

## Результаты публичной защиты

Дата защиты: 25 января 2018 г.

Соискатель: Тухватуллина Рузана Рамилевна

Диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук на тему: «Физико-математические модели двухфазного неизотермического двухскоростного течения пузырьковой среды».

Специальность 01.02.05 – «Механика жидкости, газа и плазмы».

На заседании председательствует – Председатель диссертационного совета, академик РАН, д.ф.-м.н., профессор Б.Н. ЧЕТВЕРУШКИН.

Ученый секретарь – к.ф.-м.н. М.А. КОРНИЛИНА.

На заседании из 25 членов диссертационного совета присутствовали 19, из них 5 докторов по профилю рассматриваемой диссертации:

1. ЧЕТВЕРУШКИН Б.Н.	д.ф.-м.н.	05.13.18
2. КАЛИТКИН Н.Н.	д.ф.-м.н.	01.02.05
3. ТИШКИН В.Ф.	д.ф.-м.н.	01.01.07
4. КОРНИЛИНА М.А.	к.ф.-м.н.	05.13.18
5. АНДРЕЕВ В.Б.	д.ф.-м.н.	01.01.07
6. ВАСИЛЕВСКИЙ Ю.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
7. ДОЛГОЛЕВА Г.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
8. ЕЛИЗАРОВА Т.Г.	д.ф.-м.н.	01.02.05
9. ЗМИТРЕНКО Н.В.	д.ф.-м.н.	01.02.05
10. КОВАЛЕВ В.Ф.	д.ф.-м.н.	05.13.18
11. КОЛЕСНИЧЕНКО А.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18
12. КУЛЕШОВ А.А.	д.ф.-м.н.	05.13.18
13. ЛУЦКИЙ А.Е.	д.ф.-м.н.	01.02.05
14. МИЛЮКОВА О.Ю.	д.ф.-м.н.	01.01.07
15. МИХАЙЛОВ А.П.	д.ф.-м.н.	05.13.18
16. ПЕТРОВ И.Б.	д.ф.-м.н.	01.02.05
17. ПОЛЯКОВ С.В.	д.ф.-м.н.	01.01.07
18. ШПАТАКОВСКАЯ Г.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18
19. ЯКОБОВСКИЙ М.В.	д.ф.-м.н.	05.13.18

По результатам публичной защиты диссертационный совет принял следующее заключение:

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.024.03,  
созданного на базе  
Федерального государственного учреждения  
"Федеральный исследовательский центр  
Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша  
Российской академии наук",  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА  
НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от « 25 » января 2018 г., № 3

О присуждении **Тухватуллиной Рузаны Рамилевне**, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Физико-математические модели двухфазного неизотермического двухскоростного течения пузырьковой среды» по специальности 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы принята к защите 16 ноября 2017 г. (протокол заседания № 11) диссертационным советом Д002.024.03 на базе ФГУ «ФИЦ Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН», 125047, Москва, Миусская пл., д.4, приказ №105/нк от 11 апреля 2012 года.

Соискатель **Тухватуллина Рузана Рамилевна**, 1988 года рождения.

В 2011 г. соискатель окончила механико-математический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова по специальности «Механика».

С 2011 по 2014 гг. соискатель обучалась в очной аспирантуре отделения механики механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

В 2017 г. соискатель была зачислена в ФГБУН Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН в качестве экстерна для сдачи кандидатских экзаменов по специальности 01.02.05 — Механика жидкости, газа и плазмы. Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2017 г. аспирантурой ИПМ им. М. В. Келдыша РАН.

В настоящее время соискатель работает младшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт химической физики им. Н. Н. Семенова Российской академии наук в отделе горения и взрыва. Диссертация выполнена в ИХФ РАН.

**Научный руководитель:**

**Фролов Сергей Михайлович**, доктор физико-математических наук, с.н.с., заведующий лабораторией детонации ИХФ им. Н. Н. Семенова РАН.

