

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д.222.001.01 на базе ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт»
по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук
аттестационное дело N _____

решение диссертационного совета от «01» декабря 2016 г. протокол N 13
О присуждении **Сидоркину Владимиру Тимофеевичу**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Повышение эффективности сжигания побочных газообразных продуктов сланцепереработки в котлах ТЭС» в виде рукописи по специальности 05.14.14 - «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» принята к защите 18 августа 2016 г, протокол № 11 диссертационным советом Д.222.001.01 на базе ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), адрес: 115280, г. Москва, Автозаводская, 14 (приказ № 156/нк от 01.04 . 2013 года).

Соискатель Сидоркин Владимир Тимофеевич, 1954 г рождения, в 1978 году окончил с отличием Московский Энергетический институт, работает директором научно-внедренческой фирмы «ENTEN Engineering AS», созданной после реорганизации и на базе филиала Энергетического института им. Г.М. Кржижановского в г. Кохтла-Ярве.

Диссертация выполнена в отделении парогенераторов и топочных устройств электростанций ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени теплотехнический научно-исследовательский институт».

Научный руководитель – доктор технических наук, **Тугов Андрей Николаевич**, заведующий отделением парогенераторов и топочных устройств электростанций ОАО «ВТИ».

Официальные оппоненты:

1. **Григорьев Константин Анатольевич** – гражданин РФ, доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник ОАО «Научно-производственного

объединения по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»);

2. Зройчиков Николай Алексеевич – гражданин РФ, доктор технических наук, профессор, заведующий отделением технологий использования топлив и экологии энергетики Открытого акционерного общества «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского» (ОАО «ЭНИН»)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур РАН («ОИВТ РАН»), г. Москва в своем положительном заключении, подписанном заведующий отделом «Распределенные энергетические системы» ОИВТ РАН, д.т.н. Зайченко В. М., научным сотрудником ОИВТ РАН Кузьминой Ю.С. и утвержденном заместителем директора ОИВТ РАН д.т.н. Попелем О.С., указала, что кандидатская диссертация Сидоркина Владимира Тимофеевича представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, имеющую актуальность, научную новизну и практическую ценность; соответствует специальности 05.14.14 - «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» и отвечает требованиям п. 9 Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 44 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации 18 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях - 5 статей и три патента. Авторский вклад соискателя заключается в получении основных данных, их анализе, интерпретации, окончательном редактировании.

К наиболее значительным работам соискателя относятся:

1. **Сидоркин, В.Т.** Опыт реконструкции котлов БКЗ-75-39 ФСл для сжигания продуктов сланцепереработки [Текст] / В.Т. Сидоркин, А.Н. Тугов, В.М. Супранов и др. // Энергетик.- 2014. - № 2. - С. 68-70.
2. **Сидоркин, В.Т.** Оценка возможности сжигания побочных продуктов сланцепереработки в котле ТП-101 [Текст] / В.Т. Сидоркин, А.Н. Тугов,

В. А. Верещетин, Д. А. Мельников //Теплоэнергетика. -2015. -№4.- С. 43-49.

3. **Сидоркин, В.Т.** Влияние рециркуляции дымовых газов на работу и экологические показатели котла [Текст] / В.Т. Сидоркин, А.Н. Тугов, В. А. Верещетин, К. Г. Берсенев //Электрические станции. -2015. -№ 7. -С. 27-31.

4. **Росляков, П.В.** Численные исследования малоэмиссионных горелочных устройств для сжигания ретортного газа в энергетическом котле [Текст] / П.В. Росляков, И.В. Морозов, М.Н. Зайченко, В.Т. Сидоркин//Теплоэнергетика. -2016. - №4. -С. 40-49.

5. **Тугов, А.Н.** Разработка мероприятий по усовершенствованию технологий энергетической утилизации газообразных отходов сланцепереработки [Текст] / А.Н. Тугов, А. Отс, А. Сийрде, В.Т. Сидоркин [др.] // Теплоэнергетика. -2016. -№6. -С. 53-62.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: отзыв ведущей организации – 1, отзыв официального оппонента – 2, отзывы на автореферат – 11,

Всего получено 14 отзывов, в том числе, от НИИ Академии наук (2), отраслевых НИИ (2), ВУЗов (8), проектных организаций (1), предприятий-изготовителей (1).

