой из низкосортных энергетических углей получают нагретое до высокой температуры высокорекреационное двухкомпонентное топливо, состоящее из горючего газа и активированного коксового остатка. Показана перспективность использования плазматронов, сжатого природного газа и газообразных горючих веществ угля для безмазутной растопки котлов и стабилизации воспламенения пылеугольного факела на ТЭС. Безмазутная растопка котлоагрегатов горючими летучими веществами, получаемыми из угля, позволяет исключить использование мазута или природного газа для растопки котла и поддержания устойчивого воспламенения пылеугольного факела при работе котла при пониженных нагрузках, а также снизить финансовые затраты, связанные с высокой стоимостью мазута, и расходы энергии на собственные нужды ТЭС, связанные с многоступенчатой подготовкой мазута к сжиганию. Тем самым повышается эколого-экономическая эффективность работы пылеугольных ТЭС.

**Ключевые слова:** Уголь, горение, воспламенение, безмазутная растопка, стабилизация горения факела, тепловые электростанции.

## Введение

«Укрощение» огня в развитии цивилизации сделало возможным ее дальнейшее развитие. Для этого человечеству необходимо было решать проблемы зажигания (растопки) и поддержания устойчивого горения (стабилизация) топлива. Требуемая устойчивость процесса горения была достигнута с переводом на сжигание топлива в замкнутом пространстве – в топке. Воспламенение твердого топлива (дрова, позже – уголь) изначально производилось топливом с повышенной реакционной способностью, воспламеняемым одновременно с основным топливом.

При слоевой технологии сжигания угля (на поверхности решетки) сохранилось традиционное, почти одновременное, горение растопочного и основного топлив. Однако переход на факельное сжигание угольной пыли в объеме топки сделал не пригодным освоенную технологию растопки. При факельном сжигании угля для его воспламенения начали сжигать более реакционное (растопочное) топливо, в качестве которого применялся топочный мазут. Эта технология растопки котла казалась совершенной и долгие годы не имела альтернативы.

Однако мазут требовал применения достаточно сложной технологии для обеспечения готовности к

\*Ответственный автор  
E-mail: ust@physics.kz (А.Б. Устименко).

его использованию и энергозатраты на это достигали 4-6% от производительности котлоагрегата. На рисунке 1 показана принципиальная схема использования мазута для растопки котла и обеспечения стабильного воспламенения пылеугольного факела.

Как видно из рисунка 1 для функционирования мазутного контура требуется подогрев мазута. Более того, требуется постоянный подогрев всего количества мазута, находящегося в мазутохранилище. При использовании подогрева мазута с помощью пара (это почти всегда основной греющий агент) в мазут неизбежно подмешивается конденсат пара. В дополнение к этому требуется насос для обеспечения циркуляции мазута в тракте его доставки от мазутохранилища до горелки и собственно мазутная форсунка для распыливания мазута. Именно эти затраты приводят к заметному увеличению расхода энергии на собственные нужды котлоагрегата.

Проблема снижения потребления мазута особенно актуальна для Казахстана, т.к. более 80% электрической и тепловой энергии в Казахстане производится за счет сжигания угля [1]. Значительная часть пылеугольных ТЭС работает в режиме когенерации, который диктуется потребителями тепловой энергии (режим ТЭЦ). Потребление тепловой энергии заметно колеблется в течение суток – от пикового значения до 20-25% от номинальной производительности в ночные часы. Как известно, котел устойчиво работает при нагрузках на уровне 60-65% от номинальной производительности. В связи с этим, в часы ночного снижения потребления, приходится даже останавливать часть котлов с последующим пуском к утру, что и приводит к частым пускам (растопкам) котлов и необходимости поддержания устойчивого воспламенения

при работе котла с пониженной производительностью.

Использование мазута на пылеугольных ТЭС представляется нонсенсом, который энергетики практически не замечали [2]. Только в 1979 году в США впервые была опробована схема, называемая «растопкой с применением плазмотронов» [3]. Однако, использованная схема с плазмотронами приводила к большим удельным энергозатратам (до 6%). Группа Казахских ученых предложила технологию применения плазмотронов, основанную на электротермохимической подготовке твердых топлив к сжиганию, при которой потребление электрической энергии было снижено многократно (до 1%) [4, 5]. В частности, только Китайская компания Yantai Longyuan Power Technology Co. Ltd. оснастила плазмотронами более чем 800 пылеугольных котлов для их безмазутной растопки. Мощность котлов варьируется от 150 до 1000 МВт [6, 7].

На рисунке 2 показана принципиальная схема использования системы плазменной растопки котла и стабилизации горения пылеугольного факела. Разработанная технология и плазменно-топливные системы (ПТС) для ее осуществления были успешно испытаны на ТЭС России, Казахстана, Украины, Кореи, Китая, Словакии, Сербии и Монголии на 31 котле паропроизводительностью от 75 до 950 т/ч, оснащенных различными системами пылеприготовления (прямого вдувания и с промбункером) и разными типами пылеугольных горелок (прямоточные, муфельные и вихревые) [8]. При испытаниях ПТС сжигались все типы энергетических углей (бурые, каменные, антрациты и их смеси) с содержанием летучих от 4 до 50%, зольностью от 15 до 56% и теплотой сгорания от 1600 до 6200 ккал/кг.

