РЕШЕНИЕ

диссертационного совета Д 212.079.02 по результатам защиты диссертации Усманова Рустема Айтугановича на тему «Теплофизические свойства рабочих тел и технологические закономерности процессов получения биодизельного топлива и утилизации водных стоков, осуществляемых в сверхкритических флюидных условиях» на соискание ученой степени доктора технических наук (01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий)

(Протокол №34 от 26 декабря 2018 г.)

На заседании 26 декабря 2018 года протокол № 34 диссертационный совет принял решение присудить Усманову Рустему Айтугановичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 27 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 5 докторов наук по специальности 05.17.08 участвовавших в заседании, из 32 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени - 26, против присуждения ученой степени - 1 , недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета
Д 212.079.02, д.т.н., профессор Ю.Ф. Гортышов

Ученый секретарь
диссертационного совета, д.т.н. В.А. Алтунин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.079.02 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «КАЗАНСКИЙ НАУЧНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. А.Н. ТУПОЛЕВА - КАИ» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРАТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.12.2018 № 34

О присуждении Усманову Рустему Айтугановичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Теплофизические свойства рабочих тел и технологические закономерности процессов получения биодизельного топлива и утилизации водных стоков, осуществляемых в сверхкритических флюидных условиях» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» принята к защите 24 сентября 2018г., протокол № 19 диссертационным советом Д212.079.02 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ», 420011, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 10, созданного приказом Минобрнауки России №774/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель, Усманов Рустем Айтуганович, 1957 года рождения, в 1979 году окончил «Казанский химико-технологический институт» по специальности «Машины и аппараты химических производств»

В 1983 г. окончил аспирантуру с защитой кандидатской диссертации по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» , в 2014г. окончил докторантуру на базе «Казанский химико-технологический институт» по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника», с предоставлением материалов к защите докторской диссертации. Усманов Р.А работает в должности доцента Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Министерство образования и науки Российской Федерации, на кафедре «Теоретические основы теплотехники»

Научный консультант - доктор технических наук, профессор Гумеров Фарид Мухамедович, «Казанский национальный исследовательский технологический университет», заведующий кафедрой «Теоретические основы теплотехники».

Официальные оппоненты:

1. **Богдан Виктор Игнатьевич** - доктор химических наук, профессор Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, лаборатория катализа и процессов в сверхкритических средах, ведущий научный сотрудник (г. Москва);

2. **Садыков Ренат Ахатович** - доктор технических наук, профессор Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего Образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», заведующий кафедрой «Теплоэнергетика , газоснабжение и вентиляция»;

3. **Печенегов Юрий Яковлевич** - доктор технических наук, профессор Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет», заведующий кафедрой «Машины и аппараты химическихпроизводств»
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация- Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Поволжский государственный технологический университет» в своем положительном заключении, подписанным Ю.Б. Груниным, доктором химических наук, профессором кафедры физики «Поволжский государственный технологический университет», утвержденном В.Е. Шебашевым кандидатом технических наук, ректором «Поволжский государственный технологический университет»,указала, что диссертация Усманова Рустема Айтугановича на соискание ученой степени доктора технических наук является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальностям 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» и 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий».

Соискатель имеет, 50 опубликованных работ по теме диссертации, из них 23 статьи рекомендованных ВАК РФ включая 6 статей в изданиях Web of Science, 10 статей в изданиях Scopus. Автор имеет 4 патента на полезную модель, 2 патента на изобретение и 6 монографий.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1.Usmanov R.A., Gumerov F.M., Gabitov F.R., Zaripov Z.I., Shamsetdinov F.N., Abdulagatov I.M. «Highyield biofuel production from vegetable oil swith supercritical alcohols»//In: Liquid Fuels: Types, Properties and Production. Nova Science Publisher, Inc., New York, 2012, Chapter 3, P. 99-146.

2. S.D. Varfolomeev, M.A. Gladchenko, S.N. Gaydamaka., V.P. Murygina., V.B. Volieva., N.L. Komissarova, F.M. Gumerov, R.A. Usmanov, E.V. Koversanova. Biocatalytic conversion of lignocellulose material stofattyacidsandethanol with subsequentesterification/ Chemistry and Technology of plants ubstances. Chemical and Biochemical Aspects. Apple Academic Press. 2017. PartI, P.111-132

3. Гумеров Ф.М., Усманов Р.А., Мазанов С.В., Габитова А.Р., Мифтахова Л.Х., Габитов Р.Р., Бикташ Ш.А., Газизов Р.А., Габитов Ф.Р., Зарипов З.И., Курдюков А.И., Мингулов И.Г., Абдулагатов И.М., Вольева В.Б., Габитов И.Р., Шамсетдинов Ф.Н., Билалов Т.Р., Никитин В.Г., Варфоломеев С.Д., Мингулов И.Г., Шаповалов Ю.А., Каралин Э.А. Биодизельное топливо. Переэтерификация в сверхкритических флюидных условиях. Изд. Академии Наук РТ.Казань. 2017. 360 С.

4. Мазанов С.В., Усманов Р.А., Гумеров Ф.М. Гетерогенный катализ при получении биодизельного топлива. Переэтерификация растительных масел в спиртовой среде в СбКФ и СКФ условиях. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG.Dudweiler Landstr. 99, 66123 Saarbrucken, Germany. 2017, 189 С.

5. С.Д. Варфоломеев, В.Б. Вольева, Н.Л. Комиссарова, А.В.Малкова, Е.В.Коверзанова, М.Н.Овсянникова, Р.А.Усманов, Ф.М.Гумеров «Химия-биомассы: биотоплива и биопластики». Издательство «Научный мир» 2017, С. 406-429.

6. Мазанов С.В., Усманов Р.А., Гумеров Ф.М. Биодизельное топливо. Переэтерификация в сверхкритических флюидных условиях. LAPLAMBERT

Academic Publishing GmbH&Co. KG. Dudweiler Landstr. 99, 66123 Saarbrucken, Germany. 2018, 357 С.