**Официальные оппоненты:**

1. **Марков Владимир Васильевич**, доктор физико-математических наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник отдела механики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Математический институт им. В. А. Стеклова РАН.

2. **Меньшов Игорь Станиславович**, доктор физико-математических наук, с.н.с., ведущий научный сотрудник 8 отдела ФГУ «ФИЦ Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН»; не является членом диссертационного совета Д002.024.03.

Отзывы официальных оппонентов на диссертацию **положительные**.

**Ведущая организация** – ФГБУН Институт автоматизации проектирования РАН, г. Москва, в своем **положительном отзыве**, подписанном **Уткиным Павлом Сергеевичем**, кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником отдела вычислительной математики и турбулентности, указала, что «Диссертация посвящена одной из актуальных проблем механики жидкости и газа – построению физико-математических моделей двухфазного течения жидкости с пузырьками инертного или химически активного газа. Широкое

распространение двухфазных пузырьковых сред в технологических установках привлекает внимание исследователей к изучению законов их течения, например, при обосновании возможных сценариев развития аварийных ситуаций в контурах атомных электростанций или для использования пузырьковых смесей в силовых установках нового типа. Численное моделирование позволяет описать эффекты, которые иногда затруднительно или невозможно получить в натуральных экспериментах. Данными факторами обусловлена актуальность рассматриваемой работы».

Научная новизна заключается «в разработанных математических моделях, учитывающих различные физические (колебание пузырьков, межфазный обмен количеством движения и энергией) и химические (глобальные и детальные кинетические механизмы реакций) процессы. Кроме того, продемонстрированы конкретные подходы по улучшению существующих двухфазных моделей с точки зрения их корректности. В работе уделяется большое внимание сравнению результатов расчетов с экспериментальными данными по структуре ударных и детонационных волн, их скорости распространения в пузырьковых средах, а также по скорости вовлечения жидкости и газа в движение за ударной волной. Также численно решена важная прикладная задача о передаче количества движения от ударной волны к пузырьковой среде... Результаты диссертационной работы могут быть использованы в теоретических и прикладных исследованиях, проводимых в МГУ, ИАП РАН, МФТИ и других организациях, в которых занимаются вопросами в области механики жидкости и газа».

В отзыве также указывается, что «Основные результаты работы полностью опубликованы в печати, в том числе в ведущих иностранных журналах. Особенно хотелось бы отметить публикации в таких журналах, как *International Journal of Multiphase Flow* и *Shock Waves*».

По работе имеются следующие замечания:

1. В обзоре литературы среди прочих упоминается модель на основе системы уравнений Баера-Нунциато и отмечается, что она гиперболична

по всей области (что, не вполне корректно, см., например, Schwendeman D.W. et al., J. Comp. Phys., 2006, 212). При этом не делается заключения о том, почему автор не выбрал для реализации эту «почти всегда» гиперболическую систему уравнений, а провел большую работу по исследованию и корректировке другой, исходно негиперболической системы уравнений.

2. Часть результатов в диссертации получены с использованием программы AVL FIRE. При этом отсутствуют хотя бы общие сведения о численных методах интегрирования определяющих систем уравнений в данной программе, а также о том, каким образом разработки автора диссертации были туда имплементированы, что затрудняет восприятие результатов расчетов в разделе 3.2.

3. В разделе 4.2 представлен численный метод для решения уравнений физико-математической модели двухскоростного течения пузырьковой среды с учетом динамики колебаний газовых пузырьков. При этом не делается анализа свойств предложенного метода – порядков аппроксимации по времени и пространственной координате, свойства консервативности, монотонности, которые являются крайне важными для расчетов ударных и детонационных волн (см., например, монографию Магомедов К.М., Холодов А.С. Сеточно-характеристические численные методы. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2017).

