

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК**

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 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)
от 22 февраля 2017 г. (протокол № 1)

**Защита диссертации Лавренова Владимира Александровича
на соискание ученой степени кандидата технических наук
«Экспериментальное исследование процесса двухстадийной термической
конверсии древесной биомассы в синтез-газ»**

Специальность 05.14.01 – энергетические системы и комплексы

Москва – 2017

СТЕНОГРАММА

заседания диссертационного совета 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)
Протокол № 1 от 22 февраля 2017 г.

Диссертационный совет Д 002.110.03 утвержден Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 15.02.2013 г. № 75/нк в составе 25 человек. На заседании присутствуют 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 10 докторов наук по специальности 01.02.05 – механика жидкости, газа и плазмы. Дополнительно введены на разовую защиту 0 человек. Кворум имеется.

Председатель – председатель диссертационного совета Д 002.110.03
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор Вараксин А.Ю.

Ученый секретарь – ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.03
д.т.н. Директор Л.Б.

1	Вараксин А.Ю.	чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н.	01.02.05	Присутствует
2	Батенин В.М.	чл.-корр. РАН, д.т.н.	05.14.01	Присутствует
3	Директор Л.Б.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
4	Алхасов А.Б.	д.т.н., проф.	05.14.01	Отсутствует
5	Аминов Р.З.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
6	Баженова Т.В.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
7	Битюрин В.А.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.02.05	Присутствует
8	Воробьев В.С.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
9	Зайченко В.М.	д.т.н., с.н.с.	05.14.01	Присутствует
10	Зейгарник В.А.	д.т.н., с.н.с.	05.14.01	Присутствует
11	Климов А.И.	д.ф.-м.н., с.н.с.	01.02.05	Отсутствует
12	Кобзев Г.А.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
13	Красильников А.В.	д.т.н., с.н.с.	01.02.05	Присутствует
14	Леонов С.Б.	д.ф.-м.н.	01.02.05	Отсутствует
15	Масленников В.М.	д.т.н., проф.	05.14.01	Отсутствует
16	Медин С.А.	д.т.н., проф.	01.02.05	Отсутствует
17	Недоспасов А.В.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
18	Поляков А.Ф.	д.т.н., проф.	01.02.05	Присутствует
19	Попель О.С.	д.т.н.	05.14.01	Присутствует
20	Пятницкий Л.Н.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
21	Седлов А.С.	д.т.н., проф.	05.14.01	Отсутствует
22	Синкевич О.А.	д.ф.-м.н., проф.	01.02.05	Присутствует
23	Томаров Г.В.	д.т.н., проф.	05.14.01	Присутствует
24	Чиннов В.Ф.	д.ф.-м.н., проф.	05.14.01	Присутствует
25	Шугаев Ф.В.	д.ф.-м.н., доцент	01.02.05	Отсутствует

ПОВЕСТКА ДНЯ

На повестке дня защита диссертации младшего научного сотрудника лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики (НИЦ-2 ФТПЭ) Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (ОИВТ РАН) **Лавренова Владимира Александровича** на тему «Экспериментальное исследование процесса двухстадийной термической конверсии древесной биомассы в синтез-газ». Диссертация представлена на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы впервые. Диссертация выполнена в лаборатории 2.1.3.1 – распределенной генерации НИЦ-2 ФТПЭ ОИВТ РАН (125412, г. Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2, jiht.ru).

Научный руководитель:

Зайченко Виктор Михайлович – д.т.н., старший научный сотрудник, заведующий отделом 2.1.3 – распределенных энергетических систем Научно-исследовательского центра физико-технических проблем энергетики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук, г. Москва.

Официальные оппоненты:

Кузьмин Сергей Николаевич – гражданин РФ, к.т.н., доцент кафедры "Энергообеспечение предприятий и теплотехника" Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО "ТГТУ", Россия, 392000, г. Тамбов, ул. Советская, д. 106).

Тугов Андрей Николаевич – гражданин РФ, д.т.н., старший научный сотрудник, зав. отделением парогенераторов и топочных устройств электростанций Открытого акционерного общества «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ», Россия, 115280, г. Москва, ул. Автозаводская, д. 14)

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана, Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1).

На заседании присутствуют официальные оппоненты к.т.н., доцент Кузьмин С.Н. и д.т.н., с.н.с. Тугов А.Н., научный руководитель Лавренова В.А. д.т.н., с.н.с. Зайченко В.М.

СТЕНОГРАММА

Председатель

Я приветствую сегодня всех вас с благодарностью, потому что короткий день сегодня накануне большого праздника. От себя поздравляю всех присутствующих с наступающим праздником. Предлагаю начать наше заседание. Сегодня на повестке дня защита диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук Лавренова Владимира Александровича на тему «Экспериментальное исследование процесса двухстадийной термической конверсии древесной биомассы в синтез-газ» по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Предоставлю слово учёному секретарю Леониду Бенциановичу, чтобы он огласил для всех присутствующих, все ли документы у нас имеются.

Ученый секретарь

(Зачитывает данные о соискателе по материалам личного дела и сообщает о соответствии представленных документов требованиям ВАК Министерства образования и науки РФ).

Председатель

Спасибо, Леонид Бенцианович, есть ли какие-то вопросы к Леониду Бенциановичу? Вопросов нет. Тогда, Владимир Александрович, вам для доклада существа работы двадцать минут. Просьба придерживаться регламента. Пожалуйста.

Лавренов В.А.

Выступает с докладом по диссертационной работе (выступление не стенографируется, доклад Лавренова В.А. прилагается).

Председатель

Спасибо, Владимир Александрович. Пожалуйста, можно задать вопросы.

Попель О.С.

Можно вопрос? Фотография там с факелами – это что? Подработка в цирке или..?

Лавренов В.А.

В данном случае *(указывает на фотографию)* мы отработывали политопливную горелку с жидким и газообразным топливом, и нам нужно было откалибровать количество газообразного топлива, расход его, с неизвестными входными параметрами: мы знали давление топлива на входе и необходимо было подобрать количество отверстий, которое бы позволило создать нужный расход газового топлива. Сначала мы отработывали на пропане, потом на воздухе и потом уже на синтез-газе.

Битюрин В.А.

У меня простой вопрос. А почему энергетическая характеристика топлива как продукта измеряется в джоулях на кубометр, а не как обычно, в джоулях на килограмм? Объём газа, он же зависит от внешних условий.

Лавренов В.А.

В данном случае я везде имел в виду нормальный кубометр, приведённый к нормальным условиям.

Битюрин В.А.

Нигде не написано, что вы хотели.

Лавренов В.А.

ГОСТ существует, который подразумевает нормальные условия и везде все величины отнесены к нормальному кубометру.

Председатель

Ещё, пожалуйста, вопросы.

Аминов Р.З.

Скажите, пожалуйста, необходимость второй ступени реактора крекинга определяется сортами леса? Хвойные, лиственные породы, ведь не все (*виды*) древесины содержат смолы.

Лавренов В.А.

Я понял вопрос. Дело не в содержании смолы в древесине, а в том, что пирогенетическая влага и смолы образуются в результате пиролиза древесины. Древесина (любая) имеет практически одинаковый элементный состав, и при пиролизе образуются очень похожие продукты, слегка отличающиеся по составу, количеству, и суть реактора крекинга как второго этапа в том, чтобы эти сложные продукты: кислоты, смолы и прочие – преобразовать в синтез-газ, то есть в CO и H₂. Без второй части мы получим очень большое количество конденсируемых продуктов, которые невозможно использовать напрямую в двигателях внутреннего сгорания. И только второй этап позволяет это сделать.

Аминов Р.З.

Связана ли идеология этого вопроса с увеличением ресурса двигателя, я правильно понимаю?

Лавренов В.А.

Да. В случае, если двигатель будет работать на синтез-газе, загрязнённом смолами, с содержанием более ста миллиграмм на кубометр (нормальный), то, соответственно, этот двигатель довольно быстро выходит из строя. Существует ряд работ по длительному испытанию двигателей, и практически все источники ссылаются на то, что длительная работа двигателя (несколько тысяч часов) возможна только при содержании в газе смол на уровне пятьдесят миллиграмм на кубометр и ниже. Это очень важно для работы двигателей.

Председатель

Спасибо, Рашид Зарифович, за вопрос. Ещё кто-нибудь хочет? Лев Николаевич.

Пятницкий Л.Н.

Вот вы сказали насчёт патента. Упомянули. Так что входит в этот патент? Какое содержание его? На что он направлен главным образом? Это ведь внедрение чего-то практическое?

Лавренов В.А.

В этот патент входит конструкция (начиная от загрузки и продолжая пиролизом и крекингом) установки данной, то есть, по сути, он описывает принцип и некоторые геометрические размеры данной установки.

Пятницкий Л.Н.

Вся технология, короче говоря.

Лавренов В.А.

Он описывает установку, это патент на изобретение, и он описывает конкретную

установку, которая позволяет получать, собственно, газообразные продукты из биомассы. То есть там конкретно указано, какие размеры реторты и прочее. Но он показывает, он отражает суть этой установки.

Пятницкий Л.Н.

Конкретной установки, да?

Лавренов В.А.

Это не принцип в целом, но это установка, которая основана именно на этом принципе.

Пятницкий Л.Н.

Ваша установка.

Лавренов В.А.

По сути это установка, да. Ведь принцип, он был известен ранее, и проводились эксперименты, но они были лабораторные, соответственно, осуществлялись только в периодическом режиме, то есть непрерывную установку никто не делал, и количество биомассы, которое использовалось – это единицы грамм, максимум десятки грамм. А здесь нам удалось сделать несколько килограмм в час, и мы продолжаем развивать эту тему.

Председатель

Спасибо. Да, Вячеслав Михайлович.

Батенин В.М.

Скажите, пожалуйста, и первый этап, пиролиз, и второй – они требуют подвода тепла?

Лавренов В.А.

Да, оба этапа требуют подвода тепла. Пиролиз – это эндотермический процесс и, соответственно, он требует подвода тепла, а процесс крекинга также эндотермический, там происходит, соответственно, крекинг высокомолекулярных соединений, поэтому нам необходимо подводить теплоту либо в виде продуктов сгорания, либо каким-то иным образом: в лабораторной установке это электрические печи, а в большой установке это теплота продуктов сгорания сначала природного газа...

Батенин В.М.

Уровень. Уровень температуры для подвода тепла какой?

Лавренов В.А.

Тысяча сто градусов Цельсия – это продукты сгорания на входе в установку, тысяча градусов Цельсия – это температура внутри реактора крекинга.