Научные статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки Росссии:

1.Usmanov R.A. Transesterification of rapeseed and palm oils in supercritical methanol and ethanol / Sh. A. Biktashev, R.A. Usmanov, R.R. Gabitov, R.A. Gazizov, F.M. Gumerov, F.R. Gabitov, I.M. Abdulagatov, R.S. Yarullin, I.A. Yakushev. // Biomass and Bioenergy. 2011. Vol. 35, P. 2999-3011.

2. Usmanov R.A. Improvement of the water brewing of vietnamese green tea by pretreatment with supercritical carbon dioxid./ Hung T.N., Gumerov F., Gabitov F., Usmanov R., Khayrutdinov V., Le Neindre B.// J. of Supercritical Fluids. 2012. Vol. 62, P. 73-78.

3. Usmanov R.A. Waste management in propylene epoxidation process with the use of supercritical fluid media. /Gumerov F.M., Kayumov R.A., Usmanov R.A., Sagdeev, A.A.,.Abdullin I. Sh, Sharafeev R.F.// American J. of Analytical Chem. 2013. Vol. 3, №12A, P. 950-957.

4. Usmanov R.A. The combination of coagulation-flocculation method and the SCWO in the waste water treatment problems / E.S. Gayazova, R.A. Usmanov, F.M. Gumerov, S.V. Friedland, Z.I. Zaripov, F.R. Gabitov, R.Z. Musin // Int. J. of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography. 2013. №1, P. 48-54

5. Usmanov R.A. Extending Functionality of MicroalgaeandTransesterificationun-der Supercritical Fluid Conditions / Chamil A. Biktach, Rustem A. Usmanov, Farid M. Gumerov, Zufar I. Zaripov, Farizan R. Gabitov, Vener F. Khayrutdinov, Ilmutdin M. Abdulagatov. // American Journal of Analytical Chemistry. 2014. Vol. 5, P. 1154-1165.

6. Usmanov R.A. The effect of fatty acid ethyl esters concentration on the kinematic viscosity of biodiesel fuel / R.A. Usmanov, S.V. Mazanov, A.R. Gabitova, L. Kh. Miftakhova, F.M. Gumerov, R.Z. Musin, I.M. Abdulagatov. // J. Chem. Eng. Data. 2015. Vol. 60. №11, P. 3404-3413.

7. Usmanov R.A. Continuous production of biodiesel from rapeseed oil by ultrasonic assist transesterification in supercritical ethanol./ Sergei V. Mazanov, Asiya R. Gabitova, Rustam A. Usmanov, Farid M. Gumerov, Sana Labidi, Mounir Ben Amar, Jean-Philippe Passarello, Andrei Kanaev, Fabien Volle, Bernard Le Neindre // J. of Supercritical Fluids 2016. Vol. 118, P. 107–118.

8. Usmanov R.A. Oxidation of fatty acids by hydrogen peroxide in aqueous Medium under supercritical fluid conditions./ F.M. Gumerov, R.A. Usmanov, A.U. Aetov, I.R. Gabitov, S.V. Mazanov, R.R. Gabitov, Z.I. Zaripov// Mass Spectrometry and Purification Techniques. 2017. Vol. 3, Issue 1, P.1-4.

9. Usmanov R.A.Viscometry as a method for determining concentration of fatty acid ethyl esters in biodiesel fuel.//А.Р. Габитова, С. В. Мазанов, Р. А. Усманов, З. И. Зарипов, Ф. М. Гумеров, И. М. Абдулагатов./Chemistry and Technology of Fuelsand Oils. 2017. Vol. 53, №1, P. 77-86.

10.Usmanov R.A. Theoretical and experimental study of reaction of transesterification of vegetable oils in an alcohol environment in the SbCF and SCF conditions with the ultrasonic emulsification of reaction mixture and the use of heterogeneous catalysts./ F.M. Gumerov, R.A.

Usmanov, S.V. Mazanov, A.R. Gabitova, A.I. Kurdiyukov, Z.I. Zaripov.// Int. J. of Analytical Mass Spectrometry and Chromatography. 2017. Vol. 5, P. 40-55.

11. Усманов Р.А. Получение метиловых эфиров жирных кислот (биодизельного топлива) переэтерификацией в среде сверхкритического метанола / Ш. А. Бикташев , Ф. М. Гумеров, Р. А. Усманов, Р. А. Газизов, Ф. Р. Габитов // Бутлеровские сообщения. 2009. Т.18. №7, С.42-47.

12. Усманов Р.А. Пилотная установка для непрерывной переэтерификации растительных масел в среде сверхкритических метанола и этанола / Р.А. Усманов, Р.Р. Габитов, Ш.А Бикташев, Ф.Н. Шамсетдинов, Ф.М. Гумеров, Ф.Р. Габитов, З.И. Зарипов, Р.А. Газизов, Р.С. Яруллин, И.А. Якушев // Сверхкритические флюиды. Теория и Практика. 2011. № 3, С. 45-61.

13. Усманов Р.А. Реализация процесса непрерывной трансэтерификации растительных масел в сверхкритических флюидных средах / Ф.М. Гумеров, Р.А. Усманов, Р.Р. Габитов, Ш.А. Бикташев, Ф.Р. Габитов, Р.С. Яруллин, И.А. Якушев // Бутлеровские сообщения. 2011. Т.25. № 6, С.1-12.

14. Усманов Р.А. Трансэтерификация рапсового масла в среде этанола в сверхкритических флюидных условиях в проточном реакторе в присутствии гетерогенного катализатора / С.В. Мазанов, Р.А. Усманов, Ф.М. Гумеров, Э.А. Каралин, В.А. Васильев, Р.З. Мусин // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2014. №5(10), С. 14-24.

