

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.03  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ  
ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 07.12.2016 протокол № 6

О присуждении Кузьминой Юлии Сергеевне, гражданке Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Экспериментальное исследование процесса низкотемпературного пиролиза (торрефикации) гранулированного биотоплива» в виде рукописи по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы, принята к защите 30.09.2016г., протокол № 5 диссертационным советом Д 002.110.03 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, [jiht.ru](http://jiht.ru), (495) 485-83-45), утвержденным Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 15.02.2013 г. № 75/нк.

Соискатель Кузьмина Юлия Сергеевна, 1989 года рождения, в 2012 году окончила МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В 2016 году окончила аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Объединенном институте высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Объединенном институте высоких температур Российской академии наук.

Работает научным сотрудником Лаборатории № 2.1.3.1 – распределенной генерации НИЦ-2 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Научный руководитель – доктор технических наук, старший научный сотрудник Зайченко Виктор Михайлович, заведующий отделом № 2.1.3 НИЦ-2 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- доктор технических наук, профессор Косивцов Юрий Юрьевич, ФГБОУ ВО «Тверской государственной технической университет», кафедра "Биотехнология и химия", профессор;

- доктор химических наук, профессор Мясоедова Вера Васильевна, ФГБН «Институт химической физики им. Н.Н. Семёнова РАН», главный научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ МЭИ) (г. Москва), в своем положительном заключении, составленном профессором кафедры Инженерной теплофизики (ИТФ) д.т.н. Яговым В.В., заведующим кафедрой ИТФ к.ф.-м.н. Герасимовым Д.Н и доцентом кафедры ИТФ к.т.н. Глазковым В.В. (утвержденном проректором по научной работе, д.т.н., проф. Драгуновым В.К.), отметила актуальность, научную новизну и практическую значимость работы. По диссертации имеются следующие замечания:

1. Следовало бы провести более детальный анализ влияния параметров исходного сырья на состав конечного продукта после торрефикации. Как свидетельствуют данные других авторов, это влияние очень велико.

2. При расчете энергетической и экономической эффективности процесса торрефикации значительное влияние оказывают энергетические затраты, связанные с очисткой отходящих газов процесса торрефикации. К сожалению, анализу процесса очистки в работе уделено относительно мало внимания.

3. При расчете газогенератора на различных видах топлива влажность щепы и торфа, рассматриваемых как альтернативное сырье для процесса газификации, представляется завышенной, что влияет на оценку эффективности процесса.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Объединенном институте высоких температур РАН, Национальном исследовательском университете «Московский энергетический институт» и в других научных учреждениях

Соискатель имеет 4 статьи в реферируемых журналах (3 из них в журналах из списка ВАК), более 15 тезисов в сборниках трудов конференций, получено 2 патента и одно свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

### Основные работы:

1. Куфтов А.Ф., Кузьмина Ю.С. Перспективы применения твердых топлив из биомассы [Электронный ресурс] // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2011. № 8. URL.: <http://technomag.bmstu.ru/doc/216747.html> (дата обращения 04.09.2016).
2. Бессмертных А.В., Зайченко В.М., Коростина М.А., Кузьмина Ю.С. Перспективные технологии комплексной переработки торфа // Промышленная энергетика. 2013. №2. С. 54–57.
3. Директор Л.Б., Зайченко В.М., Косов В.Ф., Кузьмина Ю.С. Демонстрационный энерготехнологический комплекс с реактором торрефикации модульного типа // Промышленная энергетика. 2016. №2. С. 58–62.
4. Julia Kuzmina, George Sytchev, Victor Zaychenko. Torrefaction. Prospects and Application // Chemical Engineering Transactions. 2016. Vol. 50. doi: 10.3303/CET1650045.
5. Патент РФ № 2013122072/05, 15.05.2013. Зайченко В.М., Косов В.Ф., Кузьмина Ю.С., Марков А.В., Морозов А.В. Энерготехнологический комплекс с торрефикатором биопеллет // Патент России № 136801. 2014. Бюл. № 2.
6. Патент РФ 2015142402/13, 06.10.2015. Зайченко В.М., Косов В.Ф., Кузьмина Ю.С., Сычев Г.А. Установка для торрефикации гранулированной биомассы // Патент России № 161775. 2016. Бюл. № 13.
7. Программа сбора и обработки теплотехнических параметров энерготехнологического когенерационного комплекса. Молчанов Д.А., Кузьмина Ю.С. // Свид-во о регистрации программы для ЭВМ № 2016616737. 20.06.2016.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**1. Национальный исследовательский центр «Курчатовский Институт»** (заместитель заведующего отделом Биотехнологий и Биоэнергетики, к.т.н. Готовцев Павел Михайлович) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в автореферате не сказано, почему были выбраны температуры 230, 250 и 270 °С для проведения торрефикации;
- желательно было бы в автореферате представить основные уравнения математической модели.