Батенин В.М.

Через стенку?

Лавренов В.А.

Через стенку. Обогрев производится через стенку, и именно поэтому наша установка не может быть в существующем виде масштабирована до уровня больше, скажем, одного мегаватта, а единичная установка – не более двухсот пятидесяти киловатт. Но, однако, мы прорабатываем возможность, как это обойти и сделать установку с большей единичной мощностью за счёт регенеративного принципа.

Батенин В.М.

И ещё один вопрос. Значит, если вы рассматриваете установку производства электроэнергии с двигателем внутреннего сгорания, какой же общий электрический КПД получается у такой установки?

Лавренов В.А.

Это будет зависеть от реализации установки. Сейчас в реализации установки получилось у нас тридцать семь процентов – это КПД преобразования энергии биомассы в энергию синтез-газа. Соответственно, 0,3 (примерно 0,28 – 0,3) – это КПД газопоршневого электроагрегата. То есть получается на уровне где-то двенадцати процентов и это, в общем-то, сопоставимо с мировыми аналогами.

Батенин В.М.

Всё, спасибо, это я хотел услышать.

Лавренов В.А.

В случае улучшения схемы по предлагаемой методике мы сможем получить КПД на уровне двадцати – двадцати двух процентов.

Батенин В.М.

И второй, последний вопрос. Если говорить о использовании вашего устройства не при производстве электроэнергии, а при производстве тепла. Что, в вашем котле нельзя сжечь просто синтез-газ, который получают?... Вернее, не нужен такой двухстадийный процесс. Котёл может быть, если вы производите только тепло, совсем простой. Вы сравнивали эти вещи?

Лавренов В.А.

В данном случае преимущество такого процесса по сравнению с обычным пиролизёром состоит только в том, что если у нас имеется длинная магистраль газа, то обычный пиролизный газ мы не сможем по ней передать, там происходит его конденсация и забивание магистрали.

Батенин В.М.

Вы говорите, что надо рядом с...

Лавренов В.А.

Они должны стоять непосредственно рядом, а в нашем случае была довольно длинная магистраль и мы не могли подать непосредственно в котёл. И поэтому данные исследования осуществлялись вот для такой установки.

Батенин В.М.

Я имел в виду, что если вы говорили о производстве тепла рядом с деревообрабатывающим предприятием, то любой котёл кипящего слоя может проглотить всё, что угодно. Зачем такая сложная схема?

Лавренов В.А.

Это одно из приложений, которое может быть и не найдёт применение на практике, хотя, может быть, и найдёт, поскольку сжигание опилок, оно очень проблематично. Опилки без специальных устройств сжигания имеют тенденцию к взрывам. А в данном случае мы можем опилки использовать для получения газа.

Батенин В.М.

Спасибо.

Лавренов В.А.

Другие виды древесных отходов – да, их легче сжечь просто в котле.

Председатель

Ещё вопросы?

Битюрин В.А.

Можно ещё вопрос, Алексей Юрьевич?

Председатель

Да, давайте.

Битюрин В.А.

В продолжение вопроса Вячеслава Михайловича, первой части. Вот у вас на схеме там где-то было нарисовано, что используется природный газ для запуска, по крайней мере, на схеме. (Покажите, чтобы понятно было, там, где голубенькая стрелочка). Меня интересует, как много газа и тепла нужно оставить в вашей установке, чтобы она заработала.

Лавренов В.А.

В данном случае количество природного газа, которое сжигалось, было практически равным теплоте сгорания того газа, который мы получали. Но именно эта установка была сделана как демонстрационная, показывающая, что мы можем получить.

Битюрин В.А.

Давайте вот про эту тогда.

Лавренов В.А.

В случае, если мы заменим природный газ коксовым остатком, то есть побочным продуктом, мы не будем сжигать природный газ вовсе, то есть полностью выйдем на самообеспечение и утилизационный вид установки.

Битюрин В.А.

А технологически это можно сделать?

Лавренов В.А.

Технологически это возможно, мы подобрали топку специальную, которая позволит сжигать именно этот вид коксового остатка, и собираемся это осуществить.

Битюрин В.А.

Вы можете замкнуть установку, да?

Лавренов В.А.

Полностью будет замкнутый цикл, то есть только биомасса на входе.

Битюрин В.А.

И тогда КПД..?

Лавренов В.А.

Тогда ожидаемое значение КПД или, соответственно, коэффициент преобразования энергии биомассы в синтез-газ на уровне шестидесяти трёх – семидесяти процентов, а

электрический – около двадцати – двадцати двух.

Битюрин В.А.

Понятно, спасибо.

Председатель

Пожалуйста, ещё. Олег Арсеньевич.

Синкевич О.А.

Скажите, пожалуйста, на рисунке один и два, где содержание смол и влаги, точки стоят. Это ваши экспериментальные точки?

Лавренов В.А.

Да, это экспериментальные точки.

Синкевич О.А.

Это чего, всего по трём экспериментальным точкам вы проводите?

Лавренов В.А.

Там была серия экспериментов.

Синкевич О.А.

Как они нанесены? По трём точкам просто как-то...

Председатель

Каждая точка – это не одна точка? Не один пуск, несколько?

Лавренов В.А.

Была серия экспериментов на каждую температуру, и, соответственно, было определено среднее значение, которое указано.

Председатель

Погрешность примерно какая?

Лавренов В.А.

Основную часть погрешности составляла погрешность взвешивания. Погрешность взвешивания – это одна сотая миллиграмма а, соответственно, самая большая погрешность по содержанию смол была на уровне восьми процентов где-то. Семи – восьми процентов.

Синкевич О.А.

А содержание влаги как вы определили?

Лавренов В.А.

Влага осаждалась в конденсаторе, после чего проводилось измерение её содержания взвешиванием.

Председатель

Ещё вопросы? Или достаточно? Пойдём дальше. Слово предоставляется научному руководителю, доктору технических наук Зайченко Виктору Михайловичу.

Зайченко В.М.

Уважаемые члены совета, по протоколу я должен сказать несколько слов про

соискателя. Он в двенадцатом году закончил МГТУ, по-моему в августе или в сентябре закончилась аспирантура, у нас была некоторая задержка с защитой, связанная с тем, что Володя там чем-то увлёкся и опоздал месяца на три, у него есть такая склонность. Характеристика его как исследователя – вот что является для нас главным, с моей точки зрения. Он рассказывал, например, про установку, несколько фотографий которой он не показал. Она была сделана в Нижнем Новгороде. Почему в Нижнем Новгороде? Потому что в Нижнем Новгороде есть девять депрессивных районов, где огромные затраты на жидкое топливо. Эти девять депрессивных районов стоят на торфе и в лесу. Шансов поставил задачу правительству Нижегородской области: давайте как-то заменим хотя бы часть жидкого топлива, потому что это огромная бюджетная дотация на деятельность энергетики в этих районах. Когда ввозится уголь на юг или в среднюю полосу, тарифы не окупают всех затрат. Но здесь называются разные цифры, я боюсь говорить, во всяком случае, доплата сегодня бюджета за энергетику – это десятки миллиардов долларов. Нужно было сделать в Нижнем Новгороде горелку, которая была в котле. Он её там сделал. Как он сделал, никто не знает. Была поставлена задача. И эти задачи, по мере возникновения, он решает сам, это его характеристика. Он показывал горелку, тут много всяких вещей, которые он делал сам. Он быстро ориентируется и, вообще говоря, склонен к принятию самостоятельных решений и склонен к тому, чтобы эти решения исполнялись. Эта работа во многом им сделана, при его непосредственном участии, это его огромный вклад. И самое главное, что он внёс в исполнение всех этих вещей очень много своего, и эта работа могла быть реализована только при условии того, что соискатель работал над этой темой. Благодарю вас за внимание.

Председатель

Спасибо, может быть, к Виктору Михайловичу вопросы у кого-то есть? У меня тогда вопрос. Работа по Нижнему Новгороду, там команда институтская, можно её назвать? Сколько человек было всего?

Зайченко В.М.

Извините, вот я, например, непосредственно участвовал, я договаривался.

Председатель

Ещё кто-то был?

Зайченко В.М.

Да. Владимир Фролович Косов. Мы говорили на эту тему, подписывали документы. Всё остальное, вообще говоря, Володя с двумя-тремя молодыми людьми сделал. Почему Нижний Новгород, я сказал, потому что была задача уменьшить расходы на солярку. Хотя, вообще говоря, конечно лучше делать электричество, это более эффективно с экономической точки зрения.

Синкевич О.А.

Эти три человека откуда были, отсюда или оттуда?

Зайченко В.М.

Вот они здесь сидят, из нашего отдела.

Синкевич О.А.

Это наши люди?

Зайченко В.М.

Да, Миша, ты где? Миша есть? Вот Миша сидит. Тоже исполнитель в этом всём.

Председатель

Спасибо, Виктор Михайлович. Теперь переходим к отзывам. Заключение организации, где выполнялась диссертация, а также отзыв ведущей организации. Ведущая организация, в её роли выступал МГТУ имени Баумана, а также другие отзывы, которые поступили в совет на автореферат. Слово Леониду Бенциановичу.

Ученый секретарь

Работа, как вы поняли, выполнялась в нашем институте (*ОИВТ РАН*), соответственно, заключение подписано заместителем директора Гавриковым. Заключение было принято на межотдельском семинаре секции НИЦ-2 физико-технических проблем энергетики. В этом заключении кратко отмечается актуальность работы, основное её содержание и, соответственно, выводы, что диссертация является актуальной, соответствует требованиям ВАК и может быть принята к защите.

Отзыв ведущей организации. Ведущей организацией был рекомендован МГТУ имени Баумана, отзыв утверждён первым проректором по научной работе, профессором Зиминим, а составлен сотрудниками кафедры газотурбинных и нетрадиционных энергоустановок: доцентом Ивановым, к.т.н. Куникеевым и профессором Манушиным. В отзыве отмечается актуальность темы диссертации, кратко изложена структура работы, отмечена научная новизна, практическая значимость и обоснована достоверность выводов. Отзыв в целом положительный. Замечания по отзыву:

(Первое замечание.) В литературном обзоре следовало бы уделить больше внимания подробному анализу публикаций, непосредственно касающихся исследуемого метода двухстадийной термической конверсии биомассы.

Второе замечание:

(Второе замечание.) Методика расчета объема реактора крекинга модуля термохимической конверсии не является универсальной, поскольку представляет собой масштабирование экспериментальной установки до размеров промышленного реактора в предположении подобия процессов. Неясно, до каких размеров реактора приемлем такой подход.