15. Усманов Р.А. Очистка сточных вод производства целлюлозы из соломы рапса окислением в сверхкритической водной среде. / Э.М. Гаязова. Р.А. Усманов, И.Г. Шайхиев, Ф.М. Гумеров, Р.З. Мусин, С.В. Фридланд // Сверхкритические флюиды: Теория и Практика, 2014. Т.9. №1, С. 40-47.

16. Усманов Р.А. Теплофизические основы безкаталитической и каталитической трансэтерификации рапсового масла в среде этанола в сверхкритических флюидных условиях / С.В. Мазанов, Р.А. Усманов, И.Р. Габитов, Ф.М. Гумеров, З.И. Зарипов, Р.З. Мусин // Бутлеровские сообщения. 2015. Т.41. №1, С. 58-66.

17. Усманов Р.А. Получение биодизельного топлива в сверхкритических флюидных условиях с использованием гетерогенных катализаторов / С.В. Мазанов, А.Р. Габитова, Л.Х. Мифтахова, Р.А. Усманов, Ф.М. Гумеров, З.И. Зарипов, В.А. Васильев, Э.А. Каралин // Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика. 2015. Т. 10. № 2, С. 71-83.

18. Усманов Р.А. Биодизель без свободного глицерина/ В.Б. Вольева, И.С. Белостоцкая, Н.Л. Комиссарова, Е.В. Коверзанова, Л.Н. Курковская, Р.А. Усманов, Ф.М. Гумеров // Журнал органической химии. 2015. Т. 51. Вып. 7, С. 935-938.

19. Усманов Р.А. Диверсифицированная переработка лигноцеллюлозных материалов с выходом к биооксигенатам для топлив / С.Д. Варфоломеев, В.Б. Вольева, Н.Л. Комиссарова, А.В. Малкова, М.Н. Овсянникова, Е.В. Коверзанова, Р.А. Усманов, Ф.М. Гумеров // Аналитика. 2017. №2, С. 30-35.

20. Усманов Р.А. Вискозиметрия как метод определения концентрации этиловых эфиров жирных кислот в биодизельном топливе / А.Р. Габитова, С.В. Мазанов, Р.А. Усманов, З.И. Зарипов, Ф.М. Гумеров, И.М. Абдулагатов.//Химия и технология топлив и масел. 2017. №1(599), С. 47-51.

21. Усманов Р.А. Кинетические закономерности реакций окисления в водной среде и трансэтерификации в условиях существенного изменения величины диэлектрической проницаемости реакционной среды (суб- и сверхкритические

флюидные состояния) / Ф.М. Гумеров, З.И. Зарипов, Р.А. Усманов. // Вестник РФФИ. 2017. №1, С. 64-83.

22.Усманов Р.А. Экспериментальное исследование процесса получения биодизельного топлива в сверхкритических флюидных услови-ях./С.В.Мазанов, Р.А. Усманов, Р.Д. Амирханов, Ф.М. Гумеров // Известия вузов. Серия: Проблемы энергетики. 2017. №1-2, С. 41-51.

23. Усманов Р.А. Окисление жирных кислот пероксидом водорода в водной среде в сверхкритических флюидных условиях. /А.У. Аетов, Ф.М. Гумеров, А.И. Курдюков, Р.А. Усманов, И.Р. Габитов, С.В. Мазанов, З.И. Зарипов. // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 50. №4, С. 67-75.

27 статей по теме диссертации опубликовано в «Вестнике технологического университета» с 2010 по 2016г.

Патенты:

1. Патент на полезную модель №71117 от 20.10.2007 «Установка для непрерывного получения биодизельного топлива из растительных масел с ис-пользованием сверхкритической флюидной технологии»;

2. Патент на изобретение №2408666 от 11.01.2009 «Способ непрерывного получения биодизельного топлива и устройство для его осуществления».

3. Патент на изобретение №2485400 от 13.10.2011 «Способ обезвреживания отходов содержащих углеводороды с одновременным осаждением солей металлов и устройство для его осуществления».

4. Патент на полезную модель №132444 от 04.03.2013 «Устройство для непрерывного получения биодизельного топлива».

5.Патент на полезную модель №156632 от 19.10.2015 «Реактор непрерывного типа для получения биодизельного топлива».

6. Патент на полезную модель №171030 от 17.05.2017 «Реактор с индукционным нагревом для осуществления химических реакций в сверхкритических условиях».

Научные статьи в изданиях из перечня ВАК Минобрнауки России:

На диссертацию и автореферат **поступили отзывы**:

Ведущей организации - ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет». Отзыв положительный. Замечания:

1. В диссертации измерение коэффициента теплопроводности проводилось методом нагретой нити, в то время как существует импульсный метод измерений, который исключает влияние радиационной составляющей.

2. В диссертации отсутствует обоснование применения в работе гетерогенных катализаторов, у которых в качестве носителя использовали Al_2O_3 .

3. В реакционную смесь в процессе получения биодизельного топлива не входит пропилен. С какой целью измерялись тепло и температуропроводность этого газа.

4. Измерения теплофизических свойств компонентов реакционной смеси проводились в основном при температурах ниже температуры процесса получения биодизельного топлива в СКФ условиях.

5. В диссертации эффективность очистки водных стоков оценивалась по химическому потреблению кислорода (ХПК), в то время как существуют другие способы оценки, например по мат. балансу компонентов.

6. В диссертации отсутствует обоснование выбора программного продукта WMGSim для моделирования теплофизических свойств бинарных смесей в околокритической области и расчета промышленной установки.

7. В диссертации переносные свойства μ и λ измерены только для основных компонентов реакционной смеси (рапсовое масло и спирт).

Официального оппонента, доктора химических наук, профессора Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского Российской академии наук, лаборатория катализа и процессов в сверхкритических средах, ведущего научного сотрудника Богдана В. И. Отзыв положительный. Замечания:

1. Практически во всех экспериментальных данных отсутствуют погрешности измерения физических величин. Количество значащих цифр, от единиц, десятых долей и ниже, измеряемых/рассчитанных физических величин: концентраций, конверсий/активностей, энергий активации не поддается разумному объяснению.

