

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 КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 28 июня 2018 года Протокол № 3

о присуждении Верещетину Владимиру Артуровичу, гражданину РФ, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация: «Совершенствование низкоэмиссионных газогорелочных устройств котлов ТЭС» по специальности 05.14.14 «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты» принята к защите в виде рукописи 18 апреля 2018 года протокол № 2 диссертационным советом Д.222.001.01 на базе Открытого акционерного общества «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 г. с изменениями приказ 304/нк от 22.03.2018 г.).

Соискатель Верещетин Владимир Артурович, 1975 г. рождения, в 1998 году окончил Московский Энергетический институт (технический университет) по направлению «Энергомашиностроение», специализация «Технология и экология сжигания органических топлив», в 2002 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров по специальности 05.14.14 - тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты в аспирантуре ОАО «ВТИ». Работает в должности заведующего лабораторией в ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт».

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 ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт».

Официальные оппоненты:

1. **Григорьев Константин Анатольевич**, доктор технических наук, доцент, Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»), главный научный сотрудник аналитического отдела.

2. Прохоров Вадим Борисович, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»), профессор кафедры «Тепловые электрические станции»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО «НИТПУ»), г. Томск в своём положительном заключении, подписанном председателем теплоэнергетической секции НТС д.ф.-м.н., профессором Борисовым Борисом Владимировичем; руководителем НОЦ И.Н. Бутакова д.т.н., профессором Завориным Александром Сергеевичем; доцентом НОЦ И.Н. Бутакова к.т.н. Гилем Андреем Владимировичем, указала, что кандидатская диссертация Верещетина В.А. «Совершенствование низковольтных газогорелочных устройств котлов ТЭС» соответствует критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (пункт 9, абзац 2), утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, а ее автор Верещетин Владимир Артурович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.14 - «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 22 научные работы, из них 10 - опубликованных в рецензируемых научных изданиях. Авторский вклад соискателя заключается в получении основных данных, их анализе, интерпретации, окончательном редактировании. Общий объем 24 печатных листа.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Ю.П. Енякин, Ю.М. Усман, В.А. Верещетин Опыт ВТИ по созданию малотоксичных горелок для сжигания газа и мазута // Энергосбережение и водоподготовка. – 2000. – № 4. – С. 42–54.

2. Ю.П. Енякин, Н.А. Зройчиков, В.А. Верещетин [и др.] Результаты комплексных испытаний котла ТГМП-314 ст. № 7 ТЭЦ-23 ПАО «Мосэнерго» после реконструкции // Электрические станции. – 2002. – № 2. – С. 10–15.

3. В.А. Верещетин Внедрение малотоксичных горелочных устройств на водогрейных и энергетических котлах // Энергетик. – 2014. – № 2. – С. 65–67.

4. В.А. Верещетин, Ю.П. Енякин Газомазутная горелка с пониженным выходом оксидов азота : тез. Докладов: в 3 т. // Девятая Международная научно-техническая конференция студентов и аспирантов (Москва, 4–5 марта 2003 г.) Радиоэлектроника, электротехника и энергетика. – М.: Изд-во МЭИ, 2003. – Т. 3. – С. 93–94.

5. В.А. Верещетин, Л.Е. Егорова, К.А. Трифонов, И.В. Морозов Исследование процессов горения в горелочном устройстве // Информационные средства и технологии: сб. материалов XXI Международной научно-технической конференции, Москва, 19–21 ноября 2013. – М.: МЭИ, – Т. 1. – С. 103–109.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

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: ВУЗы (4), отраслевые НИИ (2), энергомашиностроительные предприятия (2), энергетические компании (2), проектные институты (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.

В отзывах имеются следующие замечания:

1. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ФГАОУ ВО «НИТПУ») (Ведущая организация)

1. Название диссертации и представленные в ней материалы позволяют в качестве одного из закономерных итогов работы предполагать патентование или иную регистрацию объектов интеллектуальной собственности. Однако это осталось нереализованным, хотя получение такого подтверждения технической новизны усилило бы впечатление об оригинальности диссертационной работы.

2. Во второй главе при анализе результатов экспериментальных исследований влияния конструктивных и режимных факторов на эмиссию оксидов азота во всех случаях изменение концентрации NO_x объясняется среди прочего изменением температурного уровня. Но при этом не приводятся какие-либо данные по измеренным значениям температуры в соответствующей точке.