Третье:

(Третье замечание.) Следовало бы изучить влияние плотности «загрузки» биомассы на показатели процесса двухстадийной термической конверсии, поскольку плотность и размеры частиц коксового остатка биомассы в реакторе крекинга должны напрямую влиять на интенсивность взаимодействия пиролизных продуктов и коксового остатка.

Четвёртое:

(Четвёртое замечание.) Оценка экономической эффективности электростанции на базе установки двухстадийной конверсии представляется несколько завышенной, поскольку предполагается годовая наработка 8000 часов (что маловероятно), а выбранное значение ставки дисконтирования меньше принятых значений инфляции и ростов тарифов.

Отмечено, что указанные замечания не снижают общей положительной оценки работы, научной и практической значимости её результатов. И заключение, я его позволю себе полностью зачитать.

Диссертационная работа является завершённой научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на высоком научном уровне. По работе в целом и по каждой главе сделаны четкие и обоснованные выводы. Полученные автором результаты достоверны. Диссертация соответствует всем критериям, установленным пунктом 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 г., а её автор Лавренов Владимир Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Работа заслушана на расширенном семинаре кафедры Газотурбинных и нетрадиционных энергоустановок факультета Энергомашиностроение МГТУ имени

Баумана.

И, я так понимаю, что отзывы на автореферат?

Председатель

Да, сразу, наверное, отзывы на автореферат. Потом будете отвечать на вопросы.

Ученый секретарь

На автореферат поступило четыре отзыва.

(Первый отзыв.) Первый. Отзыв Московского энергетического института подписан профессором кафедры инженерной теплофизики, доктором технических наук Яньковым Георгием Глебовичем. Отзыв положительный. Замечания:

Первое:

(Первое замечание.) Предложение на странице 3 автореферата «При производстве электроэнергии путем конверсии древесной биомассы в газообразное топливо ... одним из эффективных и коммерчески жизнеспособных методов является газификация» представляется неудачным. В чем смысл этого предложения?

Второе замечание:

(Второе замечание.) В таблице 2 приведена эффективность преобразования энергии древесной биомассы в энергию синтез-газа, равная 79,8 %. Если, пользуясь таблицей 2, разделить теплоту сгорания полученного синтез-газа (24,5) на теплоту сгорания исходной биомассы (30,3) в единицу времени, то легко получить значение 80,9 %. Не ясно как получено значение 79,8 %.

И последнее:

(Третье замечание.) Следовало бы пояснить определения КПД МТК в таблице 2 (37,1 %) и в тексте, следующем за таблицей 3 (63,2–69,5 %). Ясно, что «вдруг» КПД не может увеличиться почти в 2 раза при снижении энергетической эффективности с 79,8 % (таблица 2) до 70,3 % (с. 15). Как получить значение КПД равное 37,1 %, пользуясь данными табл. 2, также не ясно.

(Второй отзыв.) Второй отзыв. Институт химической физики имени Сеченова Российской академии наук. Подписан главным научным сотрудником, доктором химических наук, профессором Мясоедовой Верой Васильевной. Отзыв также положительный, с замечаниями:

(Первое замечание.) В работе отсутствуют сведения о содержании твердых частиц в получаемом газе. Данный показатель, наряду с содержанием смол, является одним из основных ограничивающих факторов для использования газа в двигателях внутреннего сгорания.

И второе замечание:

(Второе замечание.) В автореферате не представлены расчетные формулы для определения коэффициента полезного действия модуля термохимической конверсии.

(Третий отзыв.) Третий отзыв. Филиал «ЭНЕКС» ОАО «Ростов теплоэлектропроект». Подписан главным специалистом по экономике и возобновляемым источникам энергии, кандидатом технических наук Чернявским Адольфом Александровичем. Отзыв также положительный, замечания:

(Первое замечание.) Не представлен подробный вывод формулы расчёта объёма реактора крекинга модуля термохимической конверсии.

И второе замечание:

(Второе замечание.) В расчёте показателей экономической эффективности инвестиционного проекта создания электростанции логичнее было бы вместо схемы, подразумевающей производство только электрической энергии, принять за основу когенерационную схему.

(Четвёртый отзыв.) И последний отзыв от исследовательского центра «Курчатовский институт», подписан заместителем заведующего отделом биотехнологий и биоэнергетики, кандидатом технических наук Готовцевым Павлом Михайловичем. Отзыв

тоже положительный. Замечания:

(Первое замечание.) На странице 11-12 автореферата приведен перечень оборудования, на котором проводились измерения элементного состава, показателя выхода летучих и зольности биомассы, а также химического состава синтез-газа, однако не представлена информация о том, почему были выбраны соответствующие методики их определения.

И второе замечание:

(Второе замечание.) В автореферате было бы целесообразным дать информацию о методике расчета значений теплоты сгорания биомассы, коксового остатка и синтез-газа, приведенных в таблице 2.

Всё.

Председатель

Спасибо, Леонид Бенцианович. Владимир Александрович, вам слово для ответа на вопросы, содержащиеся в озвученных отзывах. Просьба максимально лаконично.

Лавренов В.А.

(Ответ на замечания ведущей организации.) Вопросы ведущей организации.

(Ответ на первое замечание.) Первый. В обзоре представлены материалы и ссылки на литературные источники, которые полностью охватывают имеющиеся в настоящий момент разработки и проведенные исследования по данному методу.

(Ответ на второе замечание.) Второй вопрос. Предложенная методика действительно представляет собой масштабирование экспериментальной установки в предположении подобия процессов, однако промышленные реакторы не могут иметь единичные размеры, существенно превышающие те, которые были изготовлены, из-за необходимости подведения теплоты через стенку.

(Ответ на третье замечание.) Третий вопрос. Размеры частиц коксового остатка действительно должны оказывать влияние на процесс. Однако в созданном модуле термохимической конверсии невозможно было точно управлять усилием подающего поршня и, соответственно, плотностью образующегося брикета, поэтому на практике данные подобных исследований, предлагаемых, не потребовались.

(Ответ на четвертое замечание.) Четвёртый вопрос. Годовая наработка принята из условия непрерывной работы установки с остановами на профилактику и ремонт. Значение ставки дисконтирования принято установленному ЦБ РФ. Инфляция принята по итогам предшествующего написанию работы года (т.е. известное годовое значение), рост тарифов соответствует реальной динамике за последние годы.

(Ответ на замечания по автореферату.) Отзывы на автореферат.

(Первый отзыв.) (Ответ на первое замечание.) Первый вопрос. Яньков Георгий Глебович. В предложении при сокращении текста диссертации была допущена опечатка. Пропущено слово «наиболее», правильно должно было быть написано так: «... одним из наиболее эффективных ...». Данное предложение в тексте диссертации подтверждается ссылкой на работу, где исследуются различные способы преобразования энергии биомассы в электроэнергию.

(Ответ на второе замечание.) Второй вопрос. В таблице 2 приведены значения высшей теплоты сгорания, используемой для сведения энергетического баланса, в то время как эффективность преобразования рассчитана для значений низшей теплоты сгорания, которая указана в тексте диссертации, там подробно даны все формулы, но недостаточно полно отражено в автореферате из-за необходимости более сжатого изложения.

(Ответ на третье замечание.) Третий вопрос. КПД модуля термохимической конверсии является отношением низшей теплоты сгорания газа к затраченной на проведение процесса. КПД увеличивается за счёт использования побочного продукта процесса – коксового остатка, полностью замещающего природный газ. Значение 37,1% –

отношение низшей теплоты сгорания полученного синтез-газа к низшей теплоте сгорания внесённой в модуль термохимической конверсии биомассы и сжигаемого для обогрева природного газа, а также потребляемой насосной станции электрической энергии.

(Второй отзыв.) Далее. Вера Васильевна Мясоедова.

(Ответ на первое замечание.) Первый вопрос. Исследования содержания твёрдых частиц на выходе из реактора планируется провести в дальнейшем. При работе установки в составе когенерационного комплекса на базе газопоршневого двигателя использовались фильтры, обеспечивающие необходимое качество газа.

(Ответ на второе замечание.) Далее. Второй вопрос. Подробное описание расчёта эффективности конверсии древесной биомассы в синтез-газ и коэффициента полезного действия модуля термохимической конверсии содержится непосредственно в диссертации.

(Третий отзыв.) Чернявский Адольф Александрович.

(Ответ на первое замечание.) Первый вопрос. Подробный вывод формулы расчёта объёма реактора крекинга модуля термохимической конверсии также приведён полностью в диссертации и не включён в автореферат.

(Ответ на второе замечание.) В расчёте показателей экономической эффективности большинство деревообрабатывающих предприятий, как я уже говорил, имеет собственные котельные и не нуждается в дополнительном производстве тепловой энергии. Именно поэтому был выбран вариант производства только электрической энергии.

(Четвёртый отзыв.) Готовцев Павел Михайлович.

(Ответ на первое замечание.) Первый вопрос. Для измерения элементного состава, показателя выхода летучих и зольности биомассы, а также химического состава синтез-газа использовались стандартные методики, базирующиеся на государственных и международных стандартах и описанные в руководстве к использованию указанного оборудования.

(Ответ на второе замечание.) Второй вопрос. Методика расчета значений теплоты сгорания биомассы, коксового остатка и синтез-газа также полностью приведены в тексте диссертации, но, к сожалению, не отражены в автореферате из-за экономии места.

Всё, на этом вопросы все.

Председатель

Спасибо, может быть, возникли ещё какие-то вопросы у учёного совета? Тогда переходим к выступлению...

Попель О.С.

Можно один маленький вопрос? Возник в связи с нижегородским опытом, где, насколько я понимаю, вы модернизировали котельную. Вы переводили её на опилочное топливо вместо мазутного, да? Вы проводили экономический анализ? Не только на электроэнергию упирали, а в данном конкретном случае у вас анализ экономики сделан?

Лавренов В.А.

В данном случае не проводился экономический анализ, поскольку наиболее эффективный способ применения этой установки – для производства электроэнергии.

Попель О.С.

Там безнадёжно и просвета не видно? В части перевода. Это же действительно востребовано Нижним Новгородом. Насколько может быть экономически эффективным перевод в их условиях котельных с дизельного топлива на это.

Лавренов В.А.

Данный анализ провести необходимо на модернизированной установке, поскольку

мы испытывали установку такую, какая у нас была изготовлена, демонстрационная, а она работала на природном газе. Мы не проводили экономический анализ для десяти-двадцати процентного замещения топлива, поскольку это не актуально, а для полного замещения дизельного топлива, девяносто процентного, как я говорил, максимального, я думаю, экономика уже будет актуальной.

