

УДК 621.311

**ПРОБЛЕМЫ СЖИГАНИЯ ВОДОУГОЛЬНЫХ ТОПЛИВ
И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ СЖИГАНИЯ****Ю.В. Овчинников¹, Е.Е. Бойко¹, Ф.А. Серант²**¹*Новосибирский государственный технический университет*²*ЗАО «КОТЭС»*

Основной качественно нерешенной проблемой использования водоугольного топлива является его низкая реакционная способность на начальном участке горения. Эта проблема является сдерживающим фактором его дальнейшего развития. Описаны наиболее известные разработки системы воспламенения водоугольного топлива, их преимущества и недостатки. Сформулированы основные принципы оптимальной системы воспламенения искусственного композиционного жидкого топлива. Показаны основные преимущества плазменной системы зажигания топлива. Высказаны идеи о разработке схемы плазменного воспламенения искусственного композиционного жидкого топлива с автоматическим управлением плазматрона. Произведено сравнение плазменной технологии воспламенения водоугольного топлива и технологии с использованием циклонного предтопка тепловой мощностью 6,5 МВт. Отмечено, что автоматическое управление плазматроном позволит решить проблему, связанную с зажиганием искусственного композиционного жидкого топлива, и качественно улучшить процесс горения топлива.

Ключевые слова: водоугольное топливо, искусственное композиционное жидкое топливо, реакционная способность, критерий воспламеняемости, кинематические характеристики, дериватограф, скорость реакции горения, плазматрон, плазменное воспламенение.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-1-85-93

Введение

Водоугольное топливо обладает характеристиками, которые делают его привлекательным для использования в энергетических котлоагрегатах.

Во-первых, это его взрывобезопасность, что исключает «хлопки» в системах топливоподачи. Из-за «хлопков» – взрывов угольной пыли в смеси с воздухом значительно снижается коэффициент готовности энергоагрегатов и возникают нештатные ситуации в энергоснабжении. Из-за взрывоопасности пылесистем пришлось отказаться от идеи центральной паровой задвижки, центральных пылезаводов для блочных ТЭС большой мощности, что обеспечивало бы повышение эффективности электрогенерации.

Во-вторых, содержание воды в топливе и восстановительная среда в топке делают ненужной сложную ступенчатую систему сжигания пыли с целью подавления образования оксидов азота, следовательно, упрощается схема обвязки котлоагрегата и удешевляется эксплуатация электроустановок.

Водоугольное топливо (ВУТ) и искусственное композиционное жидкое топливо (ИКЖТ), как одна из его разработок, экологически более чистое топливо, чем уголь и мазут. По минимуму отрицательного воздействия на окружающую среду продукты сгорания ВУТ уступают только природному газовому топливу. Но кроме атмосферы ТЭС загрязняют также и воду, и землю. Сегодня проблема нехватки чистой воды становится все острее. Загрязнение воды техногенными и антропогенными сбросами увеличивается возрастающими темпами. Чистая вода становится все более дорогим ресурсом. Однако энергоустановки, работающие на

водоугольном топливе, являются естественными очистителями загрязненной воды. Топливо ИКЖТ на 40...50 % состоит из воды, причем эта вода вполне может быть сточной водой. Пройдя через цикл испарения и конденсации в атмосфере и естественные почвенные фильтры, вода возвращается в биосферу в виде абсолютно чистой жидкости.

Существует еще один аспект, связанный с использованием энергетических топлив. Это наличие балласта в топливе. Природный газ может содержать до 10 % балластных негорючих газовых компонентов. Мазут как жидкое топливо может содержать до 3...4 % минеральных примесей и до 10 % воды. Товарный уголь должен содержать не более 7 % золы, при превышении этих показателей цена на уголь стремительно снижается. Однако на мировой рынок поставляется и уголь глубокого обогащения с содержанием минеральных примесей не более 1...1,5 %. Технология деминерализации угля основана на его сортировании (классификации), химической очистки и флотации угольной массы, при этом издержки производства велики, что приводит к двукратному увеличению стоимости. Между тем технология производства ВУТ, особенно ИКЖТ, предусматривает глубокое измельчение твердой фазы в составе топливной композиции. Так, в ИКЖТ размеры частиц не более 3...4 мкм, а основная доля, свыше 70 % фракции, вообще лежит в области наноразмеров. Такая деструктуризация угля приводит к разъединению минеральных включений и органики и создает условия, для механического разделения минеральной и органической части в жидкой среде путем центрифугирования, что значительно дешевле существующих методов очистки угля от золы и шлака. Согласно систематике исследований, выполненных на кафедре ТЭС НГТУ [1], очистка топлив от балластных примесей в начале технологического процесса всегда намного выгоднее, чем очистка газовых выбросов в конце процесса.

