

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА ПДС 2022.010  
на базе Федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов»  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_

Решение диссертационного совета от 28.12.2022, протокол № 7-3

О присуждении Рамазанову Эльдару Рамазановичу, гражданину России, ученой  
степени кандидата технических наук

Диссертация «Методика параметрической оптимизации бескомпрессорных парогазовых установок с полным улавливанием углекислого газа внутри цикла» по научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика в виде рукописи принята к защите 28.11.2022, протокол № 7-ПЗ, диссертационным советом ПДС 2022.010 на базе Федерального государственного автономного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов» (РУДН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (117198, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6), приказ от 05.12.2022 № 717.

Соискатель – Рамазанов Эльдар Рамазанович, 1994 года рождения, гражданин России.

В 2017 году с отличием окончил РУДН по направлению подготовки 13.04.03 «Энергетическое машиностроение», профиль «Паротурбинные, газотурбинные установки и двигатели».

С 2017 по 2021 год обучался в аспирантуре департамента машиностроения и приборостроения инженерной академии РУДН по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника», профиль «Турбомашины и комбинированные турбоустановки», не соответствующий научной специальности, по которой подготовлена диссертация.

Основным местом работы является федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Объединённый институт высоких температур РАН» (ОИВТ РАН), где работает младшим научным сотрудником лаборатории № 10.1 «Газотурбинные технологии». По совместительству работает ассистентом кафедры энергетического машиностроения инженерной академии РУДН.

Диссертация выполнена в лаборатории № 10.1 «Газотурбинные технологии» ОИВТ РАН.

Научный руководитель: Синкевич Михаил Всеволодович, гражданин РФ, кандидат технических наук (05.08.05), старший научный сотрудник лаборатории № 10.1 «Газотурбинные технологии» ОИВТ РАН, доцент кафедры энергетического машиностроения инженерной академии РУДН.

Официальные оппоненты по диссертации:

1. Кейко Александр Владимирович, гражданин РФ, доктор технических наук (2.4.5), главный научный сотрудник ФГБУН Институт энергетических исследований Российской академии наук (ИНЭИ РАН).

2. Рогалев Андрей Николаевич, гражданин РФ, доктор технических наук (2.4.5), доцент, заведующий кафедрой инновационных технологий наукоемких отраслей Института энергоэффективности и водородных технологий ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ» (ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»).

3. Белова Ольга Владимировна, гражданка РФ, кандидат технических наук

(05.04.06), доцент кафедры Э5 «Вакуумная и компрессорная техника» Научно-учебного комплекса «Энергомашиностроение» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана).

Официальные оппоненты дали положительные отзывы по диссертации.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе за последние 5 лет 4 статьи в изданиях, рецензируемых в международных реферативных базах данных и системах цитирования, рекомендуемых ВАК РФ, и 1 статья в издании из перечня РУДН. Общий объем публикаций – 3,77 п.л. (авторский вклад – 62 %).

Наиболее значимые публикации соискателя:

1. Ramazanov E.R., Kosoy A.A., Khalife H. A presentation method of the thermophysical properties of matter in the form of spreadsheets // Journal of Physics: Conference Series. 2020. V.1675. 012094.

2. Ramazanov E., Sinkevich M., Borisov Yu., Kosoy A. Potential advantages of using compressorless combined cycles in power engineering // E3S Web of Conferences. 2020. V. 209. 03022.

3. Ramazanov E., Borisov Yu., Fominykh N., Popel O. Analysis of the compressorless combined cycle gas turbine unit performance efficiency in district heating systems // E3S Web of Conferences. 2020. V. 209. 03008.

4. Ramazanov E.R., Kosoy A.A. Modeling of thermodynamic processes using the properties of matter presented in the form of spreadsheets // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V. 2057. 012050.

5. Рамазанов Э.Р. Решение задачи параметрической оптимизации принципиально новых энергетических установок на самой ранней стадии проектирования // Научно-технический вестник Поволжья. Технические науки. 2022. № 3. с. 47-50.

Положительные отзывы на автореферат диссертации:

1. Костюков Андрей Вениаминович, гражданин РФ, кандидат технических наук (05.04.02), доцент, заведующий кафедрой «Энергоустановки для транспорта и малой энергетики» транспортного факультета ФГАОУ ВО «Московский политехнический университет».