Попель О.С.

Хорошая или плохая?

Лавренов В.А.

Примерно нейтральная, поскольку всё это зависит от места, куда привозят топливо. Нижний Новгород – это ещё не очень далеко, если мы будем иметь какие-то совсем удалённые районы, где дальнепривозное топливо – это несколько тысяч километров, там экономика будет хорошая. В любом случае.

Председатель

Спасибо. Переходим к отзывам и выступлениям официальных оппонентов. Слово предоставляется официальному оппоненту, доктору технических наук, старшему научному сотруднику Тугову Андрею Николаевичу, ОАО «ВТИ», заведующему отделением парогенераторов и топочных устройств. Андрей Николаевич, вам слово.

Тугов А.Н.

Спасибо. Уважаемые члены диссертационного совета, прежде всего, хочу отметить, что в целом работа Лавренова произвела достаточно благоприятное впечатление и всё, что там было отражено, соответствует требованиям, которые предъявляет ВАК. Прежде всего, хотелось отметить актуальность темы диссертации. Тема, как вы уже слышали, посвящена вовлечению в энергетический баланс возобновляемых источников энергии отходов древесины, с одной стороны, с другой стороны, развивается достаточно перспективный путь преобразования энергопотенциала топлива, твёрдых топлив, (прежде всего с точки зрения экологии, за счёт термохимической переработки) в газовые смеси, которые впоследствии будут сжигаться либо в газовых турбинах, либо в газопоршневых машинах. С этой точки зрения в работе Лавренова исследуется именно такая технология, которая преобразует термохимическим способом (перспективным направлением) твёрдые топлива, а в качестве твёрдого топлива используется древесина. Актуальность ещё обеспечивается тем, что данная работа соответствует приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации: рациональное природопользование и эффективность, энергосбережение и ядерная энергетика и была поддержана контрактом Минобрнауки. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, сомнений не вызывает, так как они получены с использованием общепринятых и апробированных методик и с использованием методов и измерительной аппаратуры, о которых соискатель уже здесь вам поведал. Полученные результаты также согласуются с данными других исследователей. Про научную новизну и практическую значимость уже неоднократно было рассказано. Я ещё раз хочу отметить, что соискатель в своей работе впервые экспериментально подтвердил возможность практической реализации непрерывного процесса двухстадийной термической конверсии древесной биомассы в синтез-газ. На опытной установке непрерывного действия соискателем получены новые данные о химическом составе и удельном выходе газообразных продуктов. В диссертации также впервые исследована зависимость содержания в получаемом синтез-газе высокомолекулярных органических соединений (смола) и водяных паров от параметров проведения процесса. На основании полученных данных автор обосновывает возможность использования синтез-газа в двигателях внутреннего сгорания без дополнительной очистки от смол, что является важным практическим результатом работы. Кроме того,

Лавренов выполнил испытания когенерационного энергетического комплекса на базе газопоршневого двигателя и исследовал возможность частичного замещения синтез-газом дизельного топлива в котельной действующего производственного предприятия, о чём было уже соискателем доложено.

Диссертационная работа изложена на 152 страницах текста, оформление диссертации соответствует действующим требованиям ВАК, структура и отражённый материал традиционны. В первой главе проведён достаточно подробный литературный анализ и обоснованы основные направления исследований, которые автором были выбраны в качестве приоритетных. Вторая глава посвящена проведению и исследованию процесса двухстадийной термической конверсии экспериментальной установки периодического действия, и очень подробно была изложена в его докладе. Третья глава посвящена экспериментальным исследованиям, проведённым на двух одинаковых модулях термохимической конверсии, сконструированных по предложенной автором схеме. Предложена модернизированная схема таких модулей. Четвёртая глава включает в себя описание принципиальных схем, измерений, результатов испытаний когенерационного комплекса с газопоршневым электроагрегатом и блоком утилизации тепла продуктов сгорания, а также отопительной системы производственного предприятия «Энергонезависимость», которое расположено в Нижнем Новгороде, и про которое мы здесь тоже всё слышали. В заключении Лавреновым представлены основные результаты работы и выводы. В целом, следует отметить, что изложение материалов диссертации выполнено на достаточно высоком научном уровне, обладает внутренним единством, по каждой главе сделаны чёткие выводы, отражающие полученные в нём основные научные и практические результаты. Опубликованы двадцать две печатные работы, в том числе 3 статьи в журналах из перечня ВАК и две статьи в журнале, входящем в базу данных Scopus и Web of Science. Результаты докладывались на 19 российских и международных научных конференциях. Автореферат диссертации и публикации достаточно полно отражают результаты научных исследований диссертационной работы.

(Замечания первого официального оппонента.) Замечания.

(Первое замечание.) При сравнении энергоэффективности установок, работающих по принципу прямого сжигания с использованием паровых турбин, и установок, использующих промежуточный газообразный теплоноситель с применением газовых турбин и газопоршневых двигателей, для последних в оценках следует учитывать эффективность конверсии, влияние теплоты сгорания газа на КПД газопоршневых двигателей и турбин, затраты на очистку синтез-газа и т.д., которые существенно снижают энергоэффективность. Преимущества энергоустановок малой мощности с промежуточным теплоносителем, на мой взгляд, заключаются, прежде всего, в более низких капитальных затратах и экологичности по сравнению с традиционными, а не в энергоэффективности.

Здесь уже в качестве вопроса это прозвучало, что может быть гораздо выгоднее просто сжигать биомассу на больших установках в энергетических котлах с большим тепловым и электрическим КПД.

(Второе замечание.) Второе. Анализ экспериментальных данных о вкладе трех рассматриваемых реакций в увеличение выхода газов относится исключительно к условиям проведения описанных экспериментов. В работе не приведен термодинамический анализ и не дано оценок того, насколько рассматриваемые процессы приближались к равновесному состоянию. Из-за отсутствия термодинамического анализа остается открытым вопрос о возможности использования полученных данных к подобным процессам в промышленных установках.

(Третье замечание.) Третье. Значение КПД жидкотопливного котла, приведённое в табл. 4.3, ниже среднего значения КПД для аналогичных котлов, горелки которых правильно настроены для сжигания дизельного топлива. Соответствующее значение коэффициента избытка воздуха, приведённое в табл. 4.2, также ниже нормального

значения для горелочных устройств подобного типа. Заключение о неизменности условий сгорания жидкого топлива при замене 20% жидкого топлива синтез-газом является спорным, т.к. параметры сжигания изначально отличны от оптимальных.

(Четвёртое замечание.) Четвёртое. В разделе, посвященном экономическому анализу проекта создания автономной электростанции не приведена структура операционных затрат, являющихся важной составляющей любого инвестиционного проекта.

(Пятое замечание.) Пятое. В автореферате следовало бы привести формулы расчёта эффективности конверсии древесной биомассы в синтез-газ и коэффициента полезного действия модуля термохимической конверсии.

Приведенные замечания не снижают общей положительной оценки работы, научной и практической значимости ее результатов.

Заключение по работе. Диссертационная работа Лавренова является завершённой научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно на хорошем научно-техническом уровне с использованием современного высокоточного оборудования. Полученные автором результаты являются достоверными, а сформулированные выводы и заключения обоснованными. Автореферат соответствует содержанию диссертации и даёт полное представление о проделанной работе. Диссертация соответствует всем критериям, установленным пунктом 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013 года, а ее автор Лавренов Владимир Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы. Спасибо.

Председатель

Спасибо, Андрей Николаевич, за обстоятельный отзыв и замечания по существу. Есть ли у кого-нибудь вопросы к Андрею Николаевичу?

Синкевич О.А.

Один вопрос. Скажите, пожалуйста, эта диссертация была выполнена в академическом институте, занимающемся фундаментальными проблемами. Скажите, пожалуйста, ваша точка зрения, такая работа могла бы быть выполнена в отраслевом институте, типа ВТИ, ИНИН или в Питере, как вы считаете?

Тугов А.Н.

Я тоже занимаюсь и газификацией, и пиролизом. И более того, постоянно возникает такая проблема, которая перед нами стоит – это (о чём уже Владимир говорил) обеспечение тех районов России, где привозное топливо играет определяющую роль. Поэтому я думаю, что, наверное, возможно. Может быть не на таком глубоком научном уровне.

Председатель

Спасибо. Спасибо ещё раз, Андрей Николаевич. Слово предоставляется Владимиру Александровичу, просьба ответить на вопросы, которые прозвучали в выступлении, максимально лаконично.

Лавренов В.А.

(Ответы на замечания первого официального оппонента.) Ответы на вопросы.

(Ответ на первое замечание.) Первый вопрос. С учётом того, что КПД малых электроагрегатов, которые используют промежуточный газообразный энергоноситель, выше, чем у устройств, которые преобразуют теплоту, получаемую при непосредственном сжигании топлива, то итоговый электрический КПД схемы для малых мощностей в случае с промежуточным энергоносителем оказывается больше, чем в случае прямого сжигания

топлива и последующего преобразования теплоты. Во всяком случае, это справедливо для значения эффективности конверсии биомассы в генераторный газ на уровне 70 – 75% и выше.

(Ответ на второе замечание.) Второй вопрос. Основной целью упомянутого исследования являлось исследование качества газа, содержания смол. Наряду с этим также была предложена качественная оценка вклада различных процессов в увеличение объёма неконденсирующихся газов, наблюдаемое с ростом температуры в зоне крекинга. Для проведения более детального анализа требуются данные о зависимости концентрации отдельных компонентов на различных участках установки. Данные исследования не проводились и планируются к проведению в дальнейшем.

(Ответ на третье замечание.) Третий вопрос. Техническое состояние, которое имелось у котла и поверхностей теплообмена не позволило получить значение КПД, которое было бы на уровне, соответствующем аналогам. Кроме того, введение в пространство воздуховода горелки специального устройства для комбинированного сжигания повлияло на расход воздуха, хотя это было частично скомпенсировано положением воздушной заслонки, однако, оптимальный режим горения был достигнут именно на заявленных и представленных в работе режимах, когда получался максимальный КПД. И этот КПД соответствует представленному.

(Ответ на четвёртое замечание.) Ответ на четвёртый вопрос. Операционные затраты были учтены в расчёте при оценке экономической эффективности, но с целью ограничения размера главы, я решил подробно не представлять эти данные, а сократить их представление до нескольких строчек в таблице.

(Ответ на пятое замечание.) Пятый вопрос. Подробное описание расчёта эффективности конверсии также полностью представлено в диссертации, но только частично представлено в автореферате.