3. Отсутствует описание методики выполнения экспериментов на стендовой установке и порядка обработки результатов измерений с определением погрешностей.

4. При численном моделировании в качестве модели турбулентности принята «*k-ε*» модель. Следует отметить, что известно несколько модификаций «*k-ε*» модели турбулентности. Поэтому при проведении подобных численных исследований с закруткой потоков для получения адекватных результатов математического моделирования необходим обоснованный выбор той или иной модели турбулентности. В диссертации этому не уделено должного внимания.

5. Для полноценного применения результатов математического моделирования необходимо понимать, какие принимались начальные граничные условия. В тексте диссертации эти сведения упущены. Поэтому не ясно, учитывался ли теплообмен на внешней поверхности расчетного цилиндрического объема.

6. Материалы исследований на действующих котлах в главе 4 приведены в виде аннотированного резюме по итогам. Научная ценность и достоверность результатов этой части работы была бы более высокой, если бы были представлены данные из протоколов испытаний. Без нарушения требований к ограничению объема основного текста диссертации данные испытаний могли быть представлены в виде приложений к работе.

7. Концентрация NO_x , которую необходимо сравнивать по результатам разных исследований, на каком-то основании представлена не в единообразных единицах измерения: по итогам численного моделирования это моль/моль или кг/кг, а в испытаниях на реальном котле – мг/м³.

8. К сожалению, нельзя не отметить наличие огрехов в оформлении диссертации, в том числе некоторые:

- принята нумерация рисунков в пределах каждой главы, но при этом в главе 1 присутствует рис. 2.12;
- в третьей главе фраза «программный пакет ANSYS CFX широко используется во всем мире ...» сопровождается ссылками только на отечественных авторов;
- в пояснении к рис. 3.10 не дано определение «периферийная область», что затрудняет анализ приведенных результатов;
- поясняющая надпись на рис. 1.8 «более прохладный ... уменьшает тепловой NO_x » вызывает затруднение для понимания.

2. Открытое акционерное общество «Научно-производственное объединение по исследованию и проектированию энергетического оборудования им. И.И. Ползунова» (ОАО «НПО ЦКТИ»), Григорьев Константин Анатольевич (официальный оппонент)

1. Результаты анализа технологических методов снижения NO_x желательно было бы представить в виде сравнительной таблицы.

2. Было бы целесообразно провести верификацию математических моделей на экспериментальных данных стендовых исследований. Это позволило бы проверить на адекватность модели и количественно оценить расхождение расчета с опытом.

3. Численное моделирование выполнялось на метане. Проводилась ли автором оценка погрешности расчетов за счет упрощения состава природного газа?

4. К сожалению, автор не приводит оценок погрешностей измерений и определений величин в промышленном эксперименте на котельных установках.

5. По тексту диссертации встречаются незначительные опечатки.

3. ФГБОУ «Национальный исследовательский университет МЭИ»,
Прохоров Вадим Борисович (официальный оппонент)

1. На 9 стр. диссертации написано: $\text{NO}_x = \text{NO} + \text{NO}_2 + \text{N}_2\text{O}$. На самом деле NO_x – это сумма NO и NO_2 в пересчете на NO_2 .

2. В первой главе, где приведен подробный обзор литературы по теме диссертационной работы, подробно излагаются механизмы образования и методы подавления оксидов азота. Эти вопросы широко освещены как в научной, так и в учебной литературе, поэтому не требуют столь подробного описания в диссертационной работе. Вместе с тем вопрос о применении прямоточных горелочных устройств для снижения выбросов оксидов азота даже не упоминается.

3. В диссертационной работе при представлении результатов исследований на экспериментальном стенде не приведены результаты первичных измерений параметров. Это не позволяет глубоко проанализировать результаты исследований. Например, неясно какие были скорости потоков на выходе из горелочного устройства и другие параметры.

4. На рисунок 1.1 приведена динамика образования термических оксидов азота по длине факела. Длина факела приведена в мм, а диаметр горелки не указан. Правильнее было бы привести этот график в относительных координатах l/d .