Замечания:

1) Недостаточно обоснован выбор допущений при моделировании термодинамических свойств и процессов рабочего тела, многокомпонентной смеси, когда входящие компоненты могут претерпевать фазовые переходы. Кажутся неочевидными допустимость пренебрежения внешним теплообменом и отсутствие химического взаимодействия между компонентами смеси.

2) В зависимости (8) на стр. 10 в расшифровке величины " $\eta_n$  – к.п.д. процесса (мера необходимости процесса)" имеется определенная некорректность. Мерой необратимости процесса является не КПД, а увеличение энтропии  $dS=dQ/T$ .

2. Максимов Антон Львович, гражданин РФ, доктор химических наук (02.00.13), член-корреспондент РАН, директор ФГБУН Ордена Трудового Красного Знамени Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева Российской Академии Наук.

Замечания:

1) На стадии постановки задачи было бы логично учитывать то, что даже после улавливания  $CO_2$  в жидкой фазе остается проблема – что делать с

улавливаемым CO<sub>2</sub>. Дальнейшая переработка и захоронение могут существенно повлиять на принимаемые решения даже на самых ранних стадиях проектирования новых объектов.

2) Вызывает сомнение корректность формулировки отдельных научных результатов "способ представления", "способ описания". Наверно под термином "способ" подразумевается совокупность математических зависимостей, тогда корректнее было бы использовать термин "математическая модель".

3) Не для всех буквенных обозначений приведена расшифровка. Например, нет пояснения, что обозначается буквами A и Q в зависимости (8).

4) Имеются опечатки: на второй странице в названии института, на девятой странице в названии вектора Z.

3. Бесчастных Владимир Николаевич, гражданин РФ, кандидат технических наук (05.07.05), заместитель директора НПЦ НТК ОКБ «ЛЭМЗ» ПАО «НПО «Алмаз».

Замечания:

1) При описании систем уравнений частей моделируемых установок отсутствует расшифровка некоторых переменных и индексов.

2) Желательно дополнительно пояснить и обосновать выбор температуры на входе в турбину как «максимально возможной, которую можно технически реализовать без чрезмерных затрат».

3) Из автореферата не понятно, каким образом определялись границы оптимизации.

4. Петельниц Владимир Владимирович, гражданин РФ, начальник отдела стационарных ГТУ АО «Объединенная двигателестроительная корпорация».

Замечания:

1) В уравнении состояния (5) массовые доли чистых веществ в газообразной ( $D_{gi}$ ) и жидкой ( $D_{lj}$ ) фазах очевидно рассматриваются как независимые переменные, тогда как, в рамках принятых ранее допущений, должна иметь очевидная связь  $D_{gi} + D_{lj} = 1$ . Это касается и системы уравнений (6).

2) В автореферате не приведены значения параметров в элементах схемы БКПГУ по рис. 1. Отсутствие таблицы температур и давлений рабочих сред хотя бы номинального режима затрудняет количественное восприятие главы 5 выполненной работы.

5. Москвин Константин Владимирович, гражданин РФ, заместитель главного инженера – начальник управления по работе с оборудованием ПАО «Мосэнерго».

Замечания:

1) Из текста автореферата нельзя понять, какие величины отложены по оси "x", а какие по оси "y" (рис. 2). Или в уравнениях не расписано, какие величины обозначены буквами Q и A. Имеются опечатки. Очевидно, что вектор Z – термодинамические, а не динамические параметры.

2) Основные показатели тепловой эффективности энергетической установки приведены к высшей теплотворной способности топлива, тогда как обычно эти показатели относят к низшей теплотворной способности. Это несколько усложняет сравнение с альтернативными установками.

6. Каминский Роман Валерьевич, гражданин РФ, кандидат технических наук (05.04.02), технический директор АО «Турбокомплект».

Замечания:

1) Одной из причин начала исследования является невозможность или трудоемкость получения характеристик из таблиц по причине сложности

аппроксимации параметров из них. Однако, в исследовании автор вводит еще более сложную систему уравнений и утверждает, что решение ее крайне трудоемко, необходимо применять численные методы. В данном случае некоторое противоречие.

2) В модели камеры сгорания затрагивается процесс горения, однако в предыдущих описываемых допущениях на стр.9 написано, что химических реакций между компонентами не происходит. Это является противоречивым. Обоснованность допущений не раскрыта.

3) Имеются опечатки, например, стр. 8 "0°K" или стр. 10 "рассматриваются четыре возможных областей", а стр.9 в предложении "В тех областях, где возможно появление твердой фазы, рассчитываются так..." пропущено подлежащие.