2. Поскольку всесторонне рассматриваются все технологические характеристики процесса переэтерификации триглицеридов жирных кислот в присутствии гетерогенных контактов, то в практической реализации данного процесса в части их рецикла необходимы знания о времени жизни катализаторов. К сожалению, такие результаты в работе отсутствуют.

3. Установленные вязкостные корреляции и состава продуктов переэтерификации триглицеридов жирных кислот не носят общего характера поскольку установлены только для конкретного типа масел. Полагаю, что необходимо учитывать также и конкретный химический жирнокислотный состав превращаемых жиров, требуется «калибровка» по каждому типу субстратов, да и степени конверсии. Концентрационный и химический состав ЭЭЖК дает рутинный хроматографический метод. А вот следовало бы исследовать вязкостные характеристики полученного пула ЭЭЖК при полной конверсии триглицеридов жирных кислот с европейскими стандартами биодизеля EN14214; цетановое число, йодное число, температура воспламенения и т.д.

4. Уравнения 5 и 6 автореферата стр.22 идентичны, а вот фраза «Согласно исходным представлениям концентрация ЭЭЖК в образцах дизельноготоплива является линейной функцией логарифма коэффициента кинематической вязкости» требует комментария.

5. Данные, представленные на рисунках в Т.1, дублируют друг друга. Зависимости констант скоростей от температуры и логарифма констант от обратной температуру - это одно и тоже. Обычно представляют логарифмический вид уравнения Аррениуса и по наклону прямой рассчитываются энергии активации.

6. Непонятно выражение/вывод г.7, касающийся квантово-химических расчетов реакции переэтерефикации «...триглицериды жирных кислоти их аналоги в обычных условиях не вступают в реакции переэтерификации и гидролиза в отсутствии катализаторов». Квантово-механический расчет в г.7.1 излишен. Что есть условия обычные, а что- необычные? Полагаю, что в начале диссертации при рассмотрении химии и технологии процесса получения биодизеля необходимо было представить термодинамический анализ рассматриваемых реакций и, вкупе, с кинетическими характеристиками, полученными автором в г.9,можно было получить и изложить без квантово-механических расчетов представления о механизме реакций гидролиза и переэтерификации триглицеридов жирных кислот.

7. Непонятно происхождение данных в таблицах т.2 приложений. Это литературные данные или данные, полученные автором, например, всхожесть семян? Следовало бы в надписании таблиц указывать либо источник цитирования или условия

эксперимента/расчета автора. Неясна также логика автора в размещении одних таблиц в т.2, а иных - в основном т.

8. Неудобная форма изложения фактурного материала. Так таблица 7.1 помещена в т.2, а пояснения в т. 1 диссертации стр.260.9. В автореферате, диссертационной работе имеется громное количество опечаток, терминологических неясностей, неустановленных размерностей и т.д.:

- т.2, стр.6 в таблице 1.5 по эмиссии биотоплив есть источник биотоплива - «ПЦеллюлозное ДТ (Термохимический процесс Фишера-Тропша, отходы лесодобычи)». Непонятно, что автор имел ввиду под этими источниками, что представлено в столбцах, какова размерность;

- тоже самое в таблице 1.6 и далее; «сверхкритические флюидные условия» сверхкритические=флюидные в контексте диссертации это ведь одно и тоже;

- надписи рисунков автореферата не читаются;

- в автореферате и диссертации множество грамматических и лексических ошибок.

Официального оппонента, доктора технических наук, профессора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», заведующего кафедрой «Теплоэнергетики» Садыкова Р.А. Отзыв положительный. Замечания:

1.Отсутствует обоснование применения в работе гетерогенных катализаторов, у которых в качестве носителя использовали окись алюминия (Al2O3) .

2. Непонятно с какой целью измерялись тепло - и температуропроводность пропилена. В реакционную смесь в процессе получения БДТ этот газ не входил.

3. Отсутствует подробное объяснение выбора программного продуктаWMGSim для моделирования теплофизических свойств бинарных смесей и расчета промышленной установки.

4. В работе измерены переносные свойства коэффициентов динамической вязкости (μ) и теплопроводности (λ) только для основных компонентов реакционной смеси (рапсовое масло и спирт), но экспериментально неизмерялись эти свойства для реакционной смеси в целом.

5. Непонятно, зачем проводить столь значительные экспериментальные исследования свойств и составляющих компонентов рапсового и пальмового масел, если сам автор (ещё во введении) утверждает, что использование их как сырья «…ухудшает продовольственную и экологическую обстановку. Они занимают большие посевные площади, что приводит к вырубке лесов».

6. Автор предлагает вместо рапса и пальмового масла использовать микроводоросли, но для их культивирования необходимо сырьё, энергоресурсы и достаточно большие природные или искусственные водоёмы.

7. Отсутствует реальная промышленная технология получения БДТ в СКФ-условиях, хотя исследования по этому направлению в КНИТУ (КХТИ) ведутся уже более 20 лет.

8.При проведении процессов в СКФ-условиях (в частности, и при получении БДТ) необходимо поддерживать очень высокие давления и температуры, а следовательно, промышленное оборудование должно быть металлоемким, герметичным и дорогостоящим, а само производство высоко- или взрывоопасным. Поэтому встает вопрос о реальности в настоящее время промышленного производства БДТ в СКФ-условиях. реализации

9. В тексте рукописи диссертации имеются опечатки, пунктуальные ошибки; встречаются повторения одних и тех же утверждений и выражений.

Официального оппонента, доктора технических наук, профессора Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет», заведующего кафедрой

«Машины и аппараты химических производств» Печенегова Ю.Я. Отзыв положительный. Замечания:

1.Без ущерба для работы можно было бы сократить обзорную часть (гл. 1), которая занимает 53 страницы текста диссертации.