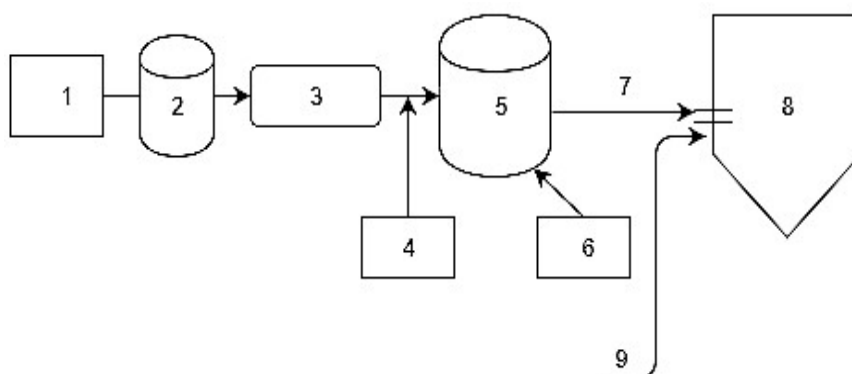


Рис. 1. Принципиальная схема использования мазута для растопки котла и для обеспечения стабильного воспламенения угольного факела: 1 – завод по переработке нефти; 2 – емкость для накопления мазута; 3 – подогреватель для загрузки мазута из емкости в железнодорожную цистерну; 4 – железнодорожная цистерна на заводе; 5 – железнодорожная цистерна на ТЭС; 6 – система подогрева мазута для выгрузки из цистерны на ТЭС; 7 – хранилище мазута; 8 – подогреватель мазута в хранилище; 9 – система циркуляции мазута от хранилища до мазутной форсунки.

Даже из этой упрощенной схемы (рис. 2) видно, что система плазменной растопки и стабилизации горения пылеугольного факела намного проще системы с использованием мазута. При использовании ПТС мазут заменяют самой угольной пылью, подвергаемой термохимической подготовке в объеме пылеугольной горелки с использованием электродуговых плазмотронов постоянного тока, являющихся основным элементом ПТС. Технология ПТС основана на плазменной термохимической подготовке угля к сжиганию. Она заключается в нагреве аэросмеси (угольная пыль + воздух) электродуговой плазмой до температуры выхода летучих угля и частичной газификации коксового остатка. Тем самым из исходного угля получают высокорекреационное двухкомпонентное топливо (горючий газ + коксовый остаток). При его смешении с вторичным воздухом в топке котла двухкомпонентное топливо воспламеняется и устойчиво горит без дополнительного топлива (мазут или газ), традиционно используемого для растопки котлов и стабилизации горения пылеугольного факела.

На рисунках 3 и 4 представлены схемы основных типов разработанных прямоточных и вихревых ПТС, которые иллюстрируют процесс плазменной термохимической подготовки угля к сжиганию [4–6, 8]. Из рисунков видно, что холодная аэросмесь ( $T < 350$  K) поступает в ПТС, где она нагревается в зоне плазменного факела до температуры образования высокорекреационного двухкомпонентного топлива. Последнее интенсивно воспламеняется только в топке котла, так как весь кислород аэросмеси расходуется на частичную газификацию углерода угля.

На рисунке 5 представлен поперечный разрез топки котла RFK-210 мощностью 210 МВт и расходом лигнита (влажностью – 40%, зольностью – 35% и теплотой сгорания – 1900 ккал/кг) 250 т/ч. Котел оснащен 48 прямоточными пылеугольными горелками, распределенными по 6 блокам и расположенными в четыре яруса. 12 плазмотронов устанавливается в муфелизированные каналы горелок нижнего яруса, обеспечивая воспламенение лигнита с расходом до 7.25 т/ч через каждый канал.

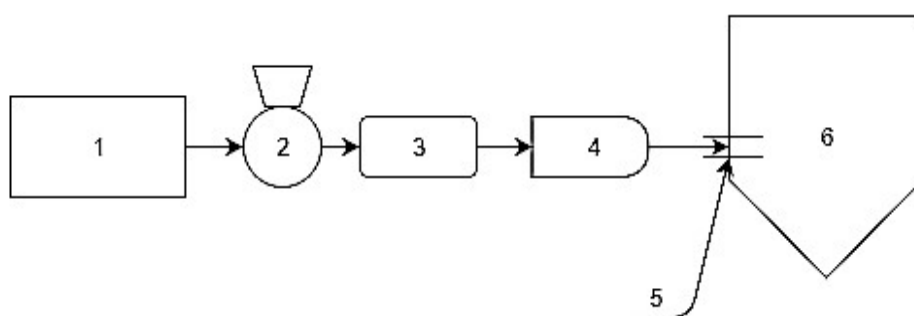


Рис. 2. Принципиальная схема использования системы плазменной растопки котла и стабилизации горения пылеугольного факела на ТЭС: 1 – угольный склад; 2 – мельница; 3 – камера плазменной термохимической подготовки аэросмеси; 4 – плазмотроны; 5 – пылеугольная горелка; 6 – топочная камера котла.

