

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.110.02 (24.1.193.01),  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ  
НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 15.09.2021г. № 12

О присуждении Киверину Алексею Дмитриевичу, гражданину  
Российской Федерации ученой степени доктора физико-математических  
наук.

Диссертация «Нестационарные режимы горения и формирования  
детонации в газообразных и дисперсных средах» по специальности 01.04.14  
(1.3.14) - теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите  
10.06.2021г., (протокол заседания № 10) диссертационным советом  
Д 002.110.02 (24.1.193.01), созданным на базе Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института  
высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва,  
Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом  
Министерства образования и науки Российской Федерации № 105/нк от  
11.04.2012г.

Соискатель Киверин Алексей Дмитриевич 1985 года рождения, в 2008  
году окончил Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования "Московский государственный технический  
университет имени Н.Э. Баумана".

В 2011 году защитил диссертацию на тему "Исследование  
нестационарных процессов горения газообразных горючих смесей в каналах"  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по  
специальности 01.04.14 (1.3.14) - теплофизика и теоретическая теплотехника.

Работает в должности старшего научного сотрудника лаборатории № 15.2 – Вычислительной физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории № 15.2 Вычислительной физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией, Механико-математического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова» Смирнов Николай Николаевич;

- доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института прикладной математики Дальневосточного отделения Российской академии наук Минаев Сергей Сергеевич;

- доктор физико-математических наук, заместитель начальника лаборатории Физического и численного моделирования течений с горением Отделения аэродинамики силовых установок Государственного научного центра Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» Власенко Владимир Викторович.

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук (г. Новосибирск) в своем положительном заключении, составленном сотрудниками лаборатории №12 "Волновых процессов", заведующим лабораторией к.ф.-м.н. Бедаревым И.А., в.н.с. д.ф.-м.н. Федоровой Н.Н. и

в.н.с. д.ф.-м.н. Хмель Т.А. (утвержденном 20.08.2021г. и.о. директора Краус Е.И.) указала, что научная значимость работы обусловлена выявлением новых возможных режимов перехода горения в детонацию. Исследования, выполненные диссертантом, помогут фундаментально обоснованию пределов горения и детонации, а также корректной интерпретации экспериментальных исследований в этой области знаний. Практически результаты работы могут быть использованы, как в организациях занимающихся вопросами взрыво- и пожаробезопасности и использования водорода в качестве альтернативного источника энергии, так и в исследовательских группах институтов Академии наук, изучающих явление детонации.

Всего работ в реферируемых изданиях – 106, по теме диссертации – 37 публикаций в журналах, рекомендованных ВАК, 35 из которых индексируются в международных системах Web of Science и Scopus:

1. Иванов М.Ф., Киверин А.Д., Гальбурт В.А. Об одном способе ускорения перехода от дефлаграции к детонации в газообразных горючих смесях // Вестник МГТУ им. Н.Э Баумана. 2008. т. 4. с. 38-45.
2. Иванов М.Ф., Киверин А.Д., Гальбурт В.А. Численное моделирование ускорения пламени путем дополнительного энерговложения перед фронтом горения // Хим. Физика. 2009. т. 28, № 5. с. 35-39.
3. Иванов М.Ф., Киверин А.Д. Влияние состава горючей смеси на развитие неустойчивости фронта пламени // Хим.Физика. 2010. т. 29, № 2. с. 48-54.
4. Иванов М.Ф., Киверин А.Д., Рыков Ю.В. Особенности распространения пламени в замкнутых объемах // Вестник МГТУ им. Н.Э Баумана. 2010. т. 1. с. 21-39.
5. Голуб В.В., Бакланов Д.И., Головастов С.В., Иванов К.В., Иванов М.Ф., Киверин А.Д., Володин В.В. Воздействие акустического поля на развитие пламени и переход в детонацию // ТВТ. 2010. т. 48, № 6. с. 901-907.
6. Ivanov M. F., Kiverin A. D., Yakovenko I. S. The role of compression

waves in flame acceleration and transition to detonation inside confined volumes // J. Phys.: Conf. Ser. 2015. Vol. 653. P. 012062.

7. Kiverin A. D., Yakovenko I. S. Modes of choked flame instability defined by the peculiarities of combustion kinetics at rising pressure // J. Phys.: Conf. Ser. 2015. Vol. 653. P. 012061.

8. Kiverin A. D., Yakovenko I. S., Ivanov M. F. On the structure and stability of supersonic hydrogen flames in channels // Int. J. Hydrogen Energy. 2016. Vol. 41. P. 22465–22478.