4. Вероятно, в силу сложности выражений для давления на межфазной границе, в диссертации не проведен полный характеристический анализ определяющих систем уравнений моделей (не построены в явном виде матрицы правых и левых собственных векторов), что препятствует применению при их численном решении хорошо развитого к настоящему времени аппарата, например, сеточно-характеристических методов (см. монографию из предыдущего замечания). Данное

замечание является скорее пожеланием для дальнейшей работы по развитию темы диссертационного исследования.

5. В тексте диссертации встречаются опечатки. Например, в четвертом выводе на стр. 116 – «...о передачЕ...».

Дана следующая общая оценка работы: «Несмотря на указанные замечания, диссертация Тухватуллиной Р.Р. выполнена на хорошем уровне, содержит научную новизну и практическую значимость. Диссертация полностью удовлетворяет критериям ВАК, установленным Положением о присуждении ученых степеней (п. 9), утвержденным Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842, по специальности 01.02.05 - Механика жидкости, газа и плазмы; а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук».

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации, из них в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК опубликовано 3 работы [1-3]:

1. Авдеев К.А., Аксенов В.С., Борисов А. А., **Тухватуллина Р.Р.**, Фролов С.М., Фролов Ф.С., Численное моделирование передачи импульса от ударной волны к пузырьковой среде// Химическая физика. 2015. Т. 34. № 5. С. 34–46.
2. Frolov S.M., Avdeev K. A., Aksenov V.S., Borisov A. A., Frolov F.S., Shamshin I. O. , **Tukhvatullina R.R.**, Basara B., Edelbauer W. , Pachler K. Experimental and computational studies of shock wave-to-bubbly water momentum transfer// International Journal of Multiphase Flow 2017. V.92. P. 20–38.
3. Авдеев К. А., Аксёнов В. С., Борисов А. А., Севастополева Д. Г., **Тухватуллина Р. Р.**, Фролов С. М., Фролов Ф. С., Шамшин И.О. , Басара Б., Эдельбауэр У., Пахлер К. Расчет распространения ударной волны в воде с пузырьками реакционноспособного газа// Химическая физика. 2017. Т. 36. № 4. С. 1–11.

4. **Tukhvatullina R.R.**, Frolov S.M. Well-posed Euler model of shock-induced two-phase flow in bubbly liquid// International Journal of Shock Waves. 2017. Online first: DOI 10.1007/s00193-017-0731-y.
5. Лидский Б.В., Посвянский В.С., Семенов И.В., **Тухватуллина Р.Р.**, Фролов С.М. Корректность смешанной эволюционно-краевой задачи и ее дискретного аналога для многофазных течений// Горение и взрыв. 2013. Вып. 6. С. 137–144.
6. **Тухватуллина Р. Р.** Исследование корректности задачи Коши для двухскоростного вязкого двухфазного течения (жидкость–газ)// Горение и взрыв. 2015. Т.8. № 2. С. 38–44.
7. Авдеев К.А., Аксенов В.С., Борисов А. А., **Тухватуллина Р.Р.**, Фролов С.М., Фролов Ф.С. Численное моделирование воздействия ударной волны на пузырьковую среду//Горение и взрыв. 2015. Т. 8. №2. С. 45–56.
8. Авдеев К.А., Аксенов В.С., Борисов А. А., **Тухватуллина Р.Р.**, Фролов С.М., Фролов Ф.С. Численное моделирование передачи импульса от ударной волны к пузырьковой среде// Горение и взрыв. 2015. Т. 8. №2. С. 57–67.
9. **Tukhvatullina R.R.**, Frolov S.M. Well-posed Euler Model of Shock and Detonation Induced Two-phase Flow in Bubbly Liquid// Progress in Detonation Physics. Ed. by S.M.Frolov, G.D. Roy. Torus Press, Moscow, 2016. P. 106–120.
10. Frolov S.M., Avdeev K. A., Aksenov V.S., Borisov A. A., Frolov F.S., Shamshin I. O., **Tukhvatullina R.R.**, Basara B., Edelbauer W. , Pachler K. Experimental and Computational Investigation of Shock Wave-to-Bubbly Water Momentum Transfer// Progress in Detonation Physics. Ed. by S.M.Frolov, G.D. Roy. Torus Press, Moscow, 2016. P. 199–219.
11. Frolov S.M., Avdeev K. A., Aksenov V.S., Frolov F.S., Sadykov I.A., Shamshin I. O., **Tukhvatullina R.R.** Direct conversion of fuel chemical energy into the energy of water motion// Nonequilibrium processes in

physics and chemistry, Vol.2: Combustion and Detonation. Ed. by A. M. Starik and S. M. Frolov. Moscow, Torus Press, 2016. P. 251 – 262.