Все отзывы положительные. Во всех отзывах отмечается актуальность работы, ее научная новизна и практическая значимость; представленный материал рассматривается как законченная квалификационная работа, выполненная на высоком профессиональном уровне и имеющая прикладное значение для энергетики.

Один отзыв без замечаний. В остальных отзывах имеются следующие замечания:

1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур Российской академии наук (ведущая организация):

1) При рассмотрении путей утилизации газов сланцепереработки в главе 1 следовало бы рассмотреть возможность сжигания высококалорийного полукоксового газа с использованием парогазового цикла.

2) На с. 33 диссертации говорится, что содержание топливного азота в полукоксовом газе может вызывать дополнительную генерацию оксидов азота в

продуктах сгорания до 25-30 мг/нм³, что составляет до 25% от нормируемого значения. Но в автореферате (с.13) указывается только на преимущественное образование «термических» и «быстрых» окислов.

3) В работе ничего не говорится о возможности совместного сжигания генераторного и полукоксового газов в одной горелке или в одном котле.

4) В п. 3.2.2 диссертации и в формуле (4) автореферата говорится о содержании азота в топливе. Что под этим понимается: молекулярный азот, присутствующий в виде балласта в газах сланцепереработки, или топливный азот в общем понимании?

5) В гл. 4 при описании методов подачи воздуха в ТВП с целью предотвращения низкотемпературной коррозии следует учитывать капитальные и эксплуатационные затраты, и исходя из совокупного критерия предложить оптимальный.

6) В работе целесообразно отразить возможность и преимущества сжигания газов сланцепереработки совместно со сланцем в котлах ЦКС, например, в части снижения выбросов оксидов серы.

2. ОАО «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования

им. И.И. Ползунова», Григорьев К.А. (официальный оппонент):

1) В работе не рассмотрена возможность совместного сжигания сланца и продуктов его переработки в котлах с более перспективными технологиями сжигания, такими как ЦКС и низкотемпературное вихревое сжигание.

2) По компьютерному моделированию Boiler Designer: не ясно, учитывалось ли изменение присосов по газовому тракту котла на пониженной нагрузке?

3) По экспериментальным данным: не ясно, каким образом определялись средневзвешенные значения температуры по газовому тракту котла.

4) Не указывается, из каких соображений рекомендован расход генераторного газа в 20% по тепловыделению в двухсекционной комбинированной горелке ЕЕ-G20/2.

5) Не уточняется, насколько различаются эксплуатационные затраты при работе котлов на сланце, в различном сочетании сланца и продуктов его переработки и на газообразных топливах.

3. Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского, Зройчиков Н.А.
(официальный оппонент):

- 1) На с.11. правильнее употреблять термин пропускная способность по сланцу, а не производительность, так как установка перерабатывает, а не производит сланец.
- 2) На с.15 следовало бы уточнить, что в Таллинне на заводе «Ильмарине» была создана установка пропускной способностью по сланцу 100 кг в час, т.е. 2,4 тонны в сутки – УТТ-2,4, а не УТТ-1,4
- 3) На с.15 - Установка УТТ-200 работала с 1953 по 1962 гг., а не с 1956 по 1963гг., УТТ-500 – с 1963 по 1981 гг., а не с 1954 по 1960 гг.
- 4) На с.17 отсутствует информация о достигнутых параметрах установки ENEFIT-280 после окончания ее строительства в 2012 году.
- 5) На с.17 - Процесс ПЕТРОСИКС, созданный бразильской корпорацией ПЕТРОБРАС, гораздо эффективнее процесса КИВИТЕР
- 6) На с.24 - Перспективы сжигания полукоксового газа напрямую связаны с обеспечением длительной и надежной эксплуатации установки ENEFIT-280
- 7) Цифры на стр.36 не совпадают с данными таблицы 2.1.
- 8) В таблице 2.1. нет величин нижнего и верхнего пределов взрывоопасности ни для генераторного, ни для полукоксового газа. В таблице 21 есть данные нижнего и верхнего пределов воспламенения. Эта путаница терминов содержится и на стр.45, где используются оба термина.
- 9) Точнее термин сернокислотная коррозия, а не сернистая
- 10) Прибор Lancom 200 был проверен в диапазоне температур точки росы 46 - 56°C, а замеры выполнялись в диапазоне 120 – 140°C.
- 11) Нет объяснения параметров, входящих в формулы на стр.51
- 12) В табл. 3.1 и 3.2 вместо «Примечания» следовало написать «Общий вид горелок».

4. ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный технический университет»,
Заведующий кафедрой Тепловые электрические станции», д.т.н., профессор П. А. Щинников:

- 1) В автореферате не указано, проводилась ли оценка влияния оксидов серы на хвостовые поверхности нагрева.

2) Термин «вредные вещества», сформулированный в цели работы, лучше заменить на «загрязняющие атмосферу вещества», поскольку в результате проведенной автором работы достигнуты нормативные показатели, т.е. «вред» устранен.

5. ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. Первого президента России Б.Н. Ельцина», профессор кафедры «Тепловых электрических станций», д.т.н., А. Ф. Рыжков:

1) с.12: как правило, для технических приложений важна адиабатная температура горения с учетом диссоциации продуктов горения.

2) с.12: не понятен термин «хорошее горение»

3) с.12-13: Одни параметры газов сравниваются с метаном, другие – с природным газом. Логичнее сравнивать с одним газом.

4) Следовало бы указать регулировочные характеристики разработанных горелочных устройств для каждого из исследуемых газов.

5) На рис.5 экспериментальные зависимости получены при температуре дутьевого воздуха 340⁰С. Чем обусловлен этот выбор и проводились ли исследования при более низких температурах?

6) В формулах (3)-(6) следует указать, для каких газов используется измеренная объемная концентрация кислорода в продуктах сгорания.

6. Таллиннский технический университет, Институт теплотехники, д.т.н., профессор, академик АН Эстонии Арво Отс:

1) Известно, что концентрация сероводорода в побочном газе из установки Enefit-280 в общем случае ниже, чем из установок с аэрофонтанными топками. Разница заключается в том, что теплоноситель в установке Enefit-280 получается в условиях сжигания полукокса в окислительной среде, а в агрегатах с аэрофонтанными топками – в восстановительной среде. Может ли концентрация кислорода в топочной среде влиять через свойства золы на содержание H₂S в побочном газе?

2) Влияние типа горючего газа на α выражается в формуле (6) через доли теплоты генераторного газа в смеси. Поскольку массовый баланс не связан тепловыми

эффектами горения, то было бы более логично выразить коэффициент q в формуле (6) через состав горючих газов.

3) При рассмотрении теплового баланса при сжигании ретортного газа в пылесланцевом котле ТП-101 критерием ограничения по шлакованию поверхностей нагрева принята температура продуктов сгорания на выходе из топки. Принято, что при сжигании только сланцев эта температура 1150°C, а при сжигании сланцев совместно с ретортным газом эта температура - 1140°C (на 10 градусов ниже). Возникает вопрос: какие параметры работы котла определяют названную предельную температуру и как это связано с составом летучей золы сланцев (таблица 4.1 в диссертационной работе)? По существу, эти данные не отражают минеральной части сланцев, а только химический состав летучей золы. По каким параметрам состав ретортного газа влияет на температуру на выходе из топки?

4) Большое внимание в диссертационной работе уделено очень важной проблеме: снижению концентрации оксидов азота в продуктах сгорания при помощи воздушного режима горения и рециркуляции продуктов сгорания. Поскольку содержание H_2S в побочных газах переработки сланцев колеблется в широких пределах (зависит от технологии переработки сланцев), то возникает вопрос о его влиянии на концентрацию NO_x в продуктах сгорания. По данным ряда исследований, содержание серы должно влиять на процесс конверсии азота в оксиды.

7. АО «Институт Теплоэлектропроект» (ОАО «ТЭП»), Главный инженер В. В. Кучеров, зам. Главного инженера - Начальник технического отдела, к.т.н., И. И. Шабанов:

1) В 5 главе приводятся экспериментальные данные на котле ТП-101 по концентрации оксидов азота в продуктах сгорания полукоксового газа в зависимости от избытка воздуха в горелке и содержания кислорода в окислителе. При этом не приведены данные о химическом недожоге (CO), которые могли бы свидетельствовать о качестве выгорания топлива.