2. В связи с лаконичным изложением методических вопросов проведения исследования, не ясными являются некоторые важные положения обработки данных измерений при определении теплофизических свойств рассматриваемых систем. В частности, при исследовании теплопроводности жидкостей методом нагретой нити (гл. 3, параграф 3.5), для определения перепада температур в кольцевом слое исследуемой жидкости необходимо вычислить величину падения температуры в стенке капиллярной стеклянной трубки. Эта величина является составной частью измеренного в опыте суммарного падения температуры между термометрами. В диссертации не указывается как проводилось вычисление данной величины, хотя очевидно, что при значительной ее доли в суммарном падении температуры между термометрами, ее роль в точности определения коэффициента теплопроводности исследуемой жидкости может быть существенной . Не раскрыта в диссертации и роль лучистого переноса тепла через тонкий слой исследуемой жидкости в измерительной ячейке при определении коэффициента теплопроводности методом нагретой нити.

3. Указывается, что температурный уровень рассматриваемых в диссертации процессов при сверхкритических и субкритических условиях составляет 550-670 К. При этом выполненное опытное исследование теплопроводности, температуропроводности, теплоемкости, теплового расширения систем, участвующих в данных процессах, проводилось при температурах только до 300-470 К. Для вязкости температурный интервал экспериментов ограничивался до 653 К. Причины несоответствия температур в опытах по определению теплофизических свойств систем (кроме вязкости) и процессов с их участием в диссертации не разъясняются.

4. Возникают вопросы, связанные с возможным переносом результатов выполненного лабораторного исследования на крупномасштабные установки. В частности, не ясно, как будет влиять масштабный переход на компонентный состав получаемого продукта в СбКФ и СКФ процессах при не равномерно распределенных в большом реакционном объеме промышленной установки влияющих факторах? Следует иметь в виду и то, что для сверхкритических условий характерными являются режимы ухудшения тепло и массообмена. Процесс конверсии масел при высоких температурах обычно сопровождается образованием твердой фазы, которая может выпадать на теплопередающих стенках реакционного устройства. Очевидно, что при этом тепловая работа устройства и его технологические показатели становятся зависимыми от времени работы.

5. Какие оптимальные с экономической точки зрения давления и температуры для процессов получения биодизельного топлива и очистки промышленных стоков могут быть предложены при их практической реализации с учетом того, что увеличение давления и температуры приводит к удорожанию используемого оборудования?

6. В формуле (3) расчета изобарной теплоёмкости C_P (P,T) с.84 (в автореферате формула (1) стр.8) перевёрнуто соотношение $\frac{\tau-\tau_0}{\tau^{II}-\tau_0}$, вместо которого должно быть $\frac{\tau^{II}-\tau_0}{\tau-\tau_0}$

Автор не корректно использует термины « коэффициент кинематической вязкости» и «коэффициент динамической вязкости». Вязкость одна, а коэффициентов два.

В списке источников встречаются одни и те же источники под разными номерами.

Отзывы на автореферат диссертации:

ФГБУН «Институт проблем геотермии» Дагестанского научного центра РАН, подписанный главным научным сотрудником, д.т.н,профессоромБазаевым Ахмедом Рамазановичем. Отзыв положительный. Замечания:

Замечаний к содержанию и оформлению автореферата диссертации нет. Однако, располагая уникальной экспериментальной базой, следовало для полноты исследований реализовать реакцию траш этерификации в СКФ условиях с использованием в качестве растворителя двойной системы оптимального состава, образованной смешением спирта (метанол, этанол, 1- пропанол) и углеводорода (н-пентан, н-гексан) как универсального растворителя с регулируемыми (путем изменения состава) критическими параметрами. Замещение индивидуального спирта бинарной системой позволит оптимизировать параметры процесса получения биодизельного топлива и, может быть, минимизировать процесс деструкции спирта.

ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук, подписанный д.ф.-м.н., профессором Востриковым Анатолием Алексеевичем. Отзыв положительный. Замечания:

1.Перегруженность автореферата второстепенными рассуждениями и иллюстративным материалом, плохо читаемым из-за использования мелкого шрифта.

2. Утверждение автора о том , что «Увеличение значения ХПК с увеличением концентрации окислителя могу свидетельствовать о том, что в системе происходят реакции неполного окисления, а также конденсации, карбоксилирования за счет реакций ранее образовавшихся CO_2, CO, H_2» (стр. 39) требует уточнения, поскольку в такой формулировке противоречит сложившимся представлениям о механизмах превращения органических соединений.

3.Необходимо пояснить, исходя из каких соображений в качестве окислителя «рапсового» стока выбран нерастворимый в воде MnO_2

4. В тексте присутствуют не совсем удачные фразы.

Республиканского государственного предприятия «Казахский национальный университет имени аль-Фараби» (Республика Казахстан), подписанный д.т.н. профессором Шаповаловым Юрием Александровичем. Отзыв положительный. Замечания:

1.Диссертант не приводит сравнения, полученного в результате исследований, биодизельного топлива со стандартами качества.

2 Оценка эффективности очистки сточных вод по ХПК не дает полного представлении о составе продукта реакции.

3.Не обсуждается вопрос влияния материала реактора на процесс.

4. Не рассматривается вопрос образования азот содержащих веществ в результате использования воздуха в качестве окислителя в процессе СКВО.

5.С какой целью измерялись теплофизические свойства пропилена.

ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет» (г. Махачкала), подписанный заведующим кафедрой «Физическая и органическая химия» д.т.н., профессором Абдулагатовым Ильмутдином Магомедовичем. Отзыв положительный. Замечания:

При работе с растительными маслами большую сложность представляют содержащие в них примеси, которые могут существенно влиять на процессы, проходящие в сверхкритической среде. В автореферате ничего не сказано о чистоте растительных масел и ее влияние на качество конечного продукта.