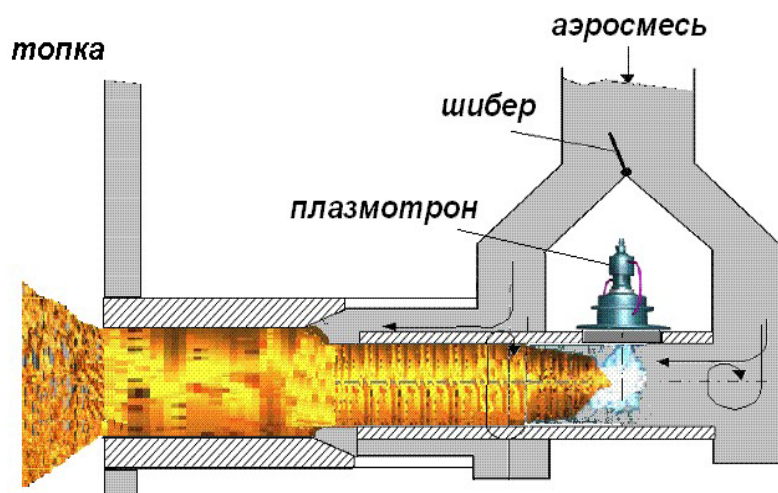


Рис. 3. Вихревая ПТС.

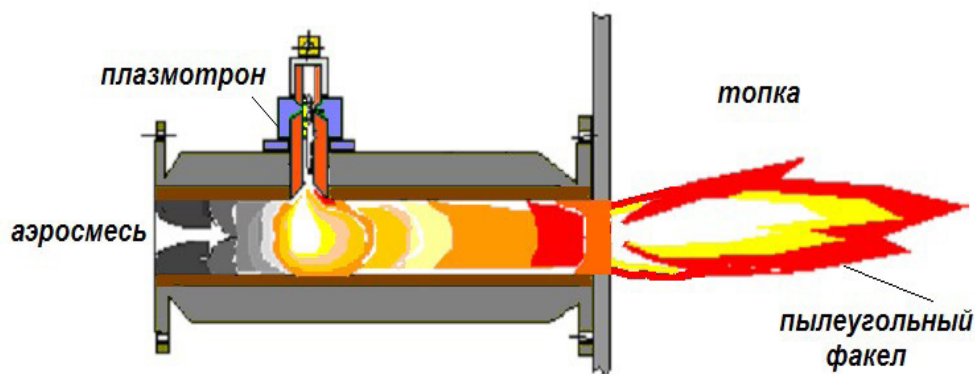


Рис. 4. Прямоточная ПТС.

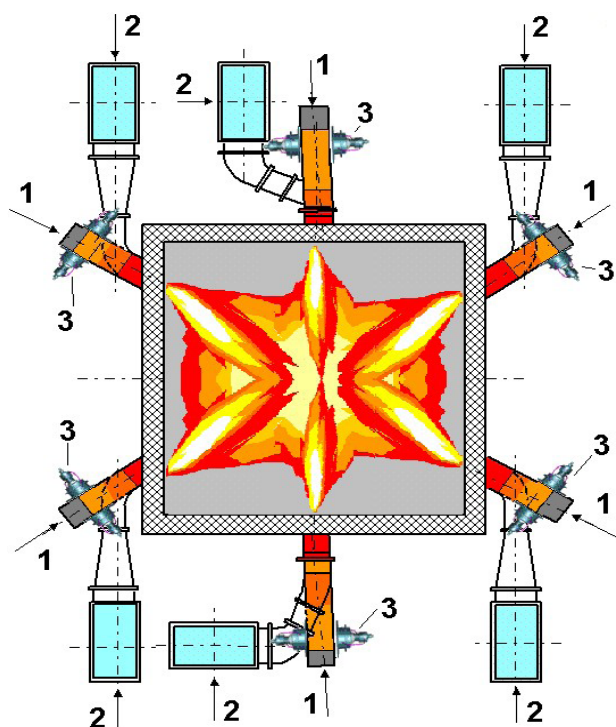


Рис. 5. Компонировка ПТС с топкой котла RFK-210 ТЭС Ятаган (Турция): 1 – аэрозоль, 2 – вторичный воздух, 3 – плазмотрон на прямоточной ПТС.