Выбор официальных оппонентов обоснован их высокой квалификацией, наличием научных трудов и публикаций, соответствующих теме рассматриваемой диссертации:

1. Кейко А.В., Филиппов С.П. Газификация угля: на перепутье. Технологические факторы // Теплоэнергетика. 2021. № 3. С. 45-58.

2. Кейко А.В., Филиппов С.П. Газификация угля: на перепутье. Экономический взгляд // Теплоэнергетика. 2021. № 5. С. 16-31.

3. Keiko A.V., Kozlov A.N., Shamansky V.A., Donskoy I.G., Penzik M.V. A DSC signal for studying kinetics of moisture evaporation from lignocellulosic fuels // *Thermochimica Acta*. 2021. Vol. 698, Art. № 178887.

4. Кейко А.В. Системные исследования энергетических технологий // Приоритеты научно-технологического развития энергетики России: ИНЭИ РАН, Москва, 2021. стр. 6-25.

5. Rogalev A., Grigoriev E., Kindra V., Rogalev N. Thermodynamic optimization and equipment development for a high efficient fossil fuel power plant with zero emissions // *Journal of cleaner production*. 2019. Vol. 236. Art. № 117592.

6. Рогалев А.Н., Косов А.Ю., Комаров И.И., Писарев Д.С., Львов Д.Д. Разработка моделей оценки стоимости энергетического оборудования на сверхкритическом диоксиде углерода // Новое в российской электроэнергетике. 2022. № 7. С. 24-31.

7. Рогалев А.Н., Комаров И.И., Косов А.Ю., Зонов А.С., Злышко О.В. Разработка и исследование методов интенсификации теплообмена для поверхностей нагрева углекислотных теплообменников // Новое в российской электроэнергетике. 2022. № 8. С. 6-15.

8. Rogalev A., Rogalev N., Kindra V., Komarov I., Zlyvko O. Research and Development of the Combined Cycle Power Plants Working on Supercritical Carbon Dioxide // *Inventions*. 2022. Vol. 7. Issue 3. Art. № 76.

9. Belova O.V., Volkov V.Yu., Golibrodo L.A., Zorina I.G. The fluid structure interaction simulation of the deformable structural elements and turbulent flow interaction // *AIP Conference Proceedings*. 2021. Vol. 2412. Art. № 030022.

10. Белова О.В., Колесов К.А., Маширов А.В. и др. Определение параметров теплопередачи в механическом тепловом ключе для холодильной машины с магнитокалорическим эффектом // Челябинский физико-математический журнал. 2021. Т. 6, № 1. С. 111-118.

11. Белова О.В., Горюнов С.В., Морозов Д.А., Крестовских Е.В., Калинин Д.А., Колесов К.А. Разработка компрессорного агрегата на базе волнового компрессора с магнитоэлектрическим приводом для добычи углеводородного

сырья в условиях арктического шельфа // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2019. Т. 3. № 3. С. 47-55.

12. Белова О.В., Вульф М.Д., Рогов П.А., Горюнов С.В., Калинин Д.А. Методика поиска конструктивного решения для поршневого компрессора с прямым газопоршневым приводом при условиях истощения газового пласта // Омский научный вестник. Серия Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение. 2019. Т. 3. № 4. С. 43-48.

Диссертационный совет отмечает, что в результате выполненных соискателем исследований:

1) Разработан способ описания термодинамических свойств рабочего тела, состоящего из чистых веществ, в виде электронных таблиц. Установлено, что предложенные уравнения замены переменных обеспечивают требуемую точность при умеренной густоте интерполяционной сетки и обеспечивают высокую скорость вычислительного процесса.

2) Разработана методика определения параметров состояния рабочего тела, состоящего из изменяющейся смеси чистых веществ. Обоснована приемлемость принятых допущений при описании свойств рабочего тела, состоящего из изменяющейся смеси чистых веществ.

3) Разработана методика моделирования термодинамических процессов. Обоснована целесообразность прямого численного интегрирования уравнения состояния при описании термодинамических процессов рабочего тела, состоящего из изменяющейся смеси чистых веществ.

4) Построены математические модели, описывающие термодинамические параметры принципиально новых энергетических комплексов на базе инновационного термодинамического цикла, как отдельных компонент, так и БКПГУ в целом.

5) Разработана концепция поиска оптимальных параметров энергетических комплексов, базирующихся на цикле БКПГУ, на основе системного анализа.

