

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.082.02,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ  
И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА  
СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 28 июня 2018 г., №6

О присуждении Хасанову Нариману Гаязовичу, гражданину Российской Федерации ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Влияние неидеальности термодинамических свойств рабочих тел на процессы в ГТУ с промежуточным охлаждением воздуха» по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите «27» апреля 2018 года, протокол №4 диссертационным советом Д212.082.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, 420066, г. Казань, ул. Красносельская, д.51; приказ № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Хасанов Нариман Гаязович, 1992 года рождения.

В 2014 году соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Казанский государственный энергетический университет».

С 2014 г. по 2018 г. Хасанов Н.Г. обучался в очной аспирантуре

ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет».

Соискатель Хасанов Нариман Гаязович является очным аспирантом кафедры «Энергетическое машиностроение» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Энергетическое машиностроение» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Шигапов Айрат Багаутдинович, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет», кафедра «Энергетическое машиностроение», профессор.

Официальные оппоненты:

Григорьев Владимир Алексеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева", кафедра теории двигателей летательных аппаратов, профессор;

Бурцев Сергей Алексеевич, кандидат технических наук, без ученого звания, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», кафедра «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки», доцент  
дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский

национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», г. Казань, в своем положительном заключении, подписанном Михайловым Сергеем Анатольевичем, доктором технических наук, профессором, проректором по научной и инновационной деятельности, Поповым Игорем Александровичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры теплотехники и энергетического машиностроения, Щукиным Андреем Викторовичем, доктором технических наук, профессором, профессором кафедры теплотехники и энергетического машиностроения

**указала**, что диссертация Хасанова Наримана Гаязовича является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена задача определения оптимальной степени повышения давления в ГТУ с промежуточным охлаждением воздуха при учёте неидеальных свойств рабочих тел. Результаты исследования обладают теоретической и практической значимостью для развития соответствующей отрасли знания. Работа соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор Хасанов Нариман Гаязович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 12 работ общим объёмом 4,1 печатных листа, авторский вклад - 2 печатных листа, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы общим объёмом 2,4 печатных листа, авторский вклад – 1,2 печатных листа.

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

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Хасанов Н.Г. Влияние реальных свойств воздуха на показатели стационарных газотурбинных установок / Хасанов Н.Г., Шигапов А.Б. //

**Известия вузов. Проблемы энергетики.** – 2014. - № 9-10. – С.11-19 (перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК № 911 на дату публикации 09.2014; общий объем - 0,5 пл., личный вклад - 0,25 пл.).

2. Хасанов Н.Г. Влияние реальных свойств продуктов сгорания на параметры стационарных газотурбинных установок / Шигапов А.Б., Хасанов Н.Г. // **Известия вузов. Проблемы энергетики.** – 2014. - №11-12. – С.11-21 (перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК № 911 на дату публикации 11.2014; общий объем - 0,625 пл., личный вклад - 0,312 пл.).

3. Хасанов Н.Г. Оптимальная степень сжатия воздуха в газотурбинной установке с промежуточным воздухоохладителем / Шигапов А.Б., Хасанов Н.Г. // **Известия вузов. Проблемы энергетики.** – 2017. - №1-2. С. 108-118 (перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК № 1551 на дату публикации 02.2017; общий объем - 0,625 пл., личный вклад - 0,312 пл.).

4. Хасанов Н.Г. Влияние неидеальности рабочих тел на оптимальную степень повышения давления в компрессоре ГТУ с промежуточным охлаждением циклового воздуха / Шигапов А.Б., Хасанов Н.Г. // **Тепловые процессы в технике.** – 2017. Т. 9. № 10. С. 472-479 (перечень рецензируемых научных журналов и изданий ВАК № 1253 на дату публикации 10.2017; общий объем – 0,625 п.л., личный вклад – 0,312 п.л.).

На диссертацию и автореферат поступило **8** отзывов, все положительные. В **8** отзывах содержатся замечания:

1) В отзыве доктора технических наук, профессора кафедры электротехники и энергообеспечения предприятий Нижнекамского химико-технологического института (филиала) ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» **Вафина Данила Биалаловича** имеются замечания:

1. Не рассмотрен вопрос о том, что действительные процессы не являются адиабатными;

2. Не анализированы возможные влияния вязкости газов на ухудшение эксплуатационных свойств спроектированного агрегата при использовании модели идеального газа.