Схема установки прямоточных ПТС на котле BG-75/39-M приведена на рис. 6. Котел оснащен 8 пылеугольными горелками, расположенными по углам котла в два яруса. Котел работает на низкосортном каменном угле (влажностью – 12%, зольностью – 46% и теплотой сгорания – 4000 ккал/кг). Номинальный расход угля на котел 18,75 т/ч, а через одну горелку 2,35 т/ч. 2 ПТС были установлены в нижнем ярусе горелок с фронта котла. Изнутри горелки футерованы керамическими вставками толщиной 50 мм. В процессе испытаний ПТС через 5–10 сек после включения плазмотронов и подачи угольной пыли на выходе обеих ПТС были получены факелы красного цвета с температурой 850–900

°С. Мощность каждого плазмотрона составляла 160 кВт ( $I = 400$  А,  $U = 400$  В). При расходе угольной пыли через каждую ПТС 2 т/ч концентрация пыли в аэрозоле составляла 0,5–0,6 кг/кг. Через 20 мин работы ПТС температура факелов в топке достигла 1300 °С и наблюдалось устойчивое горение топлива в топке при работающих плазмотронах. После достижения устойчивого горения в топке и подачи угольной пыли через основные пылеугольные горелки, не оборудованные плазмотронами, и дальнейшего роста параметров котла (давление и температуры пара, температуры вторичного и первичного воздуха) испытания плазменной безмазутной растопки были завершены.



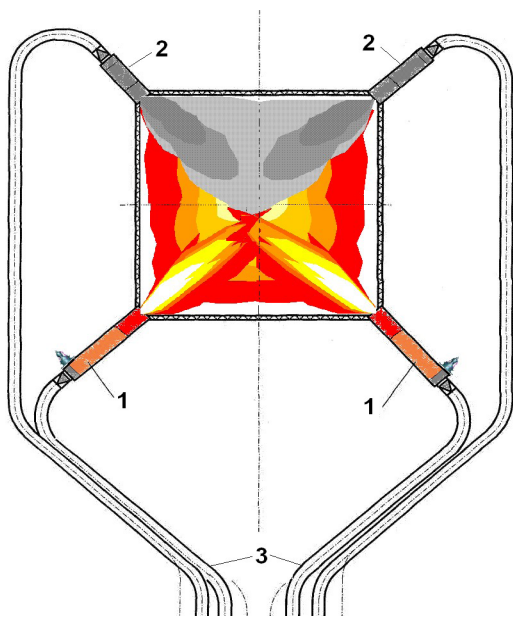


Рис. 6. Компоновка ПТС с топкой котла BG-75/39-М ТЭС «Золотая Гора» (Китай): 1 – прямоточная ПТС; 2 – основная пылеугольная горелка; 3 – пылепровод.

Использование ПТС обеспечивает повышение эффективности воспламенения и сжигания энергетических углей, позволяет исключить расходование дефицитного мазута на растопку и подсветку котла, снизить мехнедожог топлива, а также обеспечивает широкие возможности для автоматизации процесса растопки котла, стабилизации горения пылеугольного факела и уменьшения вредных выбросов в окружающую среду. Основным недостатком этой схемы является использование электрической энергии, повышающей ее затраты на собственные нужды ТЭС.

С учетом отмеченных выше сложностей использования мазута для растопки и для стабилизации воспламенения угольного факела был предложен вариант использования для этих целей природного газа (рис. 7). Оценка показала, что при использовании сжиженного или сжатого газа в качестве растопочного топлива они практически равноценны. Однако при учете возможности использования части энергии сжатого газа для получения электричества через применение детандера, энергетическая эффективность применения сжатого газа становится предпочтительной. Это преимущество заметно возрастает при подогреве сжатого газа перед детандером, поскольку представляет собой вариант практически прямого превращения тепловой энергии в электрическую энергию. В результате ТЭС с паровыми турбинами трансформируется в ТЭС с паровыми турбинами и с турбодетандерами. Также можно отметить, что установка детандеров на ТЭС, сжигающих газообразное топливо в режиме с газовыми и паровыми турбинами (эти схемы

принято называть ПГУ), приводит к трехтурбинному режиму работы ТЭС. Принципиальная схема растопки котла и стабилизации воспламенения угольного факела с использованием сжатого газа (рис. 7) показывает, что при использовании сжатого газа система растопки и стабилизации становится заметно проще и вполне способна конкурировать с плазменной растопкой.

Анализ показал [9], что для безмазутной растопки котлов также можно использовать газообразные вещества, извлекаемые из угля при его нагреве. На рисунке 8 представлена принципиальная схема растопки котла и стабилизации воспламенения угольного факела с использованием газообразных веществ, извлекаемых из угля.

Эта схема весьма близка к схеме с использованием сжатого природного газа. В общем случае этот газ вполне может быть закачан в специальный ресивер (газгольдер) компрессором, работающем при давлении в несколько атмосфер, с последующей его подачей в детандеры. Более того, этот же газ может быть использован в газовой турбине, после которой его можно будет использовать в котле-утилизаторе.

Выполненный анализ различных способов растопки котла и стабилизации воспламенения угольного факела (с применением мазута, плазмотронов, сжатого природного газа, газообразных веществ угля) показывает, что уже существуют достаточно обоснованные способы исключения использования мазута на пылеугольных ТЭС.