5. В диссертационной работе не рассмотрены вопрос о погрешности результатов исследований. Указывается только погрешность газоанализаторов. На экспериментальной установке диаметр горелочного устройства составляет 100 мм, а диаметр охлаждаемой камеры сгорания 200 мм. Не влияет ли малый диаметр камеры сгорания на результаты исследований?

6. На странице 22 написано: «При вводе влаги КПД котла снижается приблизительно на 0,6 %». На самом деле, снижение КПД котла при вводе влаги зависит от водотопливного отношения, и обозначать снижение КПД котла одной цифрой не совсем корректно.

7. В главе 3, в которой приводятся результаты численного моделирования на странице 69 написано: «Сходимость счёта определялась по величине невязок решаемых уравнений и стабилизации основных параметров», но численных значений невязок расчета не приводится. Это не позволяет оценить погрешность результатов расчета при проведении численного моделирования процесса горения топлива.

4. ФГАОУ ВПО «Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», профессор кафедры «Тепловые электрические станции», д.т.н., профессор А.Ф. Рыжков, инженер первой категории кафедры «Тепловые электрические станции» Н.А. Абаимов

1. На странице 11 при описании процедуры CFD моделирования не представлена информация о расчётной сетке (количество элементов, структурированность и т.д.).

2. На странице 12 приведён перечень используемых подмоделей без обоснования их выбора.

3. На странице 13 и рисунке 12 приводится анализ влияния угла установки лопаток завихрителя в наружном канале горелок на выход NO_x, при этом максимальный угол составляет 50°, хотя (судя по графикам) бóльший угол ещё сильнее снизит выход NO_x.

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

В работе (автореферате) не отражены факторы топочного пространства, мощности горелочного устройства, совместной работы группы горелок, нагрузки котла (горелки) на образование оксидов азота. Как, по мнению автора, эти факторы могут повлиять на образование NO_x в его разработках?

6. ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», заведующий кафедрой «Теплоэнергетика и теплотехника», инженерной школы ДВФУ, доктор технических наук, доцент К.А. Штым, старший преподаватель кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника», инженерной школы ДВФУ А.В. Лесных

1. В автореферате говорится об удовлетворительном схождении экспериментальных и расчетных данных, но не ясно, какие внутритопочные исследования проводились, а также не приведены данные по верификации модели.

2. Из автореферата не ясно как длительная эксплуатация влияет на эффективность снижения вредных выбросов и насколько устойчиво сохранение высоких технико-экономических показателей при изменении условий работы котлов с низкоэмиссионными горелками.

7. ФГАОУ ДПО «Петербургский энергетический институт повышения квалификации («ПЭИПК»), Челябинский филиал, д.т.н., профессор кафедры «Эксплуатация теплоэнергетического оборудования», старший научный сотрудник А.Н. Алехнович

1. Автор декларирует удовлетворительное согласование расчетных и экспериментальных данных, однако, в автореферате не приводятся никаких сравнительных данных, подтверждающих тезис.

2. В автореферате, за исключением горелки котла ТГМП-314 с разделительным каналом рециркуляции, не акцентируется внимание на отличие подходов и конструктивных решений по горелкам ВТИ от внедряемых горелок других организаций.

8. АО «Энергетический институт им. Г. М. Кржижановского» (АО ЭНИН), заместитель генерального директора по науке, д.т.н., профессор Н.А. Зройчиков

1. Из автореферата неясно, удалось ли автору теоретически получить и показать на практике снижение выброса NOx за счет установки низкоэмиссионных горелок до уровня требований Гётеборгского протокола (83 мг/м³).

2. Из автореферата неясно, рассматривал ли автор зарубежный (США) опыт снижения выброса NOx только за счет установки низкоэмиссионных газовых горелок четвертого поколения с низкими оксидами азота достигающего уровня 20 мг/м³. Сжигание происходит при очень быстром смешении. А также, горелки пятого поколения, достигаемый уровень NOx – 10 мг/м³?

3. В работе, к сожалению, не рассматриваются вопросы надежности работы горелок. Результаты работы автора внедрены на энергетических котлах ТГМП-314 ТЭЦ-23 ПАО «Мосэнерго (см. стр. 19 автореферата). Длительная, с 2000 по 2017 год, работа котлов ТЭЦ-23 с установленными горелками выявила серьезные недостатки в работе горелочных устройств. Постоянно прогорают центральные обечайки и сопла подачи газа, завихрители и тубусы мазутных форсунок.