2) В отзыве главного инженера филиала АО «Татэнерго» Казанская ТЭЦ-2 **Гирфанова Артёма Альбертовича** содержатся замечания:

1. В автореферате отмечено, что тепловая схема объекта исследования представлена на рисунке 1 (стр.5). Однако на рисунке 1 отображена не тепловая схема, а изменение давления и температуры рабочего тела в проточной части ГТУ с промежуточным охлаждением. Стоило бы привести в соответствие;

2. Определить актуальность использования данной методики расчета для модернизации действующих ГТУ.

3) В отзыве кандидата технических наук, доцента кафедры паровых и газовых турбин ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина» **Григорьева Евгения Юрьевича** имеются замечания:

1. Почему при оценке работы газа разбиение процесса на малые участки осуществляется по давлению, а не по температуре? Почему работа газа рассчитывается как сумма работ в элементарных участках? Почему нельзя рассчитать по разнице энтальпий в начальной и конечной точках процесса?

2. Чем обусловлено отсутствие учёта отвода рабочего тела на охлаждение газовой турбины?

3. Не указано, при каких степенях повышения давления проявляются неидеальные свойства газа?

4) В отзыве кандидата технических наук, доцента, заместителя заведующего кафедрой «Тепловые электрические станции» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» **Зиганшиной Светланы Камилловны** содержится замечание: в автореферате отсутствуют данные о возможном использовании результатов работы в инженерно-расчетной или производственной практике, подтвержденные соответствующими справками или актами внедрения.

5) В отзыве доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Электромеханика» ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет» **Иванова Владимира Викторовича** имеются замечания:

1. В разделе «Общая характеристика работы» не достаточно четко сформулирована актуальность темы диссертации, приведены только «отдельные аспекты теплового расчета ГТУ с ПО», указывающие на актуальность (см. стр.3 автореферата);

2. Не достаточно четко описана физическая интерпретация численных результатов оптимизации по полезной мощности и термическому КПД, приведенных в таблице 3 (см. стр. 12 автореферата);

3. В разделе 3.3 автореферата диссертации (см. стр. 10), при описании блок-схемы алгоритма оптимизации КПД каскада компрессора, как представляется, ошибочно приведена ссылка на рис.1, хотя описывается блок-схема рис.5.

б) В отзыве генерального директора ОАО «Конструкторско-производственное предприятие «Авиамотор»» **Муртазина Габбаса Зуферовича** имеются замечания:

1. Что означает фраза «совокупности начальных параметров рабочего тела»?

2. Следовало в качестве критерия оптимальности использовать минимум удельного расхода топлива вместо максимума термического КПД. Либо отметить, что в авторской постановке минимум удельного расхода топлива соответствует максимуму термического КПД;

3. Данные из таблицы 3 следовало представить в графической форме.

7) В отзыве доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой "Компрессорные машины и установки" ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» **Сагбиева Ильгизара Раффаковича** имеются замечания:

1. На столько ли эффект от предложенной методики расчёта процессов расширения и сжатия газа выше, чем например у методов, описанных в классической монографии Лифшица?

2. Сомнительно утверждение об эффективности применения промежуточного охлаждения при низких общих степенях повышения давления в компрессоре;

3. Почему при оптимизации степени повышения давления не учитывается эксплуатационный показатель - число часов работы? При высоких степенях повышения давления ухудшается надёжность компрессора.

8) В отзыве кандидата технических наук **Иванова Вадима Александровича** (г. Пермь) имеются замечания:

1. В чём выражается новизна учёта влияния давления на энтальпию рабочего тела при расчёте работы газа? Разве известные тепловые диаграммы не предлагают определение энтальпии процесса по перепаду температур и давлений?

2. Из чего складывается погрешность определения термического КПД и полезной мощности? Не увеличивается ли эта погрешность от применения усовершенствований, определяющих научную новизну?

3. На рис. 4 приведена  $p-v$  диаграмма процесса сжатия, которая не позволяет разделить термодинамические потери. Необходимо использовать  $T-S$  диаграмму.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследования и способностью определять научную и практическую ценность диссертации.