12. **Тухватуллина Р.Р.**, Фролов С.М. Корректность неизотермической модели Эйлера для двухфазных течений// Горение и взрыв. 2016. Т. 9. №4. С. 26–36.
13. Авдеев К.А., Аксенов В.С., Борисов А. А., Севастополева Д.Г., **Тухватуллина Р.Р.**, Фролов С.М. , Фролов Ф.С. Ударные волны в воде с пузырьками реакционноспособного газа: расчет// Горение и взрыв. 2016. Т. 9. №4. С. 48–64.
14. **Тухватуллина Р. Р.**, Фролов С.М. Ударные волны в жидкости, содержащей инертные и реакционноспособные газовые пузырьки// Горение и взрыв. 2017. Т.10. №2. С. 52–61.

Вклад автора в совместные работы заключался в совместной разработке математической модели [3,4,9,12,13,14], исследовании корректности задачи Коши предложенной модели [1,2, 4,9,12], совместной формулировке тестовых задач [2,3,4,9,12,13,14], разработке численного метода [2,3,4,9,12,13,14], написании программного кода [2,3,4,9,12,13,14], проведении вычислений [1,2,3,4,9,10,12,13,14], совместном анализе результатов [1-5,7-14], совместном планировании экспериментов и обработке экспериментальных данных[2,10]. Недостоверных сведений в тексте диссертации об опубликованных соискателем работах не выявлено.

#### **На диссертацию и автореферат поступили отзывы оппонентов:**

Положительный отзыв оппонента доктора физико-математических наук **Маркова Владимира Васильевича**. В отзыве указаны следующие замечания:

1. В диссертации исследуется корректность задачи Коши определяющей системы уравнений, однако при численном моделировании используется начально-краевая постановка задачи. Автором не обсуждается вопрос о том, как краевые условия влияют на корректность постановки задачи.

2. При описании численных расчетов нет информации о расчетных сетках и их влиянии на результаты.

3. Автор не объясняет расхождение результатов численных расчетов с данными экспериментов по скорости распространения пузырьковой детонации при малых газосодержаниях (см. стр. 111 рис. 5.4б).

4. На рис. 5.7 стр. 115 представлены результаты сравнения численных расчетов с экспериментальными данными по профилю давления пузырьковой детонации. Из рис. 5.7 видно, что давление за уединенной волной в эксперименте падает практически до начального атмосферного давления, а в численных расчетах давление за уединенной волной падает только до 20 атм. В работе нет объяснения причин этого различия.

Положительный отзыв оппонента доктора физико-математических наук **Меньшова Игоря Станиславовича**. В отзыве указаны следующие замечания:

1. В диссертации не приведен анализ свойств монотонности и консервативности численного метода, предложенного для расчета пузырьковых течений с учетом радиальной инерции газовых пузырьков (см. главу 4).

2. Анализ корректности задачи Коши проводится графическим методом и явно не получены собственные значения и собственные вектора линейного оператора системы дифференциальных уравнений, описывающих двухскоростное неизотермическое течение пузырьковой среды.

3. Для предложенных моделей получены достаточные условия корректности задачи Коши, при этом автором не обсуждается, нарушаются ли обсуждаемые условия в численных расчетах, представленных в главах 3,4 и 5.

4. Термодинамическая согласованность модели (неубывание суммарной энтропии системы) показана лишь на основе численного решения конкретной задачи (раздел 4.1.2.). Поэтому вопрос о выполнении второго

закона термодинамики на любых режимах течения в построенных моделях остается пока открытым.