9. Институт промышленной экологии, директор института, к.т.н., академик АБУ, Лауреат Государственной премии Украины А.И. Сигал

К незначительным недостаткам работы следует отнести то, что NO и NO₂ не измерялись отдельно. Информация о NO₂ и CO на рисунках 2, 3 и 5 автореферата позволила бы сформировать правильные представления о наличии низко- и высокотемпературных зон в факеле, о качестве подготовки топлива в созданном горелочном устройстве.

10. ПАО «ЗИО-Подольск», руководитель ОП в г. Таганроге – заместитель главного конструктора Управления по тепловой энергетике А.В. Потийко

Для существенного сокращения сроков внедрения предложений диссертации логичной была бы еще подготовка отдельного информационного приложения с концептуальной проработкой следующих вопросов:

- конструкционных параметров горелочных устройств (однопоточных и двухпоточных по воздуху, а также с периферийной и центральной раздачей горючего газа);
- компоновки горелочных устройств, для котлов разной производительности с определением возможностей по сокращению вредных выбросов;
- оценки возможностей автоматизации работы как горелки в целом, так и ее отдельных показателей и т.п.

Разработка указанного приложения не обязательно должна выполняться автором диссертации, но желательно при его участии. Наличие такого приложения существенно бы повысило научную ценность диссертации.

11. Барнаульский филиал ОАО ТКЗ «КРАСНЫЙ КОТЕЛЬЩИК», заместитель директора по проектированию В.Г. Петухов, специалист по наладке 1 категории, к.т.н. С.Н. Хуторненко

1. При реферировании первой главы автору следовало конспективно изложить определенный им перечень конструктивных и режимных параметров, которые приняты для исследования.

12. Общество с ограниченной ответственностью «Башкирская генерирующая компания» (ООО «БГК»), начальник Управления эксплуатации объектов энергетики Д.Ю. Новиков

Из автореферата не ясно, рассматривался ли автором вопрос, как создание горелки по предложенным рекомендациям отразится на надежности и экономичности работы котла

13. Фонд поддержки научной, научно-технической и инновационной деятельности «Энергия без границ», управляющий Фондом В.В. Пешков

1. В недостаточной степени (фактически одно предложение) отражён мировой опыт и направления совершенствования низкоэмиссионных горелок для сжигания газообразного топлива.

2. Отсутствуют сведения (хотя бы оценочные) об экономической эффективности внедрения предложенных горелок. Как они коррелируются со средними значениями, приведенными в 3 строке таблицы 3.6 и в таблице 3.7 справочника ИТС 38-2017?

3. При изложении третьей главы в описании модели необходимо обосновать такие ключевые допущения, как неучёт образования загрязнений на поверхностях и, в особенности, установившееся течение среды (стационарная задача).

4. Автореферат выиграл бы также, если бы в нем было указано, какие именно конструктивные исполнения горелок (из всех моделируемых и испытанных автором) рекомендуются для внедрения на существующих и вновь конструируемых котлах. Существуют ли чёткие границы тех «ниш», где требуется учёт особенностей устройства котла для применения тех или иных модификаций горелок?

14. АО «Институт Теплоэлектропроект» (ОАО «ТЭП»), главный инженер В. В. Кучеров, начальник технического отдела, к.т.н., И. И. Шабанов

1. В главе 2 на стр.10 отмечено, что внешняя рециркуляция организована «за счет отбора продуктов сгорания из газохода котла и направления их в зону горения». В данной главе описаны исследования на экспериментальном стенде, поэтому неясно, из какого газохода котла отбирается рециркуляция. Возможно, это оговорка?

2. В главе 3 на рисунках 12, 13, 14 и 16 представлены графики концентрации NO_x и CO по длине факела (или длине расчетной модели). Не указано, как в данном случае определены

концентрации: максимальные на оси факела, средние по сечению или каким-то другим способом?