**2. ФГБОУ ВО Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана** (доцент кафедры «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки», к.т.н. Бурцев Сергей Алексеевич) – отзыв положительный, с замечаниями:

- к сожалению, отраженные в автореферате исследования были выполнены только для пеллет, полученных из отходов хвойных пород деревьев, в то время как проблема гигроскопичности наиболее критична для пеллет, изготовленных из рыхлых материалов (например, соломы);

- из анализа данных, представленных на рис. 3, сложно сделать вывод о том, что торрефикация увеличивает теплоту сгорания, т.к. данные разных авторов дают различные значения и дополнительно требуют нормализации по какому-то параметру (например, по составу пеллет);

- из материалов, представленных в автореферате, не ясно, как продолжительность процесса торрефикации влияет на изменение свойств пеллет (в эксперименте (рис. 4, 5) время – 30 мин., при испытаниях по схеме рис. 6 – 40 мин, а в предложенной на рис. 11 схеме – 1 час).

**3. ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева»** (профессор кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника», д.т.н., доцент Соснина Елена Николаевна и доцент кафедры «Электроэнергетика, электроснабжение и силовая электроника», к.т.н. Шалухо Андрей Владимирович) – отзыв положительный, с замечанием: в автореферате следовало бы отметить отечественных и зарубежных ученых, занимающихся вопросами низкотемпературного пиролиза биомассы, дать краткую характеристику полученных ими научно-технических результатов.

**4. Филиал «ЭНЕКС» ОАО «Ростовтеплоэлектропроект»** (главный специалист по экономике и возобновляемым источникам энергии, к.т.н. Чернявский Адольф Александрович) – отзыв положительный, с замечанием: при экономическом анализе, представленном в четвертой главе диссертационной работы, следовало бы, помимо приведенных значений простых сроков окупаемости затрат, дать также и значения дисконтированных сроков полного возврата инвестиций, поскольку деньги теряют свою стоимость с течением времени.

**5. ООО «Солар системс»** (заместитель генерального директора по инновациям, к.т.н. Симонов Владимир Михайлович) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в автореферате не представлены формулы, описывающие математическую модель;

- не представлено подробное описание проведения испытаний типовой секции реактора торрефикации.

**6. ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»** (заведующий кафедрой «Энергообеспечение предприятий и теплотехника», д.т.н., профессор Жуков Николай Павлович) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в автореферате не приведены расчётные зависимости потери массы, теплоты сгорания и теплосодержания топливных пеллет;
- из текста автореферата не ясно, будут ли использоваться горячие газообразные продукты пиролиза в качестве возобновляемых энергетических ресурсов (блок утилизации) с целью уменьшения энергозатрат на проведение самого процесса торрефикации.

**7. ФГБУН Объединенный институт высоких температур Российской академии наук** (главный научный сотрудник, д.т.н., профессор Баранов Николай Николаевич) – отзыв положительный, с замечанием: следует заметить, что математическая модель описана в автореферате очень кратко (хотя от допущений, положенных в основу модели, зависит достоверность полученных расчетных результатов).

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

- д.т.н., профессор Косивцов Ю.Ю. является ведущим ученым в области энергетики, химических технологий в промышленности, а также методов термической обработки органического сырья.

Основные публикации Косивцова Ю.Ю., близкие к тематике диссертации:

1. Sulman E.M., Kosivtsov Yu.Yu., Sidorov A.I., Stepacheva A.A., Lugovoy Yu.V. Fuel gas production through low-temperature catalytic pyrolysis of flax shives // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. Vol. 11(7). P. 4439-4447.
2. А.В. Тихонов, М.Г. Сульман, Ю.Ю. Косивцов, Ю.В. Луговой. Пиролиз как современный метод получения альтернативных источников энергии // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Химия. 2015. № 2. С. 45-51.
3. Y.Yu. Kosivtsov, K.V. Chalov, Y.V. Lugovoy, E.M. Sulman, A.A. Stepacheva. Co-pyrolysis of peat and petroleum containing waste on Ni and Co containing catalysts // Chemical Engineering Transactions. 2015. Vol. 45. P. 667-672.

- д.х.н. профессор Мясоедова В.В. является видным учёным с мировым именем в области физической химии, а также топлив на основе возобновляемого лигноцеллюлозного сырья. Автор более 300 научных работ, шести монографий.

Основные публикации Мясоедовой В.В., близкие к тематике диссертации:

1. Мясоедова В.В. О перспективах использования процессов газификации низкосортных углей, сланцев и биомассы // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. № 6. С. 56-62.
2. Скопинцев И.В., Мелешкина А.М., Мясоедова В.В. Термохимическая конверсия и композиционные сорбенты для нефтепродуктов на основе смесей

целлюлозосодержащих и полимерных отходов упаковки // Известия Московского государственного технического университета МАМИ. 2013. Т. 2. № 3 (17). С. 86-90.