ФГБОУ науки института катализа им. Г.К. Борескова СО РАН (г. Новосибирск), подписанный с.н.с., к.х.н., доцентом Чибиряевым А.М.Отзыв положительный. Замечания:

1) На стр. 16 и 17 реферата и Рис. 18–20 рассматривается полученная зависимость Ср от температуры для смесей пальмового/рапсового масла и этанола. Здесь автор указывает только на две области проявления теплового эффекта реакции (470–520 и 530–560К), хотя под цифрой «1» имеется ещё и третий (или, правильнее говорить, первый – 420–430К). С чем связан этот эффект? Далее: для эффекта в области «2» (470–520К) автор говорит как «о начале химической реакции образования сложных эфиров». Как минимум, это утверждение должно подтолкнуть к обсуждению того, что после проявления этого типа экзотермического эффекта реальная реакционная смесь перестаёт быть только смесью растительного масла и этанола и из двухкомпонентной превращается в четырёхкомпонентную смесь (добавляются целевой этиловый эфир жирной кислоты и глицерин). Как этот факт должен был повлиять на характер представленной температурной зависимости Ср?

2) На протяжении всего обсуждения соискатель неоднократно обращается к понятию критической точки и, соответственно, сверхкритическому состоянию смесей. Но я не обнаружил в автореферате упоминания и, тем более, обсуждения эффекта дрифта (смещения) критической точки в координатах Р–Т. Дело в том, что даже если для конкретной смеси компонентов будут установлены точные критические параметры, то в процессе химической реакции между этими компонентами и естественного изменения химического состава реакционной смеси критические параметры этой уже изменённой реакционной смеси будут отличаться от исходной. И получаемые различия могут быть очень значительными. Как этот факт следует учитывать при обсуждении результатов, полученных соискателем? Как он повлияет на общую картину?

3) Результаты исследования тепло- и температуропроводности пропилена в околокритической области состояния приведены на Рис. 21 и 22. Сказано, что «…Минимумы температуропроводности и максимумы теплопроводности обусловлены природой молекулярного переноса в околокритической области состояния…». Непонятно, о какой же природе молекулярного переноса идёт речь?

4) По каким именно полосам поглощения в ИК-спектрах делались количественные оценки (полосам поглощения каких функциональных групп?). Как строились калибровочные кривые? Действительно ли данный метод позволяет получать величины с точностью до второго знака после запятой?!

5) Будет ли правильной такая интерпретация Рис. 46 (см. стр 32, пояснения к Рис. 46): для 100%-ной конверсии «нерафинированного пальмового масла в МЭЖК при м.с. 153:1 и 3 длительности реакции 10 минут» следует поднимать температуру процесса выше 623К и при этом не имеет смысла проводить ультразвуковую обработку, поскольку конверсия пальмового масла с ультразвуковой обработкой и без неё практически выравнивается?

6) Выводы 2, 3 и 6 сформулированы в слишком обобщённой и несколько декларативной форме. Хотелось бы увидеть здесь бóльшую конкретику результата.

Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова (г. Душанбе), подписанный академиком Инженерной академии наук Республики Таджикистан, академиком Международной инженерной академии, академиком МАХ, заслуженным деятелем науки и техники Таджикистана, д.т.н., проф. Сафаровым Махмадали Махмадиевичом. Отзыв положительный. Замечания:

1. С какой целью исследовались коэффициенты тепло- и температуропроводности пропилена в асимптотической близости к критической точке?
2. Почему измерения теплофизических свойств компонентов реакционной смеси часто проводились при температурах ниже температуры осуществления реакции переэтерификации в СКФ условиях?
3. Что явилось причиной предпочтения в такой форме оценки эффективности чистоты водных стоков как оценка ХПК, в то время как существуют и другие не менее точные и убедительные способы?

ОАО «Татнефтехиминвест-холдинг» (г. Казань), подписанный зам. генерального директора, д.х.н., профессором Якушевым И.А. Отзыв положительный. Замечания:

1. Отсутствует обоснование выбора для исследований гетерогенных катализаторов, у которых в качестве носителя использовался Al2O3.
2. В диссертации эффективность очистки сточных вод оценивалась по ХПК, в то время как существуют другие способы оценки.
3. В табл.4 автореферата указывается, что использование катализатора SrO/Al2O3 (2%) дает максимальный выход ЭЭЖК в СКФ процессе переэтерификации, но не приводится почему.
4. Не приводятся результаты анализа состава водных стоков после реакции СКВО.

ФГБОУ ВО «КГТУ» (г.Калининград), подписанный д.т.н., профессором Герасимовым А.А. Отзыв положительный. Замечания:

1. Экспериментальные данные, полученные автором и имеющие важное научное и практическое значение, представлены в диссертации только в виде рисунков. Отсутствие численных данных делает весьма затруднительным их дальнейшее использование другими исследователями для анализа и обощений.
2. Исследуемые вещества, представляют собой сложные смеси, поэтому для их идентификации необходим хотя бы минимальный набор стандартных физико-химических свойств.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», подписанный д.т.н., проф. Мингалеевым Н.З. Отзыв положительный. Замечания:

1. В диссертации переносные свойства измерены только для основных компонентов реакционной смеси. Не измерялись для реакционной смеси.
2. В разделе 3.4 отсутствует информация о наблюдении конвективных токов в плоскостях, параллельно оптической оси, и о том, как их контролировали.
3. В диссертации не проводился анализ газовой фазы продуктов СКВО.

ИХФ РАН (г. Москва), подписанный д.ф.-м.н., с.н.с. Жорином В.А. Отзыв положительный. Замечания:

1. В табл.4 указывается, что использование катализатора SrO/Al_2O_3 (2%) дает максимальный выход ЭЭЖК в СКФ процессе переэтерификации, но не приводится почему.

2. В диссертации эффективность очистки сточных вод оценивалась по ХПК, в то время как существуют другие способы оценки, например по мат.балансу компонентов.

3. Отсутствует соответствие полученного в результате исследований биодизельного топлива по стандарту качества ЕН14214.

4. В диссертации не приводятся результаты анализа состава водных стоков после реакции СКВО.