Эффективность использования угля при пылевидном сжигании в котле выше на 3...5 %, чем при сжигании в виде водоугольного топлива, но если учесть те преимущества, о которых говорилось ранее, то предпочтение сухому способу сжигания угля не столь очевидно. Особенно это заметно, если проводить сравнение с другими видами топлива. Стоимость 1 МДж химической энергии топлива по ценам на мировом рынке, осредненным за последние несколько лет, для газа и нефти составляет 1,5...2 цента США, а для угля – 0,2 цента. Этот пример наглядно показывает, что уголь является основным энергетическим ресурсом как по распространенности и запасам, так и по экономическим показателям. Не случайно, что концепция развития энергокомплекса США основана на использовании угля в энергопроизводстве, а приоритет в потреблении углеводородов отдан технологическим установкам и транспорту. Программа «Чистый уголь» в США достигла впечатляющих результатов, несмотря на то что базовые технологии этой программы уже достаточно устарели.

Водоугольное топливо по своей основе остается в числе энергетических топлив и обладает достоинством как жидких котельно-печных топлив, так и углей.

1. Способы розжига и сжигания

Основной проблемой при использовании ВУТ, до сих пор окончательно и качественно не решенной, является его низкая реакционная способность на начальном участке горения. Поскольку активное воспламенение топлива определяет его дальнейшее горение, то эта проблема сдерживает развитие технологии водоугольного топлива. Согласно исследованию, выполненным в НГТУ [2], критерий воспламеняемости водоугольного топлива на начальной стадии воспламенения имеет значение K_0 3,8...5,1, что выше, чем у антрацита K_0 2,6...3,9, но ниже, чем у трудносжигаемых тощих углей – K_0 6,5...7,5.

Исследования кинетической характеристики ВУТ-ИКЖТ с помощью дериватографа подтверждают это, а также демонстрируют высокую реакционную способность ИКЖТ на основном участке горения, сопоставимую с реакционной способностью ультрадисперсного угольного топлива (рис. 1 и 2).

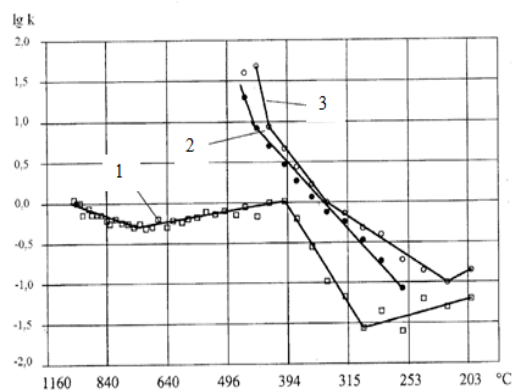


Рис. 1 – Зависимость скорости реакции горения от температуры:

каменный уголь марки Д (Сахалин), 1 – крупка ρ 1...3 мм; 2 – ИКЖТ ρ до 1 мкм; 3 – ультрадисперсный уголь, ρ – 30 мкм (дериватограф C-1500Q)

Fig. 1. – The dependence of the reaction rate of the combustion temperature:

Coal grade LF (Sakhalin) 1 – grit ρ 1 ... 3 mm; 2 – ACLF ρ to 1 microns; 3 – ultrafine coal ρ ~ 30 microns (derivatograph C-1500Q)

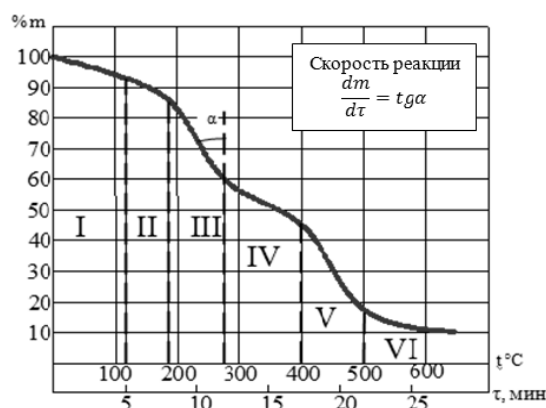


Рис. 2 – Фрагмент дериватограммы – термогравиметрическая кривая:

I – испарение внешней влаги; II – выход внутренней влаги; III – горение летучих; IV – переход к горению кокса; V – горение кокса; VI – догорание (дериватограф NETZCH Jupiter STA 440 C)

Fig. 2 – Fragment-derivatograms thermogravimetric curve:

I – evaporation external moisture; II – out of internal moisture; III – burning volatile; IV – the transition to the combustion of coke; V – the burning of coke; VI – afterburning (derivatograph NETZCH Jupiter STA 440 C)

Из рис. 1 следует, что горение ИКЖТ происходит в области критического горения с высокой скоростью даже при низких температурах 300...400 °С, что хорошо согласуется с выводами Г.Н. Делягина [3]. Это подтверждает также рис. 2, полученный на другом типе дериватографа. Образец топлива на рис. 2 содержит 20 % глицерина, 60 % угля и 20 % воды.

Таким образом, усилия по решению проблемы стабильного и надежного сжигания водоугольного топлива должны быть направлены в первую очередь на интенсификацию воспламенения топлива на начальном участке горения.

Существует несколько подходов к решению этой задачи. Известен метод установки зажигательного пояса при сжигании малореакционных антрацитов. Зажигательный пояс представляет собой слой футеровки, нанесенный сверху на парогенерирующие трубы в топке котла. Он обхватывает по внутренней стороне топки горящий факел и создает дополнительное термическое сопротивление теплопередачи на некоторой длине топочного пространства. В результате возрастает температура на тепловоспринимающей поверхности со стороны футеровки, а также температура и самого факела, что способствует увеличению скорости горения и воспламенения топлива [4].

Однако для сжигания ВУТ этот метод можно применять только после тщательной модельной и экспериментальной проработки последствий модернизации котлоагрегата, поскольку изменение температурного режима в топке, а также на парогенерирующих поверхностях может приводить к непредсказуемым отрицательным последствиям для эксплуатации энергоустановки.

Другой метод, применяемый Институтом теплофизики СОРАН [5], заключается в размещении дополнительной поверхности в зоне температур топочного пространства. Эта поверхность представляет собой некоторую конструкцию из огнеупорной керамики, которая исполняет роль высокотемпературного аккумулятора тепла, тем самым сглаживает колебания температуры, возникающей при дестабилизации режима горения. Кроме того, керамика является катализатором горения.

Вмешательство в аэродинамические и тепловые процессы в топке всегда нежелательно без тщательного изучения последствий новации, часто эти последствия непредсказуемы или рискованны. При сжигании ВУТ среда в топке является восстановительной, и это негативно сказывается на сроках межремонтного периода любых керамических насадок при высоких температурах. Непонятно, как изменится межремонтный период эксплуатации котла и стоимость ремонтов. Керамика в топке находится примерно в тех же условиях, что и насадка из шамотного кирпича в кауперах доменных печей при температуре 1100...1300 °С, которая выдерживает срок менее года.

Известен способ использования адиабатного предтопка для воспламенения и сжигания ВУТ [6, 7]. Котел в этом случае играет роль котла-утилизатора. Этот способ применяется при модернизации старых промышленных котлов небольшой производительности, что позволяет значительно поднять их эффективность. Недостатком метода является большой объем предтопка, сопоставимый с объемом самого котла. Использование этого метода вряд ли возможно для перевода на ВУТ энергетических котлоагрегатов.

Известны попытки инициации зажигания и горения ВУТ другим топливом, мазутом или высокореакционной угольной пылью. Недостатком этого метода является то, что топлива с различной кинетикой горения сжигаются совместно в одном пространстве топки. Это приводит к нестабильности горения иницируемого топлива и усложняет управления топочным процессом.

Во всех описанных выше случаях экономический эффект возможен, если происходит вытеснение дорогого топлива, мазута дешевым ВУТ.

Эксергетический анализ замещения топлив при модернизации показывает, что эффект при этом очень значительный [8], что позволяет перекрывать все недостатки и неудобства реконструкции за счет топливной составляющей.