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

**разработан** усовершенствованный метод расчёта адиабатного процесса расширения и сжатия газа по малым приращениям давления позволяющий достоверно оценить необратимость процесса и комплексно учесть неидеальные свойства газов. Уточнение основано на введении в уравнение адиабаты элементарного участка процесса коэффициентов отклонения и элементарного изоэнтропного коэффициента полезного действия;

**разработан** алгоритм определения изоэнтропических КПД каскадов многокаскадного компрессора в зависимости от их степеней повышения

давления, а также суммарного изоэнтропного КПД и суммарной степени повышения давления, с учётом изменения термодинамических свойств рабочего тела в промежуточном охладителе;

**предложен** алгоритм расчёта оптимальной степени повышения давления в газотурбинной установке с промежуточным охлаждением воздуха (ГТУ с ПО) по критериям максимальной полезной мощности и термического КПД, реализующий учёт реальных свойств газа и зависимость изоэнтропных КПД каскадов компрессора от их степеней повышения давления;

**доказано**, что модель идеального газа существенно завышает значение оптимальной степени повышения давления в ГТУ с ПО как по критерию максимальной полезной мощности, так и по максимальному термическому КПД, что существенно усложняет этапы проектирования после теплового расчёта, такие как формирование облика двигателя.

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**проведена модернизация** математической модели оценки оптимальной степени повышения давления в ГТУ с ПО;

**показано** влияние реальных свойств газа на величину оптимальной степени повышения давления в ГТУ с ПО;

применительно к проблеме диссертации **результативно использованы методы** технической термодинамики - метод А.М. Розена для оценки реальных свойств газа и метод А.Н. Говорова для определения связи изоэнтропических КПД - общего для процесса и его элементарной ступени, что позволило модернизировать метод расчёта процесса расширения и сжатия газа по малым приращениям давления;

**раскрыт** механизм влияния реальных свойств газа на величину максимальной полезной мощности, термического КПД, оптимальной степени повышения давления в ГТУ с ПО;

**показаны** начальные условия теплового расчёта, максимально проявляющие реальные свойства рабочих тел в ГТУ с ПО.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для**



**практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены:** для оценки показателей парогазовой установки на Казанской ТЭЦ-2: метод выбора определяющих термодинамических параметров воздуха и продуктов сгорания ГТУ простого цикла при комплексном учёте реальных свойств газа; метод выбора изоэнтروпического КПД каскада компрессора в зависимости от соотношения общей и каскадной степени повышения давления, общего изоэнтропического КПД;

**разработаны и внедрены:** в учебный процесс подготовки бакалавров по дисциплине «Газотурбинные установки» рекомендации о корректности применения приближённых методов расчёта адиабатной работы газа на основе сравнения с методом комплексного учёта реальных свойств газа;

**определены:** пределы термодинамической эффективности повышения давления в циклах ГТУ с ПО, что становится возможным с развитием современных конструкционных материалов;

**представлены** рекомендации по повышению точности начальных этапов проектирования (тепловой расчёт) стационарных ГТУ с промежуточным охлаждением воздуха – о необходимости учёта влияния давления на теплоёмкость при оценке оптимальной степени повышения давления, учёта зависимости изоэнтропических КПД каскадов компрессора от степени повышения давления.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**установлено** хорошее согласование авторских результатов с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**установлено** качественное совпадение результатов с теоретическими результатами других авторов и с физическими представлениями о процессах в ГТУ с ПО;

**использована** известная библиотека численных методов FORTRAN IMSL при автоматизации расчётов.

**Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии в**

проведении литературного обзора, постановке целей и задач, создании математических моделей, выполнении расчётов, анализе полученных результатов и формировании выводов.

На заседании 28.06.2018 г. протокол № 6 диссертационный совет пришел к выводу, что диссертационная работа Хасанова Наримана Гаязовича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 10.12.2013 г. №1139, в которой содержатся результаты исследования влияния реальных свойств газа на величину оптимальной степени повышения давления в ГТУ с промежуточным охлаждением воздуха на основе модернизации метода расчёта процессов, что позволяет существенно улучшить точность теплового расчёта при проектировании, имеющих существенное значение для развития соответствующей отрасли науки, и принял решение присудить Хасанову Нариману Гаязовичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, участвовавших в заседании, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации (01.04.14. – Теплофизика и теоретическая теплотехника), из 23 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту – нет, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета,  
доктор технических наук, профессор

А.Г. Лаптев

Учёный секретарь диссертационного совета,  
доктор технических наук, доцент

Э.Р. Зверева

«28» июня 2018 г.