Отметим, что технология извлечения газообразного вещества из угля допускает снабжение им поселков с относительно малой численностью населения, расположенных на достаточном удалении от магистральных газовых сетей. Установка газовых турбин, использующих в качестве рабочего тела этот газ, перед котлом-утилизатором позволит производить и электрическую энергию для потребностей такого поселка. Очевидно, что уголь, из которого извлечена часть газообразных веществ, вполне может сжигаться в котле для получения тепловой энергии для нужд отопления. В результате предлагаемая технология использования газообразных веществ позволит обеспечить удаленных потребителей собственным газообразным топливом для бытовых нужд, собственной электрической энергией (исключаются потери электрической энергии, неизбежные при транспортировании относительно малого количества электричества на заметное расстояние по сетям с малым напряжением), централизованным снабжением горячей водой (исключается необходимость получения горячей воды на собственном источнике), тепловой энергией из одного общего источника в отопительный период (исключается необходимость заготовки топлива на отопительный период и не-

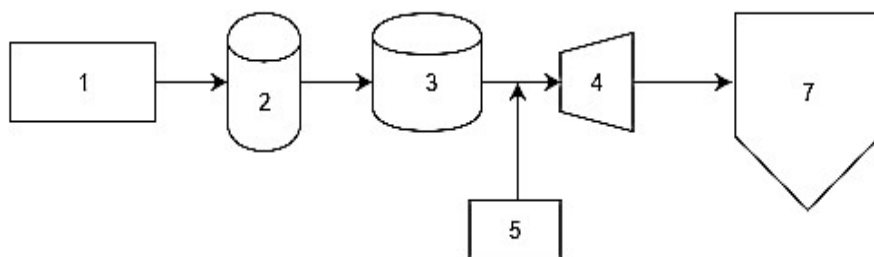


Рис. 7. Принципиальная схема растопки котла и стабилизации воспламенения угольного факела с использованием сжатого газа: 1 – источник природного газа; 2 – емкость со сжатым газом на источнике; 3 – емкость со сжатым газом на ТЭС; 4 – турбодетандер для сжатого газа; 5 – подогреватель газа перед детандером; 7 – топочная камера котельного агрегата.

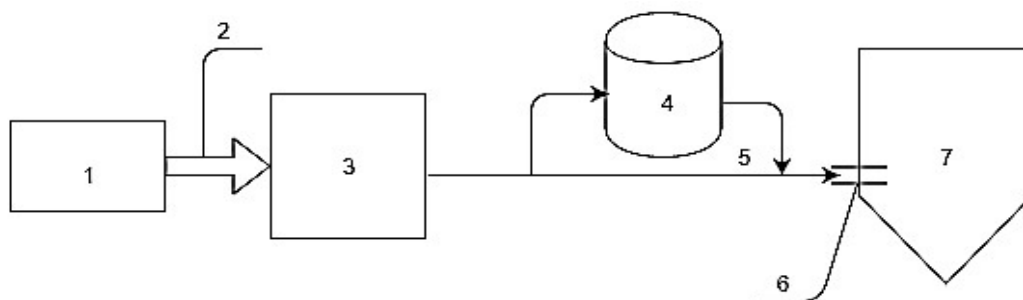


Рис. 8. Принципиальная схема растопки котла и стабилизации воспламенения угольного факела с использованием газообразных веществ, извлекаемых из угля: 1 – угольный склад; 2 – конвейер доставки угля из склада в камеру извлечения части газообразных веществ из угля; 3 – камера извлечения газообразных веществ; 4 – накопитель извлеченных газообразных веществ; 5 – система транспортирования горючих газообразных веществ до горелки; 6 – угольная горелка; 7 – топочная камера.

обходимость обслуживания собственной печи). В результате жители отдаленных поселков получат все виды энергии, доступные, как правило, только жителям крупных селений и городов.

Принципиальная схема использования извлекаемых из угля газообразных веществ для растопки пылеугольного котла и обеспечения отдаленного поселка различными видами энергии с соответствующим локальными сетями приведена на рис. 9.

Анализ показал [9], что для безмазутной растопки котлов также можно использовать газообразные вещества, извлекаемые из угля при его нагреве. На рисунке 8 представлена принципиальная схема растопки котла и стабилизации воспламенения угольного факела с использованием газообразных веществ, извлекаемых из угля.

Эта схема весьма близка к схеме с использованием сжатого природного газа. В общем случае этот газ вполне может быть закачан в специальный ресивер (газгольдер) компрессором, работающем при давлении в несколько атмосфер, с последующей его подачей в детандеры. Более того, этот же газ может быть использован в газовой турбине, после которой его можно будет использовать в котле-утилизаторе.

Выполненный анализ различных способов растопки котла и стабилизации воспламенения угольного факела (с применением мазута, плазмотронов, сжатого природного газа, газообразных веществ угля) показывает, что уже существуют достаточно обоснованные способы исключения использования мазута на пылеугольных ТЭС.