2) Для снижения выбросов оксидов серы в работе использовалась технология подачи сорбента (известняка) в топку котла, однако не приведено данных о конечном продукте сероочистки и возможности его использования.

8. ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», Директор Института теплоэнергетики, зав. кафедрой Тепловых электрических станций д.хим.н. Н. Д. Чичирова, профессор кафедры Тепловых электрических станций к.т.н. А. М. Грибков:

1) По причине имеющегося ряда проблем при сжигании высококалорийного полукоксового газа вместе с низкокалорийным сланцем целесообразно было бы проверить возможности сжигания одного полукоксового газа без сланца, что позволило бы использовать горелки для природного газа.

2) Генераторный газ проще сжигать вместе со сланцем, тогда отпадет необходимость в сложной горелке, позволяющей сжигать два совершенно разных газа.

3) Автор не привел своих выводов о том, какой же газ наиболее целесообразно использовать в качестве топлива – генераторный или полукоксовый – с учетом достижения одинаковой экологической безопасности котлов.

9. ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет им. В.И. Ленина», профессор кафедры ТЭС к.т.н. Б. Л. Шелыгин, зав. кафедрой ТЭС профессор, д.т.н. Е. В. Барочкин:

1) На с.16 и 17 представлен материал для оценки коэффициента избытка воздуха, но отсутствуют результаты расчета и их сопоставление с экспериментальными данными.

2) В главе 3 следовало привести величину аэродинамического сопротивления горелочных устройств и значения теплового напряжения зоны горения.

3) Исходя из заявленной цели: «Повышение эффективности сжигания...», полезно было бы привести значения тепловых потерь q_2 , q_3 , q_4 и КПД энергоустановки в целом.

10. ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», зав. кафедрой Котло- и реакторостроения, к.т.н. Е. Б. Жуков:

1) В автореферате не указано, какие еще методы утилизации газов сланцепереработки рассматривались, и почему выбранный метод является наиболее оптимальным.

2) В работе следует указать, при каких концентрациях кислорода в дымовых газах определялась температура конденсации водяных паров (температура точки росы), на каком принципе работает прибор Lansom 200 и чем подтверждается достоверность его показаний.

11. ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», зав. кафедрой «Парогенераторостроение и парогенераторные установки», д. т. н., профессор А. С. Заворин:

1) Учитывая, что генераторный и полукоксовый газ как продукты сланцепереработки известны достаточно давно, следовало бы более четко конкретизировать аспекты изучения их состава и свойств. Это относится как к определению задач работы (стр. 4), так и к формулированию научной новизны (стр. 5) и основным положениям, выносимым на защиту (стр.6).

2) При исследовании технологии сорбентного связывания оксидов серы не показано влияние вводимого сорбента на тепловую эффективность конвективных поверхностей нагрева по условиям образования сульфатно-связанных натрубных отложений.

3) Рисунок 4 желательно было бы представить с поясняющими надписями на русском языке - в соответствии с основным текстом автореферата.

12. ФГБОУ ВПО Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) имени М.И. Платова, профессор кафедры «Тепловые электрические станции и теплотехника», д. т. н. А. А. Белов:

1) Во 2 п. научной новизны выражение: «получено экспериментальное подтверждение оптимальности конструкций горелок» не корректно, так как при любой оптимизации обязательно указывается функция цели (критерий оптимальности) и оптимизируемые параметры, чего в работе нет.

2) в 3 п. научной новизны представлена слишком общая формулировка, из которой нельзя понять, в чем новизна «совокупности технических, технологических и методических решений».

3) Нет данных о сравнении точности предложенной зависимости (3) с точностью общепринятых формул для расчета коэффициента избытка воздуха.

13. **ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ»**, Директор инжинирингового центра, зам. генерального директора С. В. Бердин:

1) В котле Е-135 отсутствует воздухоподогреватель. Не ясно, будет ли осуществляться подогрев воздуха на горелки, особенно в зимний период.

2) На стр. 21 автореферата говорится, что планируется реализация исследуемых технологических мероприятий по снижению NOx на новом котле Е-135. Следовало бы указать, какие можно ожидать концентрации NOx в этом случае, оценивались ли они, и каким образом.