Всё.

Председатель

Спасибо. Возникли у кого, может быть, вопросы? Тогда разрешите предоставить слово второму официальному оппоненту, кандидату технических наук, доценту Кузьмину Сергею Николаевичу, Тамбовский Государственный Технический Университет, кафедра «Энергообеспечение предприятий и теплотехника».

Кузьмин С.Н.

Уважаемые члены диссертационного совета, диссертационная работа Лавренова Владимира Александровича является актуальной. Вернее тема диссертационной работы действительно актуальна, ибо биомасса из всех видов нетрадиционных источников энергии на сегодняшний день – это наиболее реальный источник энергии, который способен заменить ископаемые виды топлива. Конечно, автор бы мог пойти по пути прямого сжигания этой самой биомассы и затем, например, в котлах с кипящим слоем, как делают наши соседи белорусы, где на сегодняшний день действует уже порядка 15 котельных установок средней мощностью по 10 мегаватт, которые позволяют получить тепловую энергию из биогенных отходов и решить проблему экологии. И включить эти отходы в энергетический баланс Республики Беларусь, а затем, достроив эту установку стандартным паровым циклом, либо органическим циклом Ренкина, получить электрическую энергию. Здесь же автор пошёл по пути получения среднекалорийного синтез-газа, который позволяет непосредственно сжечь его либо в газовой турбине, либо, как сделал автор, в двигателе внутреннего сгорания, и получить электрическую энергию, которая на сегодняшний день тоже дефицитна в Российской Федерации. Если немножко отвлечься, на примере Тамбовской области (она является энергодефицитной с точки зрения электрической энергии), на ряде предприятий мы сегодня видим, как они организуют собственную генерацию электрической энергии, чтобы реализовать свою потребность и продать излишки этой электрической энергии соседям по малому тарифу.

Здесь же автор мог бы воспользоваться существующими на сегодняшний день в России зелёными стандартами и электрическую энергию реализовать по более высокому тарифу, не по пять рублей двадцать восемь копеек, а значительно дороже. Научная новизна работы также не вызывает сомнений, так как получены новые данные, экспериментальные данные, количественные данные о выходе летучих и химическом составе синтез-газа в процессе этой двухстадийной конверсии и получены экспериментальные данные, которые необходимы для расчётов по содержанию влаги и смол, ибо эта информация позволяет организовать какие-то прогнозные решения с точки зрения эксплуатации газопоршневых машин, которые используются для получения электрической энергии. Хотя на сегодняшний день использование газопоршневых машин, опять же на примере того опыта, который есть в Тамбовской области, где используются двигатели внутреннего сгорания фирма Caterpillar, вроде бы на первом этапе всё хорошо, но потом, когда начинается эксплуатация, эксплуатационные расходы на запчасти, на ремонт, приводят к тому, что экономика не очень радостная. Практическая значимость работы заключается в создании опытного типового модуля, который позволяет по модульному принципу получить результат, который нужен как реальному потребителю. Хотя мощность 6 килограмм в час на каждом модуле, вроде бы как маленькая мощность, мы можем умножать её, достраивая систему, но тем самым мы умножаем и эксплуатационные затраты, проблемы с ремонтом этой технологической цепочки. Апробация работы проведена и не вызывает сомнения, так как автор донёс эту информацию на ряде международных конференций.

Диссертационная работа написана достаточно лаконично, состоит из четырёх глав. Во введении определена актуальность работы, сформулированы задачи исследования. В первой главе достаточно содержательно оформлен литературный обзор, и автор проанализировал работы своих предшественников. Во второй главе описана экспериментальная установка. В третьей главе описана принципиальная схема технологического модуля термохимической конверсии производительностью 6 килограмм в час на дубовых и сосновых опилках. Получены количественные данные, которые позволили рассчитать систему промышленного назначения. В четвёртой главе описаны возможные схемные решения, которые позволяют расширить возможности технологии двухстадийной конверсии, ибо использование природного газа в качестве энергоносителя для реализации этого процесса, то есть затраты энергии на собственные нужды этого процесса, снижают эффективность всей работы, если не будут ещё дополнены какие-то устройства, которые либо позволяют нам использовать энергию коксового остатка, чтобы скомпенсировать эти собственные нужды, либо дополнить производство электрической энергии. В заключении диссертации представлены основные выводы.

(Замечания второго официального оппонента.) Основные замечания по диссертационной работе:

(Первое замечание.) Исследования проводились на сырье, которое озвучено как дубовые опилки. С точки зрения практического использования, по-моему, дубы в Российской Федерации мы, наверное, попилили все. Была у Высоцкого такая песня. Поэтому непонятно, чем был обоснован выбор такого редкого вида сырья. Следовало бы расширить экспериментальную сырьевую базу и провести аналогичные исследования на других, более реальных видах биомассы. И акцентировать внимание именно на биогенных отходах – отходах сельского хозяйства, у нас сейчас в Российской Федерации страшная проблема с птицефабриками. Опять же на примере Тамбовской области мы имеем три птицефабрики и имеем территорию в радиусе 120 километров. Так вот пахотных земель уже не хватает для того, чтобы использовать отходы этих птицефабрик в качестве удобрений, и стоит колоссальная проблема: куда деть отходы подстильно-помётной массы этих самых птицефабрик.

(Второе замечание.) Второе замечание. При расчёте эффективности, КПД модуля термохимической конверсии была принята температура разогрева 250 градусов, с точки зрения термодинамики достаточно небольшая, и хотелось бы поднять коэффициент

полезного действия с применением более высокой температуры.

(Третье замечание.) Третье. Результаты экспериментов по 20% замещению дизельного топлива синтез-газом в жидкотопливном котле (стр. 123 таблица 4.3) с практической точки зрения не являются значительными. Что такое заменить 20% дизельного топлива на 20% синтез-газа? Если решать проблему, то есть смысл перейти на стопроцентное замещение дизельного топлива.

(Четвёртое замечание.) Четвёртое замечание. Непонятно фрагментарное обращение автора к процессу получения жидкого топлива из синтез-газа (это 124-я страница диссертации). Озвучено, что такое возможно, дальше эта идея не развита.

(Пятое замечание.) Пятое замечание. При оценке экономической эффективности электростанции (стр.124-130) на базе установки двухстадийной термической конверсии, автором рассматривается вариант производства только электрической энергии и не рассматривается производство тепловой энергии, что в итоге повысило бы суммарный коэффициент полезного действия всего технологического комплекса.

(Шестое замечание.) Шестое замечание. Так как продукты сгорания биомассы являются коррозионной средой, то процесс конверсии приводит к выделению кислых газов. Как оценивается автором деградация поверхности реактора в процессе эксплуатации? Это повлечёт вопросы к сроку службы этой установки, ибо автор озвучил нам сроки окупаемости 6 – 8 лет. Это для Российской Федерации и для российских промышленников не очень реальные сроки, если им не поможет в этом государство. И хотелось бы, конечно, в последующем, в продолжении этой работы на это обратить внимание.

(Седьмое замечание.) Седьмое замечание. В автореферате диссертации недостаточно подробно описывается расчет значения КПД модуля термохимической конверсии, соответствующего модернизированной схеме.

Тем не менее, отмеченные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Практическая и научная значимость не вызывает сомнений.

Заключение по диссертации.

Диссертационная работа Лавренова Владимира Александровича содержит несомненный ряд научно-обоснованных технических и технологических решений в области разработки процесса двухстадийной термохимической конверсии с возможностью получения топлива с улучшенными энергетическими характеристиками. Полученные теоретические и экспериментальные данные имеют несомненную научную новизну и практическую значимость, подтверждённую, кстати, и положительным решением на патент, как я понял из доклада автора, на устройство. Патент подан на устройство. Не на способ, а на устройство. Изобретение. Диссертационная работа Лавренова Владимира Александровича является завершённой научно-исследовательской квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно, в соответствии со всеми критериями, которые предъявляет ВАК. Диссертация отвечает паспорту специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы, у меня на руках паспорт специальности. В разделе номер два: исследования и разработки нетрадиционных источников энергии и новых технологий преобразования энергии в энергетических системах и комплексах. На основании изложенного считаю, что диссертационная работа Лавренова Владимира Александровича полностью отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.01 – энергетические комплексы и системы. Спасибо за внимание.

Председатель

Спасибо, Сергей Николаевич, может быть у кого-то возникли вопросы?

Батенин В.М.

Можно мне задать вопрос? Сергей Николаевич, скажите, пожалуйста, вы

употребили такие слова: среднекалорийный синтез-газ. Скажите, по вашему мнению, из этой древесины более калорийный газ можно получить какими-то другими способами?

Кузьмин С.Н.

Применяют паровую конверсию, там есть возможность получения чуть-чуть более калорийного синтез-газа. Если газопоршневая машина способна работать на...

Батенин В.М.

Про машину не надо, можно ли получить более калорийный синтез-газ?

Кузьмин С.Н.

Видимо, да, если поднять температуру. Это же всё тянет за собой ещё другие технологические решения, как будет работать эта установка в условиях более высоких температур.

Батенин В.М.

Спасибо.

Председатель

Олег Арсеньевич, пожалуйста, говорите.

Синкевич О.А.

Вы владеете информацией, скажите, пожалуйста, те оценки, которые здесь получены, можно было бы их перенести на сжигание других биомасс? Не буду говорить про помёт и всё прочее. Можно было бы их перенести? Или же это проблематично?

Кузьмин С.Н.

Как отметил автор диссертационного исследования, в ответах на замечания он сказал, что биомасса по своему химическому составу, независимо от того, что это, сосновые опилки или дубовые опилки, более или менее стабильна. Поэтому, естественно, перенести эти результаты, конечно, возможно, но так как работа подразумевала масштабное моделирование, то есть с эксперимента на промышленную установку, то надо будет провести на лабораторной установке эксперименты с новым видом сырья и масштабировать их на промышленную установку. Это возможно.

Председатель

Ещё раз большое спасибо. Видите, как выступления оппонентов сразу оживили членов диссертационного совета, так что, Сергей Николаевич, ещё раз большое спасибо. Ждём, может быть, вас в качестве диссертанта, здесь, в совете.

Кузьмин С.Н.

Господа. Я представляю Тамбовский государственный технический университет. У нас есть свои советы и, самое страшное, что у меня там специальность «процессы и аппараты».

Батенин В.М.

Но пригласить-то можно?

Кузьмин С.Н.

Спасибо.