9. Bykov V., Kiverin A., Koksharov A., Yakovenko I. Analysis of transient combustion with the use of contemporary CFD techniques // Comp. Fluids. 2019. Vol. 194. P. 104310.

10. Liberman M. A., Kiverin A. D., Ivanov M. F. On detonation initiation by a temperature gradient for a detailed chemical reaction models // Physics Letters A. 2011. V. 375. №. 17. P. 1803-1808

11. Liberman M. A., Kiverin A. D., Ivanov M. F. Regimes of chemical reaction waves initiated by nonuniform initial conditions for detailed chemical reaction models //Physical review E. 2012. V. 85. №. 5. 056312

12. Kiverin A. D., Kassooy D. R., Ivanov M. F., Liberman M. A. Mechanisms of ignition by transient energy deposition: Regimes of combustion wave propagation //Physical Review E. 2013. V. 87. №. 3. 033015

13. Иванов М. Ф., Киверин А. Д., Клумов Б. А., Фортов В. Е. От горения и детонации к окислам азота // УФН. 2014. 184. С. 247–264

14. Kiverin A.D., Yakovenko I.S. Ignition and detonation onset behind incident shock wave in the shock tube // Combustion and Flame (2019) 204:227–236

15. Kiverin A., Minaev K., Yakovenko I. Modes of mild ignition in shock tubes: origins and classification // Combustion and Flame (2020) 221:420-428

16. Kiverin A., Yakovenko I. On the mechanism of flow evolution in shocktube experiments // Phys. Lett. A. (2018) 382(5):309

17. Kiverin A.D., Yakovenko I.S. Evolution of wave patterns and temperature field in shocktube flow // Phys. Rev. Fluids. (2018) 3:053201.

18. Киверин А., Минаев К., Яковенко И. Два механизма очагового воспламенения в ударных трубах // Химическая Физика (2020) 39(8):16-20
19. Drakon A.V., Kiverin A.D., Yakovenko I.S. Temperature perturbations evolution as a possible mechanism of exothermal reaction kernels formation in shock tubes // J. Phys.: Conf. Series (2016) 774:012092
20. Efremov V. P., Ivanov M. F., Kiverin A. D., Yakovenko I. S. Mechanisms of direct detonation initiation via thermal explosion of radiatively heated gasparticles layer // Results in Physics. 2015. V. 5. P. 290-296
21. Иванов М. Ф., Киверин А. Д., Либерман М. А. Влияние поглощения излучения микрочастицами на скорость пламени и режимы горения // ЖЭТФ. 2015. Т. 148. №. 1. С. 190.
22. Ivanov M. F., Kiverin A. D., Liberman M. A. Ignition of deflagration and detonation ahead of the flame due to radiative preheating of suspended micro particles // Combustion and Flame. 2015. Т. 162. №. 10. P. 3612-3621
23. Иванов М. Ф., Киверин А. Д., Пиневиц С. Г. Аномальное распространение пламени в горючих газовзвесьях // Вестник МГТУ им. НЭ Баумана. 2015. №5 (62)
24. Ефремов В.П., Иванов М.Ф., Киверин А.Д., Яковенко И.С. Объемное инициирование газовой детонации путем лучистого нагрева взвешенных в газе микрочастиц // Письма ЖТФ. 2016 Т. 42 Вып. 4 С. 52-59
25. Ivanov M. F., Kiverin A. D. On the formation of new ignition kernels in the chemically active dispersed mixtures // J. Phys.: Conf. Ser. 2015. V. 653. №. 1. 012060
26. Efremov, V. P., Ivanov, M. F., Kiverin, A. D., Yakovenko, I. S. Direct initiation of gaseous detonation via radiative heating of microparticles volumetrically suspended in the gas // J. Phys.: Conf. Ser. 2015. V. 653. №. 1. 012063
27. Kiverin A. D., Yakovenko I. S. Estimation of critical conditions for deflagration to detonation transition in obstructed channels filled with gaseous mixtures // Mathematical Modelling of Natural Phenomena. 2018. V. 13. №. 6. P.