Одесская национальная академия пищевых технологий, подписанный д.т.н., профессором кафедры теплофизики и прикладной экологии Виталием Петровичем Железным. Отзыв положительный. Замечания:

1. В диссертации измерение коэффициента теплопроводности проводилось методом нагретой нити, в то время как существует импульсный метод измерений, который исключает влияние радиационной составляющей.

2. В диссертации коэффициенты вязкости и теплопроводности измерены только для основных компонентов реакционной смеси (рапсовое масло и спирт) но не измерялись для реакционной смеси.

3. В диссертации отсутствует обоснование использования в процессе гетерогенных катализаторов, у которых в качестве носителя использовался Al2O3.

РХТУ им. Д.И. Менделеева (г.Москва), подписанный д.т.н., проф. Дороховым И.И. Отзыв положительный. Замечания:

Текст автореферата имеет нестандартный большой объем, подписи на рисунках напечатаны нечитаемым мелким шрифтом, кроме того, отсутствует корреляция между задачами исследований и выводами.

ФГБУН Институт теплофизики им С.С. Кутателадзе СО РАН (г.Новосибирск), подписанный зам.директора по научной работе, д.ф.-м.н., проф. Станкусом С.В. Отзыв положительный. Замечания:

К сожалению в автореферате не приведены описания (ссылки на оригинальные работы) измерительных методик и обоснование их выбора, а также отсутствуют данные о погрешностях полученных результатов**.**

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием у них научных трудов и работ, которые соответствуют профилю диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1)Для достижения поставленной цели по разработке технологий и аппа-ратурного оформления отмеченных процессов получены экспериментальные данные:

- температуропроводность *a* пропилена в околокритической области состояния Т= (365, 369, 372, 378, 382 и 385) К в диапазоне давлений от 2,0 до 6,0 МПа - интерферометрический метод;

- коэффициент теплопроводности λ рапсового масла Р= (0,098; 4,9; 9,8; 14,7;19,6) МПа; Т=(273÷373) К, пальмового масла Р= 0,1 МПа; Т= (303÷363) К, и рыбьего жира Р= (0,1÷40) МПа; Т= (313÷ 373) К - метод нагретой нити;

- изобарная теплоемкость Ср смесей и эмульсий рапсового масла с этиловым и бутиловым спиртами Р=20МПа; Т= (373÷573) К при различных молярных соотношениях компонентов– метод сканирующего калориметра;

- коэффициент теплового расширения и тепловой эффект смешения для системы «этиловый спирт/рапсовое масло» в условиях получения биодизельного топлива при Р=

(10 ÷50) МПа и Т = (298÷ 363) К – метод теплопроводящего калориметра;

- коэффициент теплового расширения и изобарная теплоемкость эмуль-сий «уксусная кислота-пероксид водорода» и «олеиновая кислота/пероксид водорода» - методы теплопроводящего и сканирующего калориметров соответственно;

- коэффициент динамической вязкости рапсового масла в широкой области изменения параметров состояния Р=(0,1÷29,4)МПа и Т= (313 ÷473)К - метод падающего груза;

- коэффициент кинематической вязкости образцов биодизельного топлива, полученных в СКФ условиях на установках периодического и непрерывного действия, как в каталитическом, так и в некаталитическом вариантахТ=(593÷653) К при различных молярных соотношениях «спирт-масло» - метод стандартной вискозиметрии.

2)Установлена «вязкостная корреляция» (зависимость вязкости продукта реакции от его состава) для продуктов реакции переэтерификации, полученных в СКФ условиях. Установлены ее количественные характеристики.

3) Установлено, что содержание воды в реакционной смеси запускает реакцию гидролиза, в результате которого образуются жирные кислоты, выступающие в качестве катализаторов, что делает процесс переэтерификации в СКФ условиях автокаталитическим.

4) Получены данные по дисперсности и устойчивости масляно-спиртовых эмульсий (рапсовое масло + этиловый спирт), приготовленных ультразвуковым методом.

5) Получены экспериментальные данные по влиянию гетерогенных катализаторов различной химической природы и с различными степенями пропитки носителя на величину конверсии и химический состав продукта реакции трансэтерификации, осуществленной в СбКФ и СКФ условиях на пилотных установках непрерывного и периодического действия с предварительным ультразвуковым эмульгированием реакционной смеси.

6) С использованием модели Пенга-Робинсона (PR EOS) получены расчетные данные критических параметров различных бинарных систем, состоящих из триглицеридов и этанола при различных мольных соотношениях, равновесным и некоторым переносным свойствам бинарной смеси «этанол/триглицерид рапсового масла», находящейся в СбКФ/СКФ состоянии.. Построены кривые постоянного состава и критические линии для различных составов бинарной смеси.

7) Получены данные по кинетике реакции трансэтерификации рапсового масла в среде этанола, осуществленной в СбКФ/СКФ условиях с использованием проточного реактора и предварительного ультразвукового эмульгирования реакционной смеси.

8) Экспериментально подтверждена возможность проведения реакции в

СКФ условиях в отсутствии традиционных гомогенных катализаторов при низких молярных соотношениях реакционной смеси (этанол- масло).

9) Получены результаты исследования условий ультразвукового воздействия (природа реагентов, концентрация, мощность эмульгатора) для создания мелкодисперсных эмульсий перед подачей в реактор, которые обеспечивают высокую однороность реакционной среды и высокие значения конверсии.

10) Получены экспериментальные результаты исследования процесса СКВО на усиановке непрерывного действия, применительно к ряду модель-ных и промышленно значимых стоков («молибденовый» и «рапсовый»).

11) Разработана новая установка для непрерывного получения биодизельного топлива из растительных масел с использованием сверхкритических флюидных технологий, на что получен патент на полезную модель РФ №71117.

12) Разработан новый способ непрерывного получения биодизельного топлива и устройство для его осуществления, на что получен патент на изобретение РФ №2408666.

13) Разработано новое устройство для непрерывного получения биодизельного топлива, на что получен патент на полезную модель РФ №132444.