Председатель

Владимир Александрович, вам предоставляется слово для ответа на прозвучавшие

здесь вопросы, но максимально лаконично.

Лавренов В.А.

(Ответы на замечания второго официального оппонента.)

(Ответ на первое замечание.) Первый вопрос. Касательно выбора материала. Исследования проводились для материала, который был доступен в больших количествах непосредственно на площадках. На площадке ИВТана у нас были доступны дубовые опилки, поскольку здесь было деревообрабатывающее предприятие, на котором образовывалось много дубовых опилок, и мы их использовали в качестве сырья для большой установки. В Нижнем Новгороде нам привезли большой объём сосновой стружки, она сильно отличалась от дубовых опилок в плане размеров и способа загрузки, что создавало некоторые трудности. Также мы провели исследования, они не включены в данную работу, но были проведены для торфа, для соломы, для прессованных пеллет из отходов подсолнечника. И некоторые исследования были проведены для осадков сточных вод и куриного помёта. Большинство этих топлив очень похожи на древесину, и процесс осуществляется похожий, то есть выход газов похожий и прочее, но технологически осуществить, например, переработку куриного помёта намного сложнее, поскольку в нём содержатся легкоплавкие компоненты: песок и прочие, которые затрудняют работу конкретно этой установки тем, что будет начинаться шлакообразование, и всё это будет слипаться в единый ком.

Синкевич О.А.

Ароматические вещества, которые там, проблему создают.

Лавренов В.А.

Ароматические вещества разлагаются в реакторе крекинга.

Попель О.С.

Дело не в этом. Дело в том, что в отходах куриный помёт и другое кое-что. И там высокая влажность. Очень. И поэтому там совсем другие методы энергетической переработки, более привлекательные, типа анаэробного сбраживания, получения метана и синтез-газа. Там другие подходы.

Зайченко В.М.

В общем, это всё делалось. Да, Володя? Эти все вещи перерабатывались. Но выбрано на сегодня только вот это.

Лавренов В.А.

(Ответ на второе замечание.) Второй вопрос. По поводу использования топки. Использование стандартного оборудования, имеющего высокую степень автоматизации процесса сжигания, в качестве которого была выбрана топка ТЛЗМ, позволит максимально быстро и качественно осуществить перевод данной установки на твёрдое топливо, чего мы и хотим достигнуть. И именно поэтому в расчётах была выбрана стандартная топка, а не какая-то специальная.

(Ответ на третье замечание.) Третий вопрос. Как я уже упоминал, при проведении испытаний была достигнута степень замещения 83%. В силу обстоятельств не удалось получить все необходимые данные для расчёта КПД котла в этом испытании, поэтому указанный результат не фигурирует в материалах диссертации. А на практике при переоборудовании будет достигаться степень 90%, а в случае использования специальных газовых горелок, имеющих особый цикл продувки, розжига и так далее, будет замещено 100% дизельного топлива синтез-газом.

(Ответ на четвёртое замечание.) Следующий вопрос. В диссертации представлены ссылки на работы, проведённые мной совместно с другим коллективом,

который создал установку получения синтетических жидких топлив, и мною было осуществлен полностью вопрос поставки синтез-газа, то есть получение синтез-газа в установке, кондиционирование его до определённой степени и прочее. В разработке и создании самой установки по ожигению синтез-газа я участия не принимал.

(Ответ на пятое замечание.) Следующий вопрос. Большинство деревообрабатывающих предприятий, как я говорил, нуждается, в основном, в электроэнергии, а не в тепловой энергии, потому что почти везде есть котельные. Потому что там происходит сушка пиломатериалов и прочие процессы, связанные с потреблением большого количества тепла. Поэтому именно вариант только производства электроэнергии был выбран мной для экономического обоснования проекта.

(Ответ на шестое замечание.) Следующий вопрос. При разработке установки, пригодной для длительной эксплуатации, мной были подобраны специальные материалы: стали и сплавы, которые выдерживают длительное пребывание как в коррозионной среде, соответственно, кислот, а также материалы, которые могут длительно работать при температуре до 1100 градусов Цельсия, то есть там не происходит, при этих температурах, окалинообразования, а с учётом показателей, представленных в справочниках по металлам, был рассчитан ресурс установки, и в экономический расчёт были включены, соответственно, затраты на установку, которые позволяли её полностью заменять каждые три года и делать как бы новую установку. Поэтому касательно ресурса установки в экономическом расчёте всё учтено.

(Ответ на седьмое замечание.) И последний вопрос. Я уже говорил об этом. Подробное описание расчёта значения КПД модуля термохимической конверсии, соответствующее обеим схемам, представлен в полном тексте диссертации и не полностью отражён в автореферате.

Председатель

Спасибо, Владимир Александрович. Возникли, какие-то вопросы может быть у учёного совета?

Синкевич О.А.

Скажите, пожалуйста, вы упомянули про сжижение. Какие затраты на ожигение синтез-газа? Хотя вы и не делали эту установку. Какие затраты?

Лавренов В.А.

Синтез-газ в данном случае преобразуется сначала в промежуточные оксигенаты: диметилвый эфир и метанол. Потом, соответственно, диметилвый эфир и метанол, в дальнейшем (там двухслойный катализатор, двухслойная засыпка) преобразуются в базовый компонент авиационного топлива. Конечный выход топлива составляет порядка двадцати пяти процентов (базового компонента на массу исходного синтез-газа).

Синкевич О.А.

В жидком виде?

Лавренов В.А.

Да, в жидком виде. Можно увеличить степень конверсии, в данном случае этот вопрос разрабатывается, введением специальных оксидных добавок в катализатор.

Синкевич О.А.

Спасибо.

Председатель

Спасибо, ещё вопросы? Так, переходим к дискуссии. Все могут поучаствовать. Я призываю, чтобы выступления были покороче, одна-две минуты. Думаю, что, в общем-то,

ситуация достаточно ясная. Оппоненты нам прояснили всё, как это всегда бывает. За что лично я им очень благодарен. Сам не удержусь, скажу пару слов, что, естественно, знаю прекрасно не один год и самого диссертанта, а тем более его руководителя ещё больше знаю. Так и вспоминается, предыдущая защита у нас тоже была из отдела Виктора Михайловича. И эта защита далеко у нас не последняя. Защиты идут, это направление очень важное. Я считаю, что в данном случае диссертант, во-первых, продемонстрировал хорошее базовое образование. Виктор Михайлович всё время гордится и призывает к тому, чтобы было дальнейшее насыщение в отделе, поэтому я считаю, что диссертант оказался в наше непростое время в нужном месте, очень нужном месте. Это совершенно блестящий и уровень работы, и виден специалист, квалификация, поэтому буду тоже лаконичен, к чему призываю всех вас, кто здесь будет, может, говорить что-то. Безусловно, я работу эту сам хорошо знаю и поддерживаю, буду голосовать «за», к чему и призываю остальных членов совета – последовать моему примеру. Вот такие вводные слова, кто-то ещё хочет выступить?

Батенин В.М.

А можно выступить? Алексей Юрьевич с таким выступлением должен был бы выступать последним, а не первым. Поэтому я хочу немножко, так сказать, разбавить такое выступление. Чем? Понимаете, не надо рассматривать эту работу как предложение способа, который позволяет лучшим образом использовать такие вещи как опилки для производства электроэнергии и тепла. Значит, если с этой точки зрения рассматривать эту работу, можно задать ещё тысячу вопросов диссертанту, на которые ответить довольно сложно, потому что методов использования огромное количество и просчитать точно каждый из этих методов, учитывая все особенности, на мой взгляд, сегодня очень сложно. Поэтому я недаром задал вопрос одному из оппонентов, можно ли получить другим способом большее значение теплотворной способности, чем то, что предлагает диссертант. На мой взгляд, нельзя. И привлечение здесь паровой конверсии ничего не даст, потому что если вы посмотрите на состав синтез-газа, который получается у диссертанта, там полностью использован водород, полностью использован углерод, который есть в этих оценках, и получено практически максимальное значение теплотворной способности. И это очень важно. Почему? Потому что можно дальше говорить: а как использовать этот синтез-газ?. Диссертант предлагает использовать его тем образом, который изложен в диссертации. Это очень хорошо. Спрашивается, а, может быть, экономически выгодно другим образом использовать? Может быть. Но это не тема диссертации, не задача диссертанта. Мне кажется, что задача диссертанта чётко сформулирована – получить максимальное значение теплотворной способности и посмотреть как может быть использован этот синтез-газ. И с этой точки зрения, диссертант великолепно справился со своей задачей, всё хорошо. Но не надо думать, что это лучший способ переработки этих опилок для производства тепла и электроэнергии в целях получения какой-то экономической выгоды. Отнюдь не так, можно говорить о слоевом сжигании, циркулирующем кипящем слое, под давлением – масса всяких вопросов, особенно когда речь идёт о производстве тепла. Электроэнергию тоже, потому что, например, с теми же котлами кипящего слоя и с паровой турбиной надо ещё посмотреть, какая будет эффективность использования всего тепла топлива. Поэтому мне кажется, что не надо от диссертанта требовать ответа на те вопросы, которые перед ним не ставились. Не ставились, в первую очередь, научным руководителем. Ответ на вопрос, который был поставлен, был получен, на мой взгляд, обоснованно, правильно, в полном объёме. Использованные методы, безусловно, надёжны. Схемы, предложенные к реализации, тоже понятны. И ещё один вопрос. Не надо думать, что можно ту технологию, которая использована, сделать в масштабе очень большой установки. Я не даром задал вопрос: обогрев идет через стенку? Это значит, что сделать объём реакторов большим нельзя, и набирать мощность надо не увеличением объёма реакторов, а увеличением количества реакторов, о чём тоже сказал диссертант. На мой взгляд, если говорить о

работе как квалификационной, никаких сомнений в квалификации нашего диссертанта нет, и я буду полностью поддерживать эту работу. Спасибо.

Председатель

Спасибо, Вячеслав Михайлович. Рашид Зарифович.

Аминов Р.З.