3. В главе 4 на стр.19 приводится словесное описание пространственного расположения горелок и сопл вторичного воздуха с целью организации ступенчатого сжигания топлива. Для наглядности было бы целесообразно привести в автореферате пространственный эскиз топки с компоновкой горелок.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны и научно обоснованы: основные положения эффективного сжигания газообразного топлива в существующих и вновь создаваемых топочно-горелочных устройствах с минимальными выбросами вредных веществ в атмосферу.

предложены рекомендации, позволяющие за счет изменения конструкции горелки, повлиять на условия смесеобразования при стадийном или нестехиометрическом сжигании природного газа в комплексе с организацией рециркуляции дымовых газов в горелки, что позволяет снизить концентрацию оксидов азота в продуктах сгорания.

доказано влияние конструктивного исполнения основных типов амбразур, условий перемешивания газа с воздухом на образование оксидов азота в факеле горелки;

установлено, что даже частичная реализация разработанных рекомендаций позволяет улучшить сбалансированность таких характеристик горелки как надежность воспламенения и устойчивость горения, полноту выгорания топлива и снижение выбросов NO_x .

Теоретическая значимость исследования заключается в создании методических основ, разработке и экспериментальном обосновании рекомендаций по проектированию газогорелочных устройств с низким выходом NO_x .

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

установлено совпадение результатов влияния способа ввода газов рециркуляции на образование оксидов азота с результатами, представленными в независимых источниках;

изложены новые подходы к совершенствованию горелочных устройств путем перераспределения потоков топлива и окислителя внутри факела горелки, а также к месту их сопряжения с топочной камерой;

изучено влияние организации ступенчатой подачи воздуха и топлива в горелке и различных способов ввода рециркуляции дымовых газов на образование NO_x при сжигании газа.

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

разработаны и внедрены ключевые принципы создания низкоэмиссионных горелок для сжигания газа. На их основе разработаны пилотные образцы низкоэмиссионных газомазутных горелок, апробация которых в промышленных условиях прошла на котлах ТГМП-314, Е-160-3,9-440 ГМ и КВГМ-50. Результаты работы использованы в проектах реконструкции котлов ТП-108 Шатурской ГРЭС, Е-320-13,8-560 ГМ Уфимской ТЭЦ-2, БКЗ-420-140 НГМ Ново-Стерлитамакской ТЭЦ, П-50Р Каширской ГРЭС и при проектировании котла Е-135,32-420ДГ Северной ЭС VKG Energia OÜ, а также использованы при разработке стандартов СО 153-34.02.304-2003 «Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций» и ИТС 38-2017 «Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии».

определены пределы угла установки лопаток завихрителя во внешнем канале горелки и варианты подачи газов рециркуляции на образование оксидов азота;

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

представлены рекомендации по реконструкции существующих и созданию новых малоэмиссионных газогорелочных устройств.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

обоснованность приведённых в диссертации результатов и выводов. Она обеспечивается применением современных вычислительных программных продуктов (Ansys CFX, Microsoft Excel), апробированных математических моделей и методов вычислений при моделировании и обработке результатов испытаний; использованием проверенных методик проведения испытаний и аттестованных измерительных приборов; удовлетворительным согласованием расчетных и экспериментальных данных, полученных на стенде и в промышленных условиях, а также с данными других авторов там, где они имеются.

Личный вклад соискателя состоит в:

постановке задач исследования; анализе теоретических и экспериментальных работ по теме диссертации; разработке экспериментальной установки, схемы измерений и программы испытаний; проведении математического моделирования и численных исследований процессов горения и образования оксидов азота в пламени горелки; проведении промышленных испытаний, обработке, анализе и обобщении полученных результатов; разработке рекомендаций по проектированию малотоксичных горелочных устройств; подготовке основных публикаций по работе, выполненной лично или при участии автора.

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 важной научной и прикладной задачи раз-

работки рекомендаций по проектированию газогорелочных устройств с низким выходом оксидов азота на ТЭС, имеющей существенное значение для энергетической отрасли. Работа соответствует п.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 28 июня 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Верещетину В.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности защищаемой диссертации 05.14.14 – «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты», участвовавших в заседании, из 19 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени - 16, против присуждения ученой степени – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета



Тумановский Анатолий Григорьевич

Ученый секретарь
диссертационного совета

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the academic secretary, is written below the stamp.

Рябов Георгий Александрович

«28» июня 2018 г.