Отметим, что технология извлечения газообразного вещества из угля допускает снабжение им поселков с относительно малой численностью населения, расположенных на достаточном удалении от магистральных газовых сетей. Установка газовых турбин, использующих в качестве рабочего тела этот газ, перед котлом-утилизатором позволит производить и электрическую энергию для потребностей такого поселка. Очевидно, что уголь, из которого извлечена часть газообразных веществ, вполне может сжигаться в котле для получения тепловой энергии для нужд отопления. В результате предлагаемая технология использования газообразных веществ позволит обеспечить удаленных потребителей собственным газообразным топливом для бытовых нужд, собственной электрической энергией (исключаются потери электрической энергии, неизбежные при транспортировании относительно малого количества электричества на заметное рас-

стояние по сетям с малым напряжением), централизованным снабжением горячей водой (исключается необходимость получения горячей воды на собственном источнике), тепловой энергией из одного общего источника в отопительный период (исключается необходимость заготовки топлива на отопительный период и необходимость обслуживания собственной печи). В результате жители отдаленных поселков получают все виды энергии, доступные, как правило, только жителям крупных селений и городов.

Принципиальная схема использования извлекаемых из угля газообразных веществ для растопки пылеугольного котла и обеспечения отдаленного поселка различными видами энергии с соответствующим локальными сетями приведена на рис. 9.

Необходимо отметить, что разработка такой системы снабжения удаленных потребителей различными видами энергии весьма востребована для стран с малой плотностью населения (Казахстан, восточная часть России, Австралия, Канада и др.). Такое энергоснабжение в отдаленных от магистральных газопроводов поселках вполне реализуемо при применении газгольдеров со сжатым газом, поставляемых в такие поселки специализированным транспортом.

Сжигание угля на ТЭС неизбежно сопровождается выбросами оксидов азота, уровень образования которых многократно превышает таковой при сжигании природного газа. Известно, что при

сжигании угля основным источником образования оксидов азота являются вещества, выделяемые в процессе прогрева угольных частиц и воспламенения угольного факела (топливные оксиды азота).

Уровень образования оксидов азота заметно снижается при уменьшении концентрации кислорода на участке воспламенения и частичного выгорания пылеугольного факела. В связи с этим основным способом снижения выбросов оксидов азота является уменьшение содержания кислорода на участке воспламенения факела (двух- или трех-ступенчатое сжигание). Этот способ имеет свои ограничения, обусловленные ухудшением топочного процесса при перераспределении воздуха по горелкам. Для выявления зависимости уровня образования оксидов азота от места ввода и количества вводимого кислорода была создана экспериментальная установка (рис. 10).

В экспериментальной установке угольная пыль нагревается в отдельном узле (без доступа кислорода) и затем транспортируется аргоном в зону сгорания топлива. Навстречу переносимому аргоном пылеугольному потоку, через специальный насадок в определенную точку объема горения вводится необходимое количество кислорода. Затем производится измерение концентрации оксидов азота. Эти эксперименты подтвердили известный результат, что основное количество оксидов азота образуются на участке выхода летучих веществ,

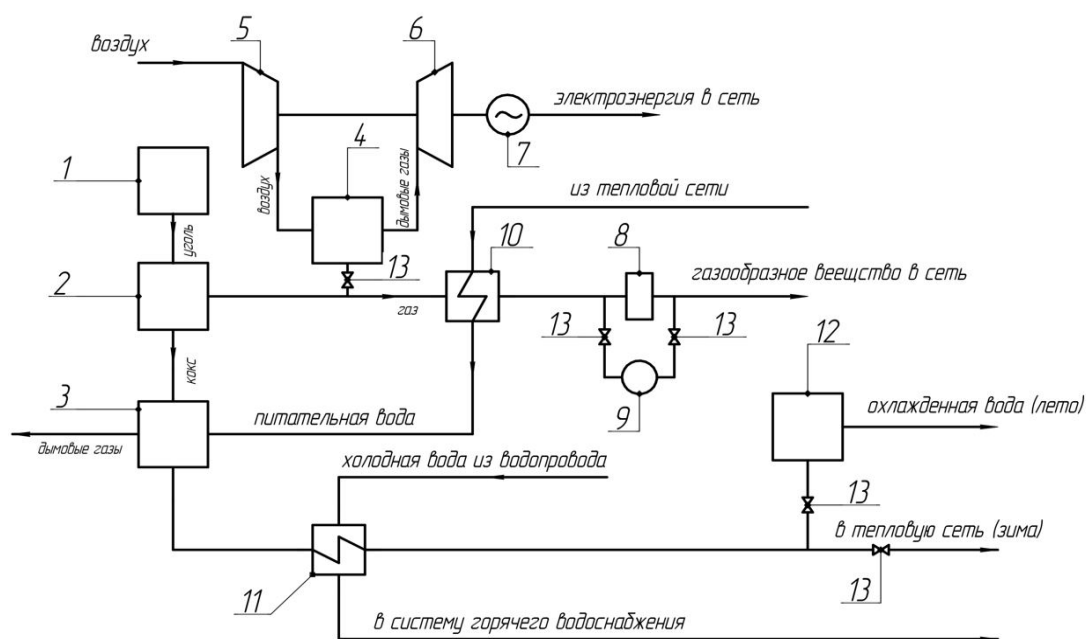


Рис. 9. Принципиальная схема использования газообразных веществ, извлекаемых из угля: 1 – склад угля; 2 – реактор; 3 – водогрейный котел со слоевой топкой; 4 – камера сгорания; 5 – компрессор; 6 – газовая турбина; 7 – электрогенератор; 8 – газорегуляторный пункт; 9 – ресивер-накопитель газообразного вещества; 10 – теплообменник; 11 – водоподогреватель; 12 – генератор холода; 13 – вентиль.