Во-первых, Россия – это страна, обладающая большими древесными ресурсами. И немцы ещё во время Второй мировой войны использовали автомобили, работающие на синтез-газе. Реактор. Дрова туда загрузили, разожгли и поехали. Но этот процесс, безусловно, должен совершенствоваться, развиваться, и сегодня мы видели одну из интересных работ в этом плане, связанную с повышением качества получения газа на основе очистки этого синтез-газа от вредных примесей, в частности, от смол. Конечно, в России много ресурсов, кроме древесных, но они всё же являются недостаточными. Почему? Считают, что Россия имеет природный газ, есть атомная энергия, и мы на сегодняшний день покрываем города и всё остальное. С позиции этой специальности, энергокомплексы, конечно, предстоит ещё сделать немало для того, чтобы показать область рационального использования этих технологий там, где они конкурентоспособны, там, где они могут повышать эффективность использования и получения энергетических ресурсов. Смотрите. Скажем, мы получаем КПД 30%, а КПД парогазовых технологий – 60%. Вроде бы, казалось, несовместимые вещи, но они совместимы, потому что стоимость природного газа возьмите и стоимость исходных ресурсов здесь – они, конечно, отличаются и могут обеспечить конкурентоспособность в определённых экономических условиях. Уже сейчас просматривается идея о том, что в зависимости от мощности источника могут быть разные технологии, то есть когда у нас большие мощности переработки отходов, там может быть цикл Ренкина, как вы говорили, прямое сжигание топлива, паросиловой цикл и получение электроэнергии, а может быть и парогазовый даже цикл, потому что мы можем топливо частично газифицировать и построить совершенный парогазовый цикл. В целом, конечно, эта работа очень интересная, сам диссертант проявил достаточно хорошие знания в этих вопросах. Я считаю, что надо его поддержать и проголосовать «за».

Председатель

Спасибо, Рашид Зарифович.

Попель О.С.

Можно вопрос.

Председатель

Да, Олег Сергеевич.

Попель О.С.

Я хотел отреагировать на некоторые вопросы Олега Арсеньевича, связанные с тем, является ли эта работа фундаментальной или прикладной. Мне показался странным подтекст в этом вопросе, может даже некоторые рассуждения, что в академическом институте выполнена работа прикладного толка. Мне кажется, что как раз в этом и сила этого исследования, то, что глубокое понимание физико-химических, тепловых процессов, которые лежат в основе переработки такого вида топлива как древесные опилки и так далее. Глубокое понимание этих процессов позволяет предложить те технологии, те устройства, которые могли бы быть использованы на практике, и это, по-моему, очень существенно. Преимущества и достоинства этой работы – это сделано не на какой-то там пробирочке, так сказать, какой-то фитюлечке, а всё-таки доведено до достаточно серьёзного масштаба, если не полупромышленного, то демонстрационного. Это первая

вещь. Вторая вещь мне очень понравилась в выступлении Владимира. Мне кажется, что та уверенность, то спокойствие и ясность, чёткость изложения мысли уже очевидно демонстрируют квалификацию человека как созревшего научного сотрудника. Мне очень хотелось бы выразить надежду, что, в отличие от предыдущего диссертанта, которая после защиты диссертации, к сожалению, покинула наш институт и нашла уже другое место работы, Володя задержится в нашем институте, поскольку мы рассматриваем, лет на тридцать, как вы говорите, на сколько, мне кажется, что это надёжный резерв в нашем стареющем институте и это имеет хороший потенциал для того, чтоб возглавить в дальнейшем работы в этом направлении, поскольку он продемонстрировал в своей работе возможность мыслить не только мозгами и делать руками, но и организовывать работы, в том числе, здесь не говорилось, он несколько месяцев провёл и руководил работами по наладке и созданию установки в Нижегородской области, насколько я понимаю, тем самым продемонстрировал не только свои знания, но и большие организационные способности. Я поддерживаю горячо эту работу и, конечно, буду голосовать «за».

Председатель

Большое спасибо, Олег Сергеевич. Я думаю, что достаточно. Владимир Александрович, вам предоставляется заключительное слово.

Лавренов В.А.

А бы хотел поблагодарить всех членов учёного совета, поблагодарить председателя, Алексея Юрьевича Вараксина, за посильную помощь в данной работе. Хотел поблагодарить Леонида Бенциановича Директора, который мне помогал также с некоторым оформлением диссертации, с редакцией и вообще, на всём протяжении работы он давал очень квалифицированные и необходимые советы. Также хотел поблагодарить оппонентов: Сергея Николаевича Кузьмина, Андрея Николаевича Тугова за их работу, хотел бы поблагодарить Владимира Александровича Синельщикова за огромную работу, которую он проделал. И экспериментальную, при постановке экспериментов, их описанию, серьёзная научная помощь была с его стороны, которая позволила мне выполнить эту работу на высоком научном уровне. Хотел бы поблагодарить Владимира Фроловича Косова, который также принимал непосредственное участие в данной работе. Хотел сказать спасибо всем моим коллегам, поскольку была проведена очень большая экспериментальная работа, и если одну её часть я сделал практически вдвоём с моим коллегой Мишей, то часть работы, которая была сделана здесь, на стенде ОИВТ РАН, в неё было вовлечено огромное количество человек, сотрудников нашей лаборатории и всем им я хотел бы сказать спасибо за то, что их труд вошёл в результаты моей диссертации. Виктор Михайлович, вас хотел бы, конечно, отдельно поблагодарить как научного руководителя. Вы создали неповторимые, как я уже говорил, условия в работе нашей лаборатории и именно благодаря им всё это вообще стало возможным и состоялось. Все наши командировки, все наши выездные работы, все работы здесь – всё благодаря вам. Большое спасибо.

Председатель

Спасибо. Для проведения процедуры тайного голосования нам необходимо выбрать счётную комиссию. Предлагается следующий состав: Попель Олег Сергеевич, Кобзев Георгий Анатольевич и Чиннов Валерий Фёдорович (*председатель счетной комиссии*). Кто за состав, кто за? Нет возражений? Единогласно. (*Счётная комиссия выбирается единогласно*). Призываю всех приступить к голосованию, проголосовать и, естественно, не расходиться, потому что нам ещё надо обсудить проект заключения. (*Проводится процедура тайного голосования*).

Чиннов В.Ф.

Уважаемые члены ученого совета! Уважаемые сотрудники. Избранная вами

комиссия поработала. В урне оказались все **17** розданных бюллетеней. Результаты нашего голосования таковы:

за – 17, против – нет, и недействительных – нет.

Давайте утвердим решение.

Председатель

Большое спасибо. Нам надо утвердить. Кто за то, чтобы утвердить решение комиссии? Спасибо. Кто против? Воздержавшихся нет? (*Протокол счетной комиссии утвержден единогласно*). Владимир Александрович, разрешите от себя лично поздравить и от всех присутствующих членов совета. Владимир Александрович, надеюсь, что ваш потенциал приведёт к тому, что в самом ближайшем будущем вся эта пружина будет в дальнейшем раскрываться и реализовываться в виде следующей диссертации, новых разработок, становления вас как человека успешного, потому что такое направление как энергетика, за ним будущее. Это все понимают.

Чиннов В.Ф.

Алексей Юрьевич, позвольте одно слово? Мы поздравляем вас (*обращается к Лавреневу В.А.*) с блестящей защитой. А я хочу отметить тот синергический эффект, который сегодня нами обнаружен при тесном взаимодействии, солидарном, заведующего кафедрой МГТУ и заведующим одним интересным технологическим отделом. Синергический эффект в подготовке замечательных научных кадров. Я вас, Володя и Алексей, поздравляю с успехом.

Председатель

Ничего себе, Валерий Фёдорович, ёмко всё очень, по делу. Поздравляю от всей души. Похлопаем, наверное, присоединимся. Так, просьба не расходиться, потому что нам ещё надо обсудить проект заключения. Сейчас это быстро сделаем. Проект заключения у всех на руках, да? (*Члены диссертационного совета обсуждают проект заключения*). Есть предложение с учетом всех замечаний и исправлений проект заключения принять. Давайте голосовать. Кто за то, чтобы принять проект заключения? Спасибо, кто против? Воздержавшихся нет? Единогласно. (*Проект заключения диссертационного совета утвержден единогласно*). На этом разрешите заседание закрыть. Большая вам благодарность.

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 22.02.2017 г., протокол № 1

О присуждении Лавренову Владимиру Александровичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Экспериментальное исследование процесса двухстадийной термической конверсии древесной биомассы в синтез-газ» в виде рукописи по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы принята к защите 29.11.2016 г. (протокол № 8) 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, +7 (495) 485-83-45), утвержденным Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 15.02.2013 г. № 75/нк.

Соискатель Лавренов Владимир Александрович, 1989 года рождения, в 2012 году окончил МГТУ им. Н.Э. Баумана.

В 2016 году окончил 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 младшим 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:

- кандидат технических наук, доцент Кузьмин Сергей Николаевич, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет», доцент кафедры "Энергообеспечение предприятий и теплотехника";
- доктор технических наук, старший научный сотрудник Тугов Андрей Николаевич, Открытое акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт», заведующий отделением парогенераторов и топочных устройств электростанций дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва) в своем положительном заключении, составленном сотрудниками кафедры Газотурбинных и нетрадиционных энергоустановок (ЭЗ) к.т.н., доцентом Ивановым В.Л., к.т.н. Куникеевым Б.А. и д.т.н., профессором Манушиным Э.А. (утвержденном первым проректором по научной работе, д.т.н., профессором Зиминым В.Н.), отметила актуальность, научную новизну и практическую значимость работы. По диссертации имеются следующие замечания:

1. В литературном обзоре следовало бы уделить больше внимания подробному анализу публикаций, непосредственно касающихся исследуемого метода двухстадийной термической конверсии биомассы.
2. Методика расчета объема реактора крекинга модуля термохимической конверсии не является универсальной, поскольку представляет собой масштабирование экспериментальной установки до размеров промышленного реактора в предположении подобия процессов. Неясно, до каких размеров реактора приемлем такой подход.
3. Следовало бы изучить влияние плотности «загрузки» биомассы на показатели процесса двухстадийной термической конверсии, поскольку плотность и размеры частиц коксового остатка биомассы в реакторе крекинга должны напрямую влиять на интенсивность взаимодействия пиролизных продуктов и коксового остатка.
4. Оценка экономической эффективности электростанции на базе установки двухстадийной конверсии представляется несколько завышенной, поскольку предполагается годовая наработка 8000 часов (что маловероятно), а выбранное значение ставки дисконтирования меньше принятых значений инфляции и роста тарифов.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Объединенном институте высоких температур РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИУ «Московский энергетический институт», ОАО «ВТИ» Тамбовском государственном техническом университете и других научных учреждениях, а также при модернизации существующих котельных небольшой мощности.

Соискателем опубликованы 22 печатные работы, в том числе 3 статьи в журналах из перечня ВАК и 2 статьи в журналах, входящих в реферативные базы данных Scopus и Web of Science. Результаты исследований докладывались на 19 российских и международных научных конференциях.