Во всех описанных выше способах запуск котла осуществляется на растопочном топливе – мазуте, иногда на соляровом масле, и только по достижению рабочей температуры $\sim 900 \dots 1000$ °С производится переключение на основное топливо. Это большой недостаток, который присущ всем энергетическим котлоагрегатам, работающим на угле. Во всех рассмотренных случаях потребуются наличие двух систем топливоподачи, что не удобно и сложно для эксплуатации.

2. Предлагаемая технология сжигания

На основе анализа существующих способов сжигания водоугольного топлива и собственных исследований были сформулированы основные принципы оптимальной системы воспламенения ИКЖТ:

- предлагаемая система не должна изменять конструкцию котлоагрегата;
- наиболее тяжелая часть процесса – воспламенение топлива должна быть вынесена из топочного пространства в специальный предтопок, где процесс можно контролировать и легко управлять им;
- специальный предтопок должен быть циклонным, т. е. компактным, высоко-теплонапряженным, чтобы обеспечить успешное воспламенение топлива на начальной стадии горения, когда это топливо малореакционно;
- наличие различных видов топлива (основное и растопочное) является нежелательным, нужно стремиться к тому, чтобы система работала на едином виде топлива;
- на сегодняшний день наилучшей системой зажигания и сопровождения горения топлива явилась бы плазменная система;
- управление системой зажигания и сопровождение горения должны осуществляться автоматически при использовании процессора или компьютера.

Нами (ОАО КОМПОМАШ-ТЭК, проблемной лабораторией НГТУ, НПО «Росток», ЗАО ЗИОКОТЭС-наука) в 2011–2013 гг. были выполнены исследования по теме «Проведение исследований на огневом стенде ОИСГТ-6 кинетики горения тонкодисперсных водоугольных суспензий и оптимизация режимов их сжигания применительно к промышленным котлоагрегатам мощностью до 35 МВт». (Гос. контракт от 25 августа 2011 г. № 16.518.11.7079 с Министерством образования и науки Российской Федерации на выполнение научно-исследовательской работы. Шифр 2011-1.8-518-007-007).

Ниже, на рис. 3 и 4, представлены экспериментальный стенд для сжигания ИКЖТ и циклонный предтопок для котла тепловой мощностью 6,5 МВт, на которых выполнялись эти исследования.

Экспериментальные исследования сжигания водоугольного топлива одновременно сопровождалось математическим моделированием процессов в ЦП с использованием адаптированных компьютерных программ Fluent и Boiler Designer.

Эти исследования позволили сформулировать требования к конструкции ЦП, сопоставить результаты эксперимента с теоретическими работами в этой области [9] и продолжить исследования, которые выполнялись ранее АН СССР, институтами ИГИ и ВНИИПЭ, группой Г.Н. Делягина [10].

По результатам этих исследований были разработаны рекомендации для конструкторских проработок системы воспламенения водоугольного топлива [11].

Отчет по Гос. контракту 2011-1.8-518-007-007 был оценен независимой экспертизой высоко, отмечено выполнение исследований на мировом уровне, работы отмечены как продолжение исследований, выполненных в США и Швеции.

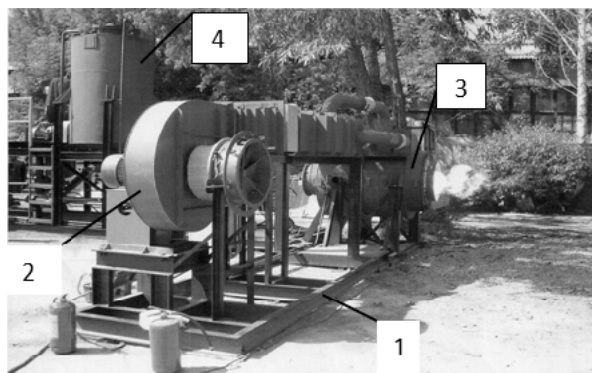


Рис. 3 – Испытательный стенд с тепловой мощностью горелочного устройства 6,5 МВт. Основные элементы установки:

1 – супорт; 2 – вентилятор; 3 – циклонный предтопок; 4 – бак с ИКЖТ

Fig. 3 – Test Stand with a heat output of the burner 6,5 MW. The main elements are:

1 – caliper; 2 – fan; 3 – cyclone pre-furnace; 4 – tank ACLF



Рис. 4 – Циклонный предтопок для котла тепловой мощностью 6,5 МВт

Fig. 4 – cyclone pre-furnace boiler, thermal capacity of 6,5 MW

На этапе исследований 2011–2013 гг. мы, к сожалению, не могли использовать плазменные технологии воспламенения ИКЖТ, но получили твердое убеждение в перспективности этого направления. Это подтверждают также успешные исследования, выполненные в Институте теплофизики СО РАН по воспламенению ВУТ при применении плазматрона, а также исследования в Институте теоретической и прикладной механики СО РАН под руководством академика М.Ф. Жукова.