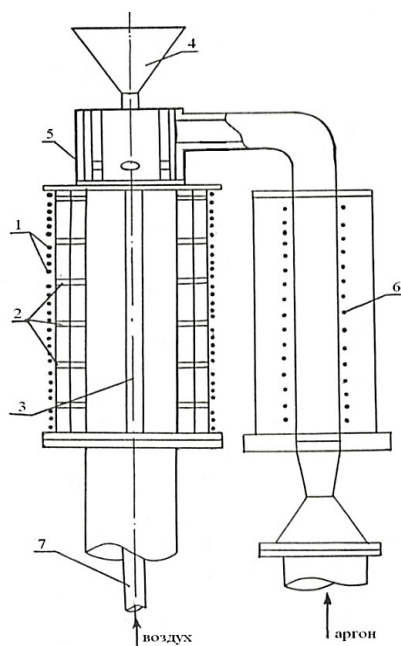


Рис. 10. Экспериментальная установка: 1 – электронагреватель печи; 2 – отверстия для термодатчиков; 3 – смотровой лючок; 4 – питатель пыли; 5 – смеситель; 6 – электронагреватель для газа; 7 – трубка для подачи воздуха.

содержащих атомарный азот. При «адресной» задержке подвода кислорода в этот участок наблюдается заметное снижение уровня образования оксидов азота. В этих экспериментах и при численном исследовании было обнаружено, что при задержке значительная часть атомарного азота «успевает» перейти в относительно инертный молекулярный азот.

При совместном сжигании угольной пыли и природного газа или при использовании плазмотронов для стабилизации воспламенения факела, был неоднократно замечен эффект снижения уровня образования оксидов азота [4, 5]. Это значит, что совмещение ввода угольной пыли и газообразных веществ приводит к адресному снижению содержания кислорода в зоне воспламенения угольного факела. Этот эффект обусловлен совместным действием двух механизмов: во-первых, в зону воспламенения факела поступает не содержащий кислорода газ, во-вторых, определенное количество кислорода уже окажется израсходованным на окисление газа, так как газ воспламеняется быстрее углеродсодержащих частиц.

Таким образом, возможно использование газообразного вещества, извлекаемого из угля и вводимого в топку вместе с основным потоком азотсодержащей смеси, в качестве способа «адресного» подавления образования оксидов азота при сжигании угольной пыли.

## Заключение

Анализ показал, что имеются несколько способов «вытеснения» мазута из топливного баланса

пылеугольных ТЭС с различной степенью готовности к использованию: плазменная растопка котлов и стабилизация горения пылеугольного факела, использование сжатого природного или сжиженного газа, а также извлекаемого из угля газообразного вещества.

Газообразное вещество, извлекаемое из угля при нагреве без доступа кислорода, может быть использовано для энергоснабжения удаленных от магистральных газопроводов потребителей.

Совместное сжигание извлеченного газообразного вещества с угольной пылью может привести к заметному снижению уровня выбросов оксидов азота.

## Благодарность

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан по программам целевого финансирования и проектам грантового финансирования (BR05236507, BR05236498, AP05130731 и AP05130031).

## Литература

- [1]. B. Aliyarov, A. Mergalimova, U. Zhalmagambetova. Application of coal thermal treatment technology for oil-free firing of boilers / Latvian journal of physics and technical sciences. – 2018, N 2. – P.45-55.
- [2]. Алияров Б.К., Алиярова М.Б. Сжигание Казахских углей на ТЭС и на крупных котельных, Алматы 2012. Гылым. – 304 с.



- [3]. Blackburn P.R. Ignition of pulverized coal with Arc Heated Air // *Energy*, 1980. Vol.4, № 3. P. 98-99.
- [4]. Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Плазменное воспламенение и горение твердого топлива. (Научно-технические основы). // Saarbrücken, Germany: Palmarium Academic Publishing (ISBN: 978-3-8473-9845-5). – 2012. – 404 с. (<http://ljubljudknigi.ru/>)
- [5]. Messerle V.E., Karpenko E.I., Ustimenko A.B. Plasma Assisted Power Coal Combustion in the Furnace of Utility Boiler: Numerical Modelling and Full-Scale Test // *Fuel*, 15 June 2014. – Vol. 126. – P.294-300.
- [6]. Карпенко Е.И., Карпенко Ю.Е., Мессерле В.Е., Устименко А.Б. Использование плазменно-топливных систем на пылеугольных ТЭС Евразии // *Теплоэнергетика*. – 2009. – № 6. – С. 10-14.
- [7]. Yantai Longyuan Power Technology Co., Ltd. Main Products: Plasma Ignition & Combustion System on Pulverized-Coal Fired Plants. <http://www.cccme.org.cn/shop/cn1223328501/introduction.aspx>
- [8]. Мессерле В.Е., Устименко А.Б., Умбеткалиев К.А. Плазмохимия и процессы горения // *Горение и плазмохимия*. – 2017. – Т.15, №2. – С.113-122.
- [9]. Алияров Б.К., Мергалимова А.К. Способ безмазутной растопки котлоагрегатов. Патент на полезную модель №2450, гос. реестр полезных моделей РК, 2017.