3. Мясоедова В.В. Некоторые стандарты топливных гранул и пеллет на основе лигноцеллюлозного сырья // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 3. С. 24-28.

Выбор национального исследовательского университета «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ») в качестве ведущей организации обусловлен тем, что НИУ «МЭИ» является многопрофильной организацией, проводящей обширные исследования в области энергетики. В институте активно ведутся работы по разработке и исследованию автономных энергокомплексов с использованием возобновляемых источников энергии, что близко к тематике диссертационного исследования соискателя.

Основные публикации сотрудников НИУ «МЭИ», близкие к тематике диссертации:

1. Султангузин И.А., Федюхин А.В., Курзанов С.Ю., Степанова Т.А., Тумановский В.А. Разработка технических решений для производства отечественных когенерационных установок с использованием технологий газификации и пиролиза местного твердого топлива // Промышленная энергетика. 2015. № 5. С. 51-54.

2. Ягов В.В. Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях: учебное пособие для вузов. -М.: МЭИ, 2014. –542 с.

3. Гюльмалиев А.М., Султангузин И.А., Федюхин А.В., Степанова Т.А. Термодинамический анализ характеристик генераторного газа при газификации подмосковного бурого угля // Химия твердого топлива. 2014. № 3. С. 21-26.

4. Федюхин А.В., Султангузин И.А., Степанова Т.А., Волошенко Е.В., Курзанов С.Ю., Исаев М.В. Совершенствование систем пиролиза и газификации твердого топлива для эффективной выработки тепловой и электрической энергии // Кокс и химия. 2013. № 8. С. 38-42.

Диссертационный совет отмечает, что **на основании выполненных соискателем исследований:**

- экспериментально обоснован процесс торрефикации при непосредственном нагреве топливных пеллет за счет сбросного тепла уходящих газов газопоршневой энергоустановки;

- экспериментально исследованы основные свойства торрефицированных пеллет, показано, что с увеличением температуры торрефикации теплота сгорания

торрефицированных пеллет может достигать 22,1 МДж/кг, что на 10 % выше, чем необработанных, а предел гигроскопичности снижается вдвое;

- определены основные режимные параметры процесса торрефикации и разработана принципиальная схема когенерационного энерготехнологического комплекса с реактором торрефикации.

**Научная новизна исследования** заключается в том, что:

- предложена и обоснована схема процесса торрефикации с прямым нагревом биомассы продуктами сгорания газопоршневой энергоустановки, а также показана принципиальная возможность создания промышленной технологии с высокой энергетической эффективностью;

- получены новые экспериментальные данные по основным свойствам торрефицированных топливных пеллет (элементный состав, выход летучих, зольность, влажность, плотность, теплота сгорания и предел гигроскопичности);

- разработан когенерационный энерготехнологический комплекс и его основные узлы, в том числе реактор торрефикации.

**Практическая значимость** работы заключается в следующем:

- экспериментально подтверждена возможность реализации процесса торрефикации в реакторе с прямым нагревом древесных пеллет продуктами сгорания. Предложенная технология защищена двумя патентами;

- получены расчетные и экспериментальные зависимости теплоты сгорания, теплосодержания и потери массы пеллет от температуры торрефикации и времени процесса;

- результаты исследований использованы при создании энерготехнологического когенерационного комплекса на линии гранулирования биомассы завода ОАО «ПРОДМАШ», г. Ростов-на-Дону;

- представлены предложения по возможным сферам применения торрефицированных пеллет.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Объединенном институте высоких температур РАН, Национальном исследовательском университете «Московский энергетический институт» и в других научных учреждениях.

**Оценка достоверности результатов** исследования выявила:

- результаты получены на сертифицированном оборудовании;

- идея диссертационной работы базируется на анализе научно-технической литературы по предметной области исследования, обобщении передового опыта работы других научных групп, лабораторий и технологических компаний;
- использованы современные методы и приборы для исследования свойств гранулированного топлива;
- установлено качественное совпадение авторских результатов и представлений с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад соискателя** состоит в непосредственном участии в выборе темы исследования, постановке задачи. Автор принимал активное участие в формулировке требований к торрефицированным пеллетам, разработке методик и проведении научных экспериментов по исследованию процесса торрефикации. Апробация результатов исследования проводилась на 14 российских и международных конференциях и симпозиумах, в которых соискатель принимал личное участие. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены лично автором.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную для энергетики тему, и соответствует критериям пункта 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК РФ, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании от 07.12.2016г. диссертационный совет принял решение присудить Кузьминой Ю.С. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 9 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 11 докторов наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета Д 002.110.03

чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Ученый секретарь диссертационного совета Д-002.110.03

д.т.н.



Вараксин А.Ю.

Директор Л.Б.