Ниже, на рис. 5, показано использование плазматрона мощностью 300 Вт для воспламенения водоугольной суспензии.

Анализ рассмотренных методов показывает превосходство плазменной технологии, как более простой и удобной для технологии ИКЖТ, чем розжиг с использованием растопочного топлива.

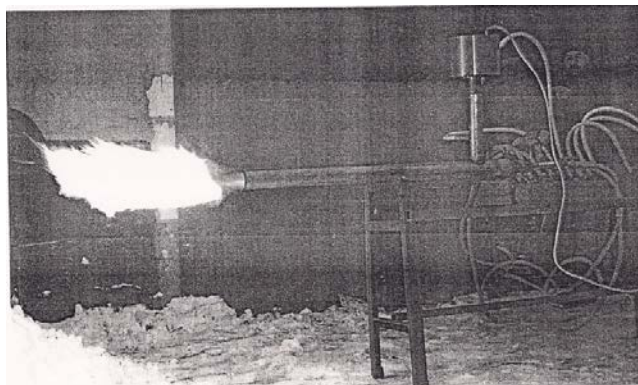


Рис. 5 – Розжиг водоугольного топлива с помощью плазматрона

Fig. 5 – Ignition of coal-water fuel using plasmatron

Одной из последних разработок в области сжигания топлива является немецкая газовая горелка для котлов ТЭЦ с компьютерным управлением процессом сжигания. Плазменная технология воспламенения и сопровождения сжигания водоугольного топлива при компьютерном управлении процессом несомненно являлась бы технологией мирового уровня, а возможно, и выше мирового, поскольку уровень сложности сжигания ВУТ конечно же превосходит уровень сложности сжигания газового топлива.

Заключение

На сегодняшний день системой зажигания и сопровождения горения топлива явилась бы плазменная система, поскольку она обладает рядом преимуществ по сравнению с уже предложенными системами, обзор которых представлен в работе. Особое внимание следует уделить тому, что плазменная система зажигания должна быть полностью автоматизирована. Данная конструкция должна учитывать особенности воспламенения ВУТ-ИКЖТ. Следует заметить, что такой способ зажигания позволит исключить использование растопочного топлива, что приведет к более полному выгоранию основного топлива и, следовательно, к стабилизации его горения. Реальность использования плазменного зажигания и сопровождения процесса горения основано на успешно выполненных экспериментах по сжиганию ВУТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ноздренко Г.В.** Эффективность применения в энергетике КАТЭКа экологически перспективных энерготехнологических блоков электростанций с новыми технологиями использования угля: учебное пособие. – Новосибирск: Изд-во НЭТИ, 1992. – 249 с.
2. Исследование воспламенения твердых топлив и ИКЖТ / Ю.В. Овчинников, А.И. Цепенко, А.В. Шихотинов, Е.В. Татарникова // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2011. – № 1 (16). – С. 117–126.
3. **Делягин Г.Н.** Сжигание водоугольных суспензий – метод использования обводненных твердых топлив: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Институт горючих ископаемых. – М., 1970. – 32 с.
4. **Резников М.И.** Парогенераторные установки электростанций. – М.: Энергия, 1968. – 234 с.
5. Исследования и разработки Сибирского отделения Российской академии наук в области энергоэффективных технологий / отв. ред. С.В. Алексеенко; Российская академия наук, Сибирское отделение, Институт теплофизики. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. – 405 с. – (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 20).
6. **Мурко В.И., Федяев В.И., Дзюба Д.А.** Водоугольное топливо // Уголь. – 2002. – № 6. – С. 58–59.