6) Установлены термодинамические параметры реализованной по циклу БКПГУ опытной пилотной электростанции, которые на стадии технического предложения можно принять как оптимальные.

Теоретическая значимость диссертации состоит в том, что разработанная методика, математическое описание термодинамических свойств, элементов энергетической установки и БКПГУ в целом, а также созданные программно-вычислительные средства послужат дальнейшему развитию научных исследований направленных на совершенствование технологий генерации тепла и электричества.

Значение для практики полученных результатов подтверждается тем, что:

1) Методика параметрической оптимизации бескомпрессорных парогазовых установок с полным улавливанием углекислого газа внутри цикла может быть использована при проведении проектных работ, направленных на создание новых эффективных объектов генерации тепла и электричества.

2) Разработанные программно-вычислительные модули, предназначенные для работы в составе вычислительных комплексов, моделирующих энергетические установки, выполненные по кислородно-топливной технологии, могут быть использованы для различных инженерных задач и в учебном процессе.

Достоверность результатов исследования подтверждается тем, что:

1) Методы исследований базируются на фундаментальных законах

исследуемых физических явлений.

2) Для описания термодинамических свойств использованы общепринятые, сертифицированные базы данных.

3) Тестовые расчеты показали хорошее совпадение результатов проведенных расчетов с привлеченными для сравнения опубликованными данными.

Личный вклад соискателя состоит в анализе и обобщении научных публикаций по теме диссертации, планировании исследования, интерпретации и систематизации, личной разработке теоретических положений, верификации методов, выполнении всех технических работ, в том числе в проведении численного моделирования, получении, анализе и обобщении результатов, написании рукописи. Вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном участии в исследовании на всех его этапах: от постановки задач и их реализации до обсуждения результатов в научных публикациях и докладах на конференциях.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение. Научная новизна результатов, представленных в работе, имеет существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации обоснованы.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного Ученым советом РУДН (протокол № 12 от 23.09.2019), а её автор, Рамазанов Эльдар Рамазанович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение диссертационного совета подготовлено Мальковой Марианной Юрьевной, д.т.н., доцентом, профессором кафедры машиностроительных технологий инженерной академии РУДН; Галишниковой Верой Владимировной, д.т.н., профессором, проректором НИУ МГСУ; Беляевым Виктором Васильевичем, д.т.н., профессором, главным научным сотрудником управления развития науки МГОУ.

На заседании 28.12.2022 диссертационный совет принял решение присудить Рамазанову Эльдару Рамазановичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, участвовавших в заседании, в том числе 4 доктора наук, работающих в совете по специальности рассматриваемой диссертации, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Ю.Н. Разумный

Ученый секретарь диссертационного совета

О.Е. Самусенко

исследуемых физических явлений.

2) Для описания термодинамических свойств использованы общепринятые, сертифицированные базы данных.

3) Тестовые расчеты показали хорошее совпадение результатов проведенных расчетов с привлеченными для сравнения опубликованными данными.

Личный вклад соискателя состоит в анализе и обобщении научных публикаций по теме диссертации, планировании исследования, интерпретации и систематизации, личной разработке теоретических положений, верификации методов, выполнении всех технических работ, в том числе в проведении численного моделирования, получении, анализе и обобщении результатов, написании рукописи. Вклад автора является определяющим и заключается в непосредственном участии в исследовании на всех его этапах: от постановки задач и их реализации до обсуждения результатов в научных публикациях и докладах на конференциях.

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей важное научное и практическое значение. Научная новизна результатов, представленных в работе, имеет существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации обоснованы.

Диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, отвечает критериям пункта 2.2 Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Российский университет дружбы народов», утвержденного Ученым советом РУДН (протокол № 12 от 23.09.2019), а её автор, Рамазанов Эльдар Рамазанович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение диссертационного совета подготовлено Мальковой Марианной Юрьевной, д.т.н., доцентом, профессором кафедры машиностроительных технологий инженерной академии РУДН; Галишниковой Верой Владимировной, д.т.н., профессором, проректором НИУ МГСУ; Беляевым Виктором Васильевичем, д.т.н., профессором, главным научным сотрудником управления развития науки МГОУ.

На заседании 28.12.2022 диссертационный совет принял решение присудить Рамазанову Эльдару Рамазановичу ученою степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 12 человек, участвовавших в заседании, в том числе 4 доктора наук, работающих в совете по специальности рассматриваемой диссертации, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Ю.Н. Разумный

Ученый секретарь диссертационного совета

О.Е. Самусенко