14) Разработан новый способ обезвреживания отходов, содержащих углеводороды, с одновременным осаждением растворённых солей металлов и устройство для его осуществления, на что получен патент на изобретение РФ №2485400.

15) Разработан новый реактор непрерывного типа для получения биодизельного топлива, на что получен патент на полезную модель РФ №156632.

16) Разработан реактор с индукционным нагревом для осуществления химических реакций в сверхкритических условиях, на что получен патент на полезную модель РФ №171030.

Теоретическая и практическая значимость.

Экспериментальные и расчетные данные по теплофизическим свойствам исходных реагентов, их смесей и продуктов реакций переэтерификации и окисления, осуществляемых в сверхкритических флюидных условиях в рамках задач получения биодизельного топлива и утилизации промышленных водных стоков являются важной составляющей базы данных, которая необходима как для развития фундаментальной теплофизики, так и для моделирования, оптимизации и масштабирования соответствующих перспективных технологий. Результаты квантово - химических расчетов способствуют углублению представлений о химических реакциях, осуществляемых в СКФ условиях. Экспериментальные данные по влиянию гетерогенных катализаторов различной химической природы на величину конверсии исходного сырья и состав продукта реакции переэтерификации, осуществленной в СКФ условиях, являются важным вкладом в каталитическую химию и основой для повышения эффективности инновационной технологии получения биодизельного топлива. «Вязкостная корреляция» для продукта реакции переэтерификации, осуществляемой в СКФ-условиях, позволяет малозатратно, быстро и эффективно устанавливать содержание ЭЭЖК в образцах продукта реакции. Результаты исследования кинетики реакции переэтерификации, осуществленной в СбКФ/СКФ условиях в проточном реакторе для реакционной смеси, предварительно подвергнутой ультразвуковому эмульгированию, значимы при формировании общетеоретических представлений о кинетике реакций в подобных условиях.

Созданы экспериментальные установки для получения биодизельного топлива в сверхкритических условиях в периодическом и непрерывном режимах. Разработаны оригинальные теплообменно-реакторные блоки, обладающие патентной новизной. Реализованы: процесс получения биодизельного топлива с предварительным эмульгированием, в присутствии гетерогенного катализатора, в СКФ условиях. Создана экспериментальная установка для проведения процесса сверхкритического водного окисления промышленных стоков в непрерывном режиме с использованием в качестве окислителя перекиси водорода или кислорода воздуха. Разработан оригинальный реактор

с индукционным нагревом, обладающий патентной новизной. Реализованы: процесс утилизации промышленного рапсового водного стока посредством сочетания коагуляционно-флокуляционного процесса и окисления в сверхкритической водной среде, процесс утилизации промышленного молибден содержащего водного стока посредством окисления в сверхкритической водной среде с последующим выделением молибдена из твердого осадка.

Полученные данные по кинетике химической реакции позволяют проводить расчеты и проектирование реактора промышленной установки получения биодизельного топлива. Рассматриваемая работа, в рамках которой защищено шесть кандидатских диссертаций, замыкает цикл исследований по направлению «СКФ-технология получения биодизельного топлива» и является хорошей методологической основой для исследования других химических реакций, предполагаемых к проведению в сверхкритических флюидных условиях. В целом материал диссертационной работы представляет существенный вклад в теорию и практику сверхкритических флюидных технологий.

Результаты исследования внедрены:

- экспериментально полученные данные по теплофизическим свойствам термодинамических систем и все технико-технологические решения для исследованных процессов введены в базу данных ОАО «Татнефтехиминвест-Холдинг».

-Подписан договор о сотрудничестве между КНИТУ и Казахским национальным университетомим. Аль-Фараби по программе «Зеленые технологии на основе сверхкритических сред» 2018-2020г. с целью реализации технологии получения биодизельного топлива в Казахстане.

- диссертационная работа выполнена в «Казанский национальный исследовательский технологический университет» при финансовой поддержке Правительства РФ в рамках грантов ФСРМФПНТС № 6763р/9429 от 10.04.2009 г. и 02.740.11.5051 от 20.07.2009 г., государственного задания Минобрнауки (ПНИЛ) №3.3374.2011, в рамках хозяйственных договоров №№ 02-08, 03-08 с ОАО «Татнефтехиминвест» холдинг от 01.09.2008 г., при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (№13-03-12078 офи_м), Российского научного фонда (№14-19-00749), Минобрнауки РФ (соглашение № 14.574.21.0085; идентификатор RFMEFI57414X0085); (соглашение № 14.750.31.003).

Личный вклад автора состоит в постановке задач, выборе методов и разработке алгоритмов их решения, в непосредственном проведении экспериментальных и расчетно-теоретических исследований, обработке и анализе полученных результатов, установлении основных закономерностей и формулировке основных выводов диссертационной работы.

Автор является соруководителем диссертационных работ шести аспирантов кафедры «Теоретические основы теплотехники» «Казанского национального исследовательского технологического университета». Диссертационная работа Усманова Р.А. представляет собой научно-квалификационную работу, в которой решается актуальная задача исследования теплофизических свойств рабочих тел для разработки технологий получения биодизельного топлива и утилизации промышленных водных стоков в сверхкритических условиях, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, соответствует специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» (п.1, п.2, паспорта специальности) и специальности 05.17.08 « Процессы и аппараты химических технологий» (п. 8, п. 9 паспорта специальности), отвечает

требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, с изменениями, принятыми Постановления Правительства Российской Федерации № 335 от 21 апреля 2016 года.

На заседании 26 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Усманову Рустему Айтугановичу ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 27 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника», и 5 докторов по специальности 05.17.18 участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовой основе 5 человек. Проголосовали: за присуждение ученой степени - 26, против присуждения ученой степени - 1, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель диссертационного совета
Д212.079.02, д.т.н., профессор Ю.Ф. Гортышов

Ученый секретарь диссертационного
совета, д.т.н., профессор В.А. Алтунин