**На автореферат диссертации поступило три положительных отзыва.**

В отзыве главного научного сотрудника ФГБУН Институт структурной макрокинетики и проблем материаловедения РАН, члена-корреспондента РАН, доктора химических наук **Азатяна Вилена Вагаршовича** содержится одно замечание: «в тексте автореферата нет объяснения того, что именно подразумевается под детальной кинетической схемой, и в чем необходимость глобальной схемы, несмотря на использование детальной схемы».

В отзыве кандидата физико-математических наук **Спесивцева Павла Евгеньевича**, старшего научного сотрудника Московского научно-исследовательского центра «Технологической компании Шлюмберже» сказано, что «Работа выполнена на высоком уровне и соответствует требованиям ВАК РФ». В отзыве содержится одно замечание: «Остается вопрос, достаточно ли схемы первого порядка по времени и пространству для описания изучаемого явления?».

В отзыве заведующего лабораторией взрывных процессов в конденсированных средах ИХФ РАН, кандидата физико-математических наук **Ермолаева Бориса Сергеевича** в качестве замечаний отмечается следующее:

1) В первых двух моделях для жидкости с пузырьками инертного газа использовано условие равенства давлений в жидкой и газовой фазах. Это означает, что эффекты, связанные с поверхностным натяжением и вязкими напряжениями при деформации пузырьков, считаются пренебрежимо малыми. В автореферате отсутствуют оценки, в каких условиях допустимо пренебрегать этими эффектами. Кстати, в третьей и четвертой моделях оба процесса учтены.

2) Для всех моделей получены условия гиперболичности систем уравнений. Однако было бы интересно, помимо математической формы, дать физическую интерпретацию нарушения гиперболичности.

3) На рис. 4 автореферата, при, в целом, удовлетворительном согласии рассчитанной и измеренной в эксперименте скоростей пузырьковой детонации, в случае малых газосодержаниях наблюдается заметное различие. Есть ли у диссертанта объяснение причин различия?

4) На рис. 5 давление за детонационной волной в эксперименте падает почти до начального значения, а в расчетах выходит на уровень 15 – 20 атм. Также хотелось бы знать причины этого расхождения.

Далее в отзыве указывается: «Замечания не меняют в целом позитивное отношение к диссертации. Оценивая диссертационную работу Тухватуллиной Р. Р., считаю, что работа выполнена на высоком уровне, в ней получены новые результаты, способствующие развитию научных представлений о физике пузырьковых течений.»

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их широко известной компетенцией в вопросах механики жидкости, газа и плазмы, разработки численных методов и алгоритмов их решения. Это подтверждается многочисленными научными публикациями оппонентов и сотрудников ведущей организации, такими как:

1. **Меньшов И. С.** Точные и приближенные решения задачи Римана для уравнений сжимаемых двухфазных течений// Математическое моделирование. — 2016. — Т. 28, № 12. — С. 33–55.

2. **Mensov I.S.** Exact and approximate Riemann solvers for compressible two-phase flows// Mathematical Models and Computer Simulations. — 2017. —Т.9,№ 4. —С. 405-422.

3. **Menshov I.S., Serezhkin A.** A generalized Rusanov method for the Baer-nunziato equations with application to DDT processes in condensed porous explosives // International Journal for Numerical Methods in Fluids. — 2017. —P. 1-19.

4. В. А. Левин, И. С. Мануйлович, **В. В. Марков.** Математическое моделирование ударно-волновых процессов при взаимодействии газов с твердыми границами//Современные проблемы механики, Сборник статей. К 80-летию со дня рождения академика Андрея Геннадьевича Куликовского, Тр. МИАН, 2013. – №281. – С. 42–54.

5. В. А. Левин, И. С. Мануйлович, **В. В. Марков**. Формирование спиновой детонации в каналах круглого сечения// Докл. РАН, 2015. – Т. 460 – №6. – С. 656–659.