7. Аспекты приготовления и результаты эффективного применения водоугольного топлива / В.И. Мурко, В.Н. Звягин, В.И. Федяев и др. // Сборник трудов международной научной конференции и школы-семинара ЮНЕСКО «Химия угля на рубеже тысячелетий», Клязьма, 13–15 марта 2000 г.: в 2 ч. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – Ч. 1. – С. 105–111.
8. Szargut J. Energetyka cieplna w hutnictwie. – Katowice: Śląsk, 1972. – 654 p.
9. Саломатов В.В., Кравченко И.В. Теоретическое исследование горения капли водоугольного топлива. Ч. 2. Стадия воспламенения // Горение и плазмохимия. – 2007. – Т. 5, № 3. – С. 189–197.
10. Сжигание высокообводненного топлива в виде водоугольных суспензий / отв. ред. Б.В. Контарович, Г.Н. Делягин. – М.: Наука, 1967. – 188 с.
11. Цепенюк А.И. Разработка, исследование новой технологии использования на ТЭС кавитационного жидкоугольного топлива: дис. ... канд. техн. наук: 05.14.14 / Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск, 2013. – 152 с.

THE PROBLEM OF BURNING COAL-WATER FUEL AND PROPOSAL FOR THE DEVELOPMENT COMBUSTION TECHNOLOGY

Ovchinnikov Y.V.¹, Boyko E.E.¹, Serant F.A.²

¹*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation*

²*ZAO "KOTES", Novosibirsk, Russian Federation*

The main unsolved problem of the use of high quality coal-water fuel is its low reactivity in the initial portion of combustion. This problem is a limiting factor for its further development. In this article we describe the development of the most famous coal-water fuel ignition system, their advantages and disadvantages. We have formulated the basic principles of optimum ignition system of artificial composite liquid fuel; identified the main advantages of plasma ignition of fuel; suggested the idea to develop a scheme of plasma ignition artificial composite liquid fuel with automatic control of plasma torch. In this publication, the authors compared the plasma ignition technology and coal-water fuel technology using a cyclone pre-furnace heat output of 6.5 MW. It is worth noting that the automatic control of plasma torch will solve the problem associated with the ignition of artificial composite liquid fuel and qualitatively improve the combustion of fuel.

Keywords: water-coal fuel, artificial composite liquid fuel, reaction capability, flammability criteria, kinematic characteristics, derivatograph, the reaction rate of combustion, plasmatron, plasma ignition.

DOI: 10.17212/1727-2769-2015-1-85-93

REFERENCES

1. Nozdrenko G.V. *Effektivnost' primeneniya v energetike KATEKa ekologicheski perspektivnykh energotekhnologicheskikh blokov elektrostantsii s novymi tekhnologiyami ispol'zovaniya uglya* [Energy efficiency in the use of environmentally perspective power technology KAFEC power units with new technologies using coal]. Novosibirsk, NSTU Publ., 1992. 249 p.
2. Ovchinnikov Yu.V., Tsepenok A.I., Shikhotinov A.V., Tatarnikova E.V. Issledovanie vosplamneniya tverdykh topliv i IKZhT [Reserch of infammability of solid fuel and artificial composite liquid fuel]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2011, no. 1 (16), pp. 117–126.
3. Delyagin G.N. *Szhiganie vodougol'nykh suspenzii – metod ispol'zovaniya obvodnennykh tverdykh topliv*. Thesis of the diss. dokt. tekhn. nauk [Combustion of coal-water slurries – the method of using solid fuels watered. Dr. eng. sci. diss. thesis]. Moscow, 1970. 32 p.
4. Reznikov M.I. *Parogeneratorskiye ustanovki elektrostantsii* [Steam generating units of power station]. Moscow, Energiya Publ., 1968. 234 p.
5. Alekseenko S.V., ed. *Issledovaniya i razrabotki Sibirskogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk v oblasti energoeffektivnykh tekhnologii. Integratsionnye proekty SO RAN. Vyp. 20* [Research and development of the Siberian Branch of the Russian Academy of sciences in the field of energy-efficient technologies. Integration projects of SB RAS]. Novosibirsk, SB RAS Publ. House, 2009, vol. 20. 405 p.
6. Murko V.I., Fedyaev V.I., Dzuba D.A. Vodougolnoe toplivo [Water-coal fuel]. *Ugol' – Coal*, 2002, no. 6, pp. 58–59.
7. Murko V.I., Zvyagin V.N., Fedyaev V.I. [Aspects of the preparation and the results of the effective application of coal-water fuel]. *Sbornik trudov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii i shkoly-seminara YuNESKO «Khimiya uglya na rubezhe tysyacheletii», Klyaz'ma*,