Выбор официальных оппонентов обосновывается тем, что они являются известными специалистами в направлении, разработанном в диссертации, и не имеют общих с соискателем публикаций. **Ведущая организация** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Объединенный институт высоких температур РАН («ОИВТ РАН») широко известно своими достижениями в области пиролитической конверсии твердых топлив в газ, горения газообразных смесей, тепломассообмена и разработки новых энергетических технологий и оборудования. Результаты работ, выполненных оппонентами и сотрудниками ОИВТ РАН, публикуются в научных журналах, в том числе рекомендованных ВАК.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и научно обоснованы основные научные и практические положения эффективного сжигания побочных газообразных продуктов сланцепереработки в существующих и вновь создаваемых котлах с минимальными выбросами вредных веществ в атмосферу

предложены: внутритопочные (первичные) мероприятия, позволяющие за счет рециркуляции дымовых газов в горелки в комплексе с организацией стадийной подачи окислителя и топлива в 4 - 6 раз снизить концентрацию оксидов азота в продуктах сгорания;

доказана перспективность энергетической утилизации побочных газообразных продуктов сланцепереработки путем их сжигания в котлах ТЭС.

Теоретическая значимость исследования заключается в обосновании методики контроля работы горелок с рециркуляцией дымовых газов и модификации «азотной» формулы расчета избытка воздуха для котлов, сжигающих газы сланцепереработки;

применительно к проблематике диссертации с получением обладающих новизной результатов использован комплекс методик численного моделирования и экспериментальных натурных исследований на промышленных котлах;

установлены условия бесшлаковочной работы котлов при совместном сжигании газов сланцепереработки и сланца;

изучено влияние стадийной подачи воздуха и топлива и рециркуляции дымовых газов на образование NO_x при сжигании полукоксового газа.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены ключевые принципы проектирования горелок для сжигания полукоксового и генераторного газов. На их основе разработано около 50 горелок различных модификаций, которые установлены и успешно эксплуатируются на котлах БКЗ-75-39ФСл (ст. №5, 6, 7 и 8) Северной электростанции в г. Кохтла-Ярве, на котлах Е-25 и ТС-35 (ст. №1, 2, 4 и 5) теплоэлектростанции в г. Кивиили, на котле ТП-101 Эстонской ЭС (ст. №2А);

определены пределы снижения выбросов оксидов серы с продуктами сжигания газов сланцепереработки за счет подачи сорбентов в топку;

создана система практических рекомендаций по снижению образования оксидов азота при сжигании газов сланцепереработки в котлах ТЭС;

представлены рекомендации по реконструкции существующих и созданию новых котлов для энергетически эффективного сжигания газообразных побочных продуктов сланцепереработки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила обоснованность приведённых в диссертации результатов и выводов. Она обеспечивается использованием соискателем проверенных методик проведения и

обработки экспериментов, аттестованных и поверенных современных приборов экспериментального контроля, апробированных программных пакетов Boiler Designer и Ansys CFX и наиболее проверенных для решаемых задач математических моделей.

Полученные закономерности и рекомендации базируются на результатах математического моделирования, теоретических положениях фундаментальных наук и экспериментальных данных, удовлетворительно согласующихся с имеющимися литературными источниками и результатами численного моделирования.

Личный вклад соискателя состоит в:

постановке задач исследований, планировании и организации основных этапов работы, руководстве промышленными испытаниями, обработке и обобщении экспериментальных данных, проведении анализа результатов расчетных исследований, разработке рекомендаций по реконструкции существующих и созданию новых котлов для сжигания побочных газообразных продуктов сланцепереработки, обеспечении авторского надзора за реализацией этих рекомендаций на промышленных объектах и обобщении опыта эксплуатации котлов с внедренными разработками, подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований получены результаты, обеспечивающие решение важных научных и прикладных задач использования газообразных продуктов сланцепереработки на ТЭС, имеющей существенное значение для энергетической отрасли. Работа соответствует п. 2,4,6 паспорта специальности 05.14.14 - «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» и отвечает критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 года (с изменениями № 335 от 21 апреля 2016 года).

На заседании 01 декабря 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Сидоркину В.Т. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 10 докторов наук по специальности защищаемой диссертации 05.14.14,- «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени - 15, против присуждения ученой степени - 0, недействительных бюллетеней - 0.

Председатель

диссертационного совета



Тумановский Анатолий Григорьевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

Березинец Павел Андреевич

«01» декабря 2016 г.