### Technologies of oil-free boilers start-up and stabilization of the ignition of pulverized coal flame at thermal power plants

B.K. Aliyarov<sup>1</sup>, M.B. Aliyarova<sup>1</sup>, U. Zhalmagambetova<sup>2</sup>, A.K. Mergalimova<sup>3</sup>, V.E. Messerle<sup>4</sup>, A.B. Ustimenko<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Almaty University of Power Engineering and Telecommunications (AUPET) named after G.Daukeev, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Pavlodar Technical University, Pavlodar, Kazakhstan

<sup>3</sup>Kazakh Agrotechnical University named after S. Seifullin, Almaty, Kazakhstan

<sup>4</sup>Combustion Problems Institute, Almaty, Kazakhstan

<sup>5</sup>Plasmatechnics R&D LLC, Institute of Experimental and Theoretical Physics, al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

### ABSTRACT

This paper presents the results of studies of the replacement of heating oil with gaseous fuel. Three ways of its replacement are considered: compressed, liquefied natural gas and combustible gas obtained

from coal during its heat treatment, including plasma. The oil-free plasma ignition of solid fuels is based on their thermochemical preparation for combustion, as a result of which, from low-grade energy coals, a highly reactive, two-component fuel, consisting of combustible gas and activated coke residue, is heated to a high temperature. The prospects of using plasmatrons, compressed natural gas and gaseous combustible substances of coal for the oil-free kindling of boilers and stabilization of ignition of a coal-dust plume at a thermal power plant is shown. The oil-free start-up of boiler units with combustible volatile substances obtained from coal eliminates the use of fuel oil or natural gas to start-up the boiler and stabilizes ignition of the pulverized coal flame when the boiler is operating at reduced loads, as well as reduces the financial costs associated with the high cost of fuel oil and energy costs of TPP own needs related to multi-stage preparation of fuel oil for burning. This increases the environmental and economic efficiency of pulverized coal power plants.

**Keywords:** coal, combustion, ignition, oil-free kindling, stabilization of the flame, thermal power plants.

### Жылу энергиясын қазандарды тұтандыру және көмір алауының жануын тұрақтандырудың бірнеше жолдарын салыстыру

Б.К. Алияров<sup>1</sup>, М.Б. Алиярова<sup>1</sup>, У. Жалмағамбетова<sup>2</sup>, А.К. Мергалимова<sup>3</sup>, В.Е. Мессерле<sup>4</sup>, А.Б. Устименко<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Ғ.Ж.Дәукеев атындағы Алматы Энергетика және Байланыс Университеті (АЭЖБУ), г. Алматы, Қазақстан

<sup>2</sup>Павлодар техникалық университеті, Павлодар, Қазақстан

<sup>3</sup>Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университеті, Алматы, Қазақстан

<sup>4</sup>Жану проблемар институты, Алматы, Қазақстан

<sup>5</sup>ЖШС «Плазматехника R&D», Әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-ның Эксперименталды және теоретикалық физика ҒЗИ, Алматы, Қазақстан

### АНДАТПА

Бұл жұмыс жылыту майын газ тәріздес отынмен алмастыру зерттеулерінің нәтижелерін ұсынады. Оны ауыстырудың үш әдісі қарастырылған: сығылған, сұйытылған табиғи газ және көмірден жылу өңдеу кезінде алынған жанғыш газ, оның ішінде плазма. Қатты отынның майсыз плазмалық тұтануы олардың жануға арналған термохимиялық дайындығына негізделеді, соның нәтиже-

сінде төмен дәрежелі энергетикалық көмірлерден жанғыш газ бен белсенді кокстың қалдықтарынан тұратын жоғары реактивті, екі компонентті отын жоғары температураға дейін қызады. Плазматрондарды, сығылған табиғи газды және газ тәрізді жанғыш заттарды қазандықтарды майсыз жағу үшін пайдалану және жылу электр станциясында көмір шаңының тұтануын тұрақтандыру перспективалары көрсетілген. Қазандық агрегаттарын көмірден алынған жанғыш заттармен майсыз жағу, қазандықты жағу үшін жанармай майын немесе табиғи газды пайдалануды жояды

және азайтылған жүктеме кезінде жұмыс істеген кезде көмір алауының тұрақты тұтануын қамтамасыз етеді, сонымен қатар мазуттың жоғары шығыны мен энергия шығындарына байланысты қаржылық шығындарды азайтады, ЖЭС мазутты жағуға көп сатылы дайындаумен байланысты қажеттіліктері. Бұл көмірлі электр станцияларының экологиялық және экономикалық тиімділігін арттырады.

**Түйінді сөздер:** Көмір, жану, тұтану, жалынның тұрақтануы, жылу электр станциялары.