- 13–15 marta 2000 g.: v 2 ch. Ch. 1 [Coal Chemistry on Millennium Change. Materials of International Science Conference, Klyazma, March 13–15, 2000], Moscow, MSU Publ., 2000, pt. 1, pp. 105–111.
8. Szargut J. *Energetyka cieplna w hutnictwie*. Katowice, Śląsk, 1972. 654 p.
9. Salomatov V.V., Kravchenko I.V. Teoreticheskoe issledovanie gorenii kapli vodougol'nogo topliva. Ch. 2. Stadiya vosplamneniya [Theoretical study of the combustion of coal-water fuel droplet. Pt. 2. Stage evaporation]. *Gorenie i plazmokhimiya – Combustion and Plasma Chemistry*, 2007, vol. 5, no. 3, pp. 189–197.
10. Kontarovich B.V., Delyagin G.N., eds. *Szhiganiye vysokoobvodnennogo topliva v vide vodougol'nykh suspenzii* [Combustion of highly watered fuel as a coal-water slurries]. Moscow, Nauka Publ., 1967. 188 p.
11. Tsepenok A.I. *Razrabotka, issledovanie novoi tekhnologii ispol'zovaniya na TES kavitatsionnogo zhidkougol'nogo topliva*. Diss. kand. tekhn. nauk [Development, research new technologies for thermal power plants cavitation liquid-coal fuel. Dr. eng. sci. diss.]. Novosibirsk, NSTU Publ., 2013. 152 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Овчинников Юрий Витальевич – родился в 1937 году, д-р техн. наук, профессор кафедры тепловых электрических станций факультета энергетики Новосибирского государственного технического университета. Основное направление исследований – разработка и исследование новых видов композитных топлив из угля. Имеет более 50 публикаций, в том числе 4 монографии. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. Email: roxy9107@mail.ru).

Ovchinnikov Urii Vital'evich (b. 1937) – Doctor of Sciences (Eng.), Professor of the Department of Energy in the Novosibirsk State Technical University. His research interests are currently focused on the research and development of new types of composite fuels production from coal. He is author of more than 50 publications, including 4 monographs. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. Email: roxy9107@mail.ru).



Бойко Екатерина Евгеньевна – родилась в 1991 г., аспирант кафедры Тепловых электрических станций Новосибирского государственного технического университета. Основное направление исследований – разработка схемы сжигания ИКЖТ в энергетических котлоагрегатах. (Адрес: 630073, Россия, Новосибирск, пр. Карла Маркса, 20. E-mail: e.boiko1991@yandex.ru).

Boyko Ekaterina Evgen'evna (b. 1991) – graduate student of the Novosibirsk State Technical University. Her research interests are currently focused on development scheme ACLF combustion in power boilers. (Address: 20, Karl Marx Av., Novosibirsk, 630073, Russian Federation. E-mail: e.boiko1991@yandex.ru).



Серант Феликс Анатольевич – родился в 1939 г., д-р техн. наук, заместитель генерального директора ЗАО «КОТЭС». (Адрес: 630049, Россия, Новосибирск, ул. Кропоткина, 96/1. Email: dkmv90@mail.ru)

Serant Feliks Anatol'evich (b. 1939) – Doctor of Sciences (Eng.), Deputy General Director of the CJSC "COTES" (Address: 96/1, Kropotkina St., Novosibirsk, 630049, Russian Federation. Email: dkmv90@mail.ru).

Статья поступила 02 февраля 2015 г.

Received February 02, 2015

To Reference:

Ovchinnikov Yu.V., Boiko E.E., Serant F.A. Problemy szhiganiya vodougol'nykh topliv i predlozheniya po razrabotke tekhnologii szhiganiya [The problem of burning coal-water fuel and proposals for the development combustion technology]. *Doklady Akademii nauk vysshei shkoly Rossiiskoi Federatsii – Proceedings of the Russian higher school Academy of sciences*, 2015, no. 1 (26), pp. 85–93. doi: 10.17212/1727-2769-2015-1-85-93