Основные работы:

1. В.М. Зайченко, В.А. Лавренов, В.А. Синельщиков. Исследование характеристик газообразного топлива, получаемого методом двухстадийной пиролизической конверсии древесных отходов // Альтернативная энергетика и экология. – 2016. – № 23-24. – С. 42–50.
2. В.М. Зайченко, В.В. Качалов, В.А. Лавренов и др. Двухстадийная термическая конверсия древесной биомассы в синтез-газ // Экология и промышленность России. – 2016. – Том 20. – № 11. – С. 4–9.
3. М.А. Ершов, В.М. Зайченко, В.А. Лавренов и др. Синтез базового компонента авиабензина из синтез-газа, полученного из биомассы // Экология и промышленность России. – 2016. – Том 20. – № 12. – С. 25–29.
4. V.F. Kosov, V.A. Lavrenov, V.M. Zaitchenko. Simulation of a process for the two-stage thermal conversion of biomass into the synthesis gas // Journal of Physics: Conference Series. – 2015. – Vol. 653. – Conf. 1. – 012031. – DOI: 10.1088/1742-6596/653/1/012031.
5. V.V. Kachalov, V.A. Lavrenov, I.I. Lishchiner et al. Scientific bases of biomass processing into basic component of aviation fuel // Journal of Physics: Conference Series. – 2016. – Vol. 774. – Conf. 1. – 012136. – DOI: 10.1088/1742-6596/774/1/012136.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт» (НИУ «МЭИ»)** (профессор кафедры Инженерной теплофизики, д.т.н. Яньков Георгий Глебович) – отзыв положительный, с замечаниями:
 - предложение на с. 3 «При производстве электроэнергии путем конверсии древесной биомассы в газообразное топливо ... одним из эффективных и коммерчески жизнеспособных методов является газификация» представляется неудачным. В чем смысл этого предложения?
 - в таблице 2 приведена эффективность преобразования энергии древесной биомассы в энергию синтез-газа, равная 79,8 %. Если, пользуясь таблицей 2, разделить теплоту сгорания полученного синтез-газа (24,5) на теплоту сгорания исходной биомассы (30,3) в

единицу времени (мощность в кВт), то легко получить значение 80,9 %. Не ясно как получено значение 79,8 %;

- следовало бы пояснить определения КПД МТК в таблице 2 (37,1 %) и в тексте, следующем за таблицей 3 (63,2–69,5 %). Ясно, что «вдруг» КПД не может увеличиться почти в 2 раза при снижении энергетической эффективности с 79,8 % (таблица 2) до 70,3 % (с. 15). Как получить значение КПД равное 37,1 %, пользуясь данными табл. 2, также не ясно.

2. ФГБУН Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук (главный научный сотрудник, д.х.н., профессор Мяоедова Вера Васильевна) – отзыв положительный, с замечаниями:

- в работе отсутствуют сведения о содержании твердых частиц в получаемом газе. Данный показатель, наряду с содержанием смол, является одним из основных ограничивающих факторов для использования газа в двигателях внутреннего сгорания;

- в автореферате не представлены расчетные формулы для определения коэффициента полезного действия модуля термохимической конверсии.

3. Филиал «ЭНЕКС» ОАО «Ростовтеплоэлектропроект» (главный специалист по экономике и возобновляемым источникам энергии, к.т.н. Чернявский Адольф Александрович) – отзыв положительный, с замечаниями:

- не представлен подробный вывод формулы расчёта объёма реактора крекинга модуля термохимической конверсии;

- в расчёте показателей экономической эффективности инвестиционного проекта создания электростанции логичнее было бы вместо схемы, подразумевающей производство только электрической энергии, принять за основу когенерационную схему.

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

- на стр. 11-12 автореферата приведен перечень оборудования, на котором проводились измерения элементного состава, показателя выхода летучих и зольности биомассы, а также химического состава синтез-газа, однако не представлена информация о том, почему были выбраны соответствующие методики их определения;

- в автореферате было бы целесообразным дать информацию о методике расчета значений теплоты сгорания биомассы, коксового остатка и синтез-газа, приведенных в таблице 2.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что:

- к.т.н., доцент Кузьмин С.Н. является ведущим ученым в области возобновляемой энергетики, технологий пиролизической переработки биомассы, котельных установок с кипящим слоем и исследований теплофизических свойств материалов.

Основные публикации Кузьмина С.Н., близкие к тематике диссертации:

1. R.L. Isemin, S.N. Kuzmin, O.J. Milovanov, A.V. Mikhalev V.V. Konyakhin. Development and testing of reactor model for low-temperature pyrolysis of biomass // Chemical and petroleum engineering. – 2013. – Vol. 49. – № 7. – P. 440–442.

2. Исьемин Р.Л., Кузьмин С.Н., Милованов О.Ю., Михалев А.В., Коняхин В.В., Николополус Н., Граммелис П. Выбор наиболее энергоэффективного метода низкотемпературного пиролиза соломы // Промышленная энергетика. – 2013. – № 2. – С. 36–38.

3. S.N. Kuzmin, N. Nikolopoulos, P. Grammelis, M. Agraniotis, R.L. Isemin, O.J. Milovanov, A.V. Mikhalev. Two-stage model of the reactor for straw low temperature pyrolysis // Вопросы современной науки и практики. – М.: Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – № 3 (41). – С. 345–354.

- д.т.н., старший научный сотрудник Тугов А.Н. является известным учёным в области термохимической переработки различных видов твёрдых топлив, в том числе проблемных (горючие сланцы, ТБО), а также специалистом по топочным устройствам и парогенераторам электростанций.

Основные публикации Тугова А.Н., близкие к тематике диссертации:

1. Тугов А.Н., Отс А., Сийрде А., Сидоркин В.Т., Рябов Г.А. Разработка мероприятий по усовершенствованию технологий энергетической утилизации газообразных отходов сланцепереработки // Теплоэнергетика. – 2016. – № 6. – С. 53–62.
2. А.Н. Тугов. Перспективы использования твёрдых бытовых отходов в качестве вторичных энергетических ресурсов в России // Теплоэнергетика. – 2013. – № 9. – С. 56–61.
3. А.Н. Тугов. Опыт использования твёрдых коммунальных отходов в энергетике (обзор) // Теплоэнергетика. – 2015. – № 12. – С. 13–22

Выбор ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» в качестве ведущей организации обусловлен тем, что в МГТУ им. Н.Э. Баумана активно ведутся работы по разработке и исследованию энергетических установок на основе возобновляемых источников энергии, в том числе биомассы.

Основные публикации сотрудников МГТУ им. Н.Э. Баумана, близкие к тематике диссертации:

1. Иванов В.Л. Газотурбинный энергопреобразователь для установки утилизации твердых бытовых и промышленных отходов методом газификации // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2012. – № 10. – С. 15.
2. Иванов В.Л., Скибин Д.А. Твердые бытовые отходы как топливо для газотурбинной установки // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 3 (15). – С. 42–59
3. Марков В.А., Девянин С.Н., Шимченко С.П. Использование биогаза для получения электроэнергии в агропромышленных комплексах // Транспорт на альтернативном топливе. – 2013. – № 6 (36). – С. 45–50.

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

- получены новые экспериментальные данные по влиянию режимных параметров процесса двухстадийной конверсии на потребительские характеристики получаемого газа: удельные значения объёмного выхода неконденсирующихся газов и объёмного содержания смол и влаги в газе;
- реализован принцип непрерывной двухстадийной термической конверсии древесной биомассы в синтез-газ в типовом модуле термохимической конверсии и получены экспериментальные данные об основных характеристиках процесса: удельном выходе и химическом составе синтез-газа;
- разработаны и реализованы принципиальные схемы когенерационного комплекса с газопоршневым электроагрегатом и отопительного комплекса на базе переоборудованного для совместного сжигания жидкого и газообразного топлив жидкотопливного котла, включающие типовой модуль термохимической конверсии древесной биомассы.

Научная новизна исследования заключается в том, что:

- впервые реализован непрерывный процесс двухстадийной термической конверсии древесной биомассы, сочетающий пиролиз и крекинг летучих продуктов в слое коксового остатка биомассы. Получены новые данные о химическом составе и удельном выходе синтез-газа;
- впервые получены экспериментальные данные о зависимости содержания в синтез-газе высокомолекулярных органических соединений (смол) и влаги от температуры в зоне крекинга.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

- результаты проведённых экспериментальных исследований подтвердили возможность использования без дополнительной очистки от смол синтез-газа, полученного методом двухстадийной термической конверсии древесной биомассы, в газопоршневых двигателях внутреннего сгорания;

- создан и испытан типовой модуль термохимической конверсии по исходной биомассе. Выполнена оценка энергетической эффективности термохимической конверсии, а также получены результаты расчётов модернизированной схемы модуля термохимической конверсии;
- экспериментально осуществлена совместная работа модуля термохимической конверсии с газопоршневым электроагрегатом в составе когенерационного комплекса;
- произведена частичная замена жидкого топлива синтез-газом в котле отопительной системы производственного предприятия ООО «Энергонезависимость» (г. Нижний Новгород), переоборудованном для совместного сжигания дизельного топлива и синтез-газа, полученного при конверсии древесной биомассы.

Результаты диссертационного исследования могут быть рекомендованы для использования в Объединенном институте высоких температур РАН, МГТУ им. Н.Э. Баумана, НИУ «Московский энергетический институт», ОАО «ВТИ» Тамбовском государственном техническом университете и других научных учреждениях, а также при модернизации существующих котельных небольшой мощности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты получены на сертифицированном оборудовании;
- использованы стандартные методы и современные высокоточные приборы для исследования свойств биомассы, коксового остатка и синтез-газа;
- идея диссертационной работы отражает актуальное направление развития энергетики и базируется на анализе научно-технической литературы, обобщении передового опыта работы других научных групп, лабораторий и технологических компаний;
- установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в выборе темы и постановке задачи исследования, разработке методики проведения экспериментальных исследований процесса двухстадийной термической конверсии. Все лабораторные и экспериментальные исследования проведены соискателем либо лично, либо при его определяющем участии. Апробация результатов исследования проводилась на 19 российских и международных конференциях и симпозиумах, в которых соискатель принимал личное участие. Основные публикации по результатам работы 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 22.02.2017 г. диссертационный совет принял решение присудить Лавреневу В.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 7 докторов наук по специальности 05.14.01 – энергетические системы и комплексы и 10 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 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета Д 002.110.03
чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор

Вараксин А.Ю.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.03

д.т.н.
М.П.



Директор Л.Б.
22.02.2017 г.