6. **В. В. Марков**, Г. Б. Сизых. Точные решения уравнений Эйлера для некоторых двумерных течений несжимаемой жидкости// Современные проблемы математики, механики и математической физики. II, Сборник статей, Тр. МИАН, 2016. – №294. – С. 300–307.

7. **Уткин П.С.** Годуновский солвер для решения системы уравнений Баера-Нунзиато для описания течений двухфазных сжимаемых сред // Горение и взрыв, 2014. - Т. 7. - С. 187- 190.

8. Лопато А.И., **Уткин П.С.** Детальное математическое моделирование пульсирующей детонационной волны в системе координат, связанной с лидирующим скачком // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2016. - Т. 56. № 5. - С. 856 - 868.

9. **Уткин П.С.** Математическое моделирование взаимодействия ударной волны с плотной засыпкой частиц в рамках двухжидкостного подхода // Химическая физика. 2017. - Т. 36, №11.- С. 61 -71.

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

1. **Предложены** корректные физико-математические модели двухфазного двухскоростного неизотермического течения пузырьковой среды, которые последовательно (от простого к сложному) дополняются уравнениями, описывающими сопутствующие физические (колебания пузырьков, вязкость фаз, межфазный обмен количеством движения и энергией) и химические (глобальные и детальные кинетические механизмы химических реакций, энерговыделение в газе) процессы.

2. Для предложенных физико-математических моделей двухфазного двухскоростного неизотермического течения пузырьковой среды **разработаны** и апробированы новые численные алгоритмы.

3. **Проведена верификация** предложенных физико-математических моделей двухфазного двухскоростного неизотермического течения

пузырьковой среды на основе сравнения результатов численных расчетов с опубликованными экспериментальными данными, а также с новыми данными экспериментов о передаче количества движения от ударной волны к пузырьковой жидкости, полученных с участием диссертанта.

4. Численно и экспериментально **доказано** существование оптимального начального газосодержания жидкости, при котором достигается наиболее эффективная передача количества движения от ударной волны к пузырьковой среде.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что разработанные физико-математические модели вносят существенный вклад в теорию математического моделирования процессов, связанных с двухфазными пузырьковыми течениями.

**Практическая значимость** полученных результатов определяется перспективой применения разработанных физико-математических моделей для изучения широкого круга процессов, связанных с двухфазными пузырьковыми течениями, в том числе в ходе анализа и проектирования силовых установок нового типа для надводных и подводных аппаратов и транспортных средств различного назначения. Кроме того, часть из разработанных в диссертации моделей уже реализована автором в коммерческом коде AVL FIRE, ориентированном на решение задач теории двигателей внутреннего сгорания.

**Достоверность** результатов исследования подтверждается их сравнением с многочисленными экспериментальными данными, приведенными в опубликованных источниках и полученных к ходе натурного эксперимента, поставленного с непосредственным участием соискателя.

**Личный вклад** соискателя состоит в непосредственном участии в постановке задач, в написании программ, проведении серии расчетов, оформлении полученных результатов, планировании и проведении натурного эксперимента, обработке экспериментальных данных.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в теоретических и прикладных исследованиях, проводимых в МГУ, ИАП РАН, МФТИ и других организациях.

Диссертация является целостным научным исследованием, содержащим решение актуальной задачи, связанной с построением корректных физико-математических моделей пузырьковых течений, и вносящим существенный вклад в развитие методического аппарата численного решения задач гидродинамики многофазных течений в системе жидкость-пузырьки газа.

Работа Тухватуллиной Р.Р. соответствует всем требованиям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 (ред. от 21.04.2016 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям.

На заседании 25 января 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Тухватуллиной Р.Р. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 5 докторов наук, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Д 002.024.03, академик РАН

Б.Н. Четверушкин

Ученый секретарь диссертационного совета

Д 002.024.03, к.ф.-м.н.

М.А. Корнилина

25 января 2018 года