28. Kiverin A. D., Yakovenko I. S. Regimes of High Speed Hydrogen Flame Propagation in Channels: Classification and Criteria of Realization // *Combustion Science and Technology*. 2020. V. 192. №. 1. P. 112-129
29. Kiverin A. D., Yakovenko I. S., Ivanov M. F. On the mechanisms and criteria of deflagration to detonation transition in gases // *J. Phys.: Conf. Ser.* 2016. V. 754. №. 5. 052002
30. Киверин А. Д., Яковенко И. С., Иванов М. Ф. Режимы сверхзвукового распространения пламени в канале и критерии их реализации // *Горение и взрыв* 2017. т. 10, № 4. с. 17-22.
31. Ivanov M. F., Kiverin A. D., Galburt V. A. A computational study of the external shockwave impact on the combustion regime // *Combust. Sci. Tech.* 2010. V. 182. №. 11-12. P. 1683-1692
32. А. Киверин, И. Яковенко Высокоскоростные режимы распространения пламени в канале и переход к детонации // *ТВТ* (2020) 58(4): 707-716
33. А. Киверин, А. Смыгалина, И. Яковенко Классификация сценариев развития быстрых волн горения и перехода горения в детонацию в каналах // *Химическая Физика* (2020) 39(8): 9-15
34. Иванов М. Ф., Киверин А. Д. О генерации высоких давлений при взаимодействии пламени с ударными волнами // *ТВТ* 2015. Т. 53. №. 5. С. 703-712
35. Киверин А.Д., Яковенко И.С., Фортов В.Е. Механизм формирования детонации при свободном распространении пламени в неограниченном пространстве // *Доклады Академии наук*. 2019. Т. 489. №. 5. С. 461-464
36. Kiverin A., Yakovenko I. Mechanism of Transition to Detonation in Unconfined Volumes // *Acta Astronautica*. 2020 176:647-652
37. Киверин А. Д., Яковенко И. С. Переход к детонации в свободно распространяющихся пламенах // *Горение и взрыв*. 2020. 13(1): 47-54

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**1. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе Сибирского отделения Российской академии наук** (директор, академик РАН, д.ф.-м.н., проф. Маркович Д.М. и зам. директора по научной работе, д.ф.-м.н. Шарыпов О.В.)

– отзыв положительный, с замечанием:

– В качестве недостатка автореферата следует отметить отсутствие описания используемых математических моделей, кинетических зависимостей, модели турбулентности, вычислительных алгоритмов (и их тестировании), а также характеристик сеток и анализа сходимости. Кроме того, автореферат не дает в целом представления о количественном соответствии полученных результатов экспериментальным данным.

**2. Институт тепло- и массообмена имени А.В. Лыкова НАН Беларуси** (директор, академик НАН Беларуси, д.ф.-м.н. Пенязьков О.Г. и г.н.с., д.ф.-м.н. Сметанников А.С.) – отзыв положительный, без замечаний.

**3. Акционерное общество «Научно-производственное объединение Специальных материалов»** (генеральный директор – генеральный конструктор, член.-корр. РАН, академик РАН, д.т.н., проф. Сильников М.В.) – отзыв положительный, с замечанием:

– В качестве замечания, однако, стоит отметить отсутствие в автореферате конкретных числовых данных.

**4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химической физики Российской академии наук** (зав. лаб., член-корр. РАН, д.ф.-м.н. Минцев В.Б. и зав. лаб., д.ф.-м.н. Султанов В.Г.) – отзыв положительный, без замечаний.

**5. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук** (в.н.с., д.ф.-м.н. Штерцер А.А. и г.н.с., д.т.н. Ульяницкий В.Ю.) – отзыв положительный, без замечаний.

**6. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергетики**

**Российской академии наук** (зам. зав. отделением, д.ф.-м.н. Семенов В.Н.) – отзыв положительный, с замечаниями:

– В п. 1.5, где речь идет об ускорении пламени при распространении от закрытого торца канала, ничего не сказано о том, как учитывалось и учитывалось ли вообще взаимодействие газового потока со стенкой канала – при том, что такое взаимодействие важно, поскольку само может быть причиной самоускорения пламени;

– В п. 3.2, 3.3, где рассматривается воспламенение за ударной волной в ударной трубе, течение должно характеризоваться большими числами Рейнольдса, что способствует быстрой турбулизации пограничного слоя. Из текста реферата не ясно, какие использовались модели турбулентности и использовались ли вообще. Непонятно также, какую роль играют одномерные расчеты, когда суть явления – 3D очаги воспламенения;

– Во многих местах в тексте автореферата упоминается об экспериментах по исследованию обсуждаемых явлений, но отсутствуют литературные ссылки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., профессор Смирнов Николай Николаевич является ведущим специалистом в области физики горения и взрыва газообразных и дисперсных сред, а также крупным специалистом в области численного моделирования сложных газодинамических течений с учетом химических реакций горения.

1. Smirnov, N. N., Penyazkov, O. G., Sevrouk, K. L., Nikitin, V. F., Stamov, L. I., Tyurenkova, V. V. (2017). Detonation onset following shock wave focusing.// Acta Astronautica, 135, 114-130.

2. Smirnov, N. N., Nikitin, V. F., Stamov, L. I., Mikhalchenko, E. V., Tyurenkova, V. V. (2018). Rotating detonation in a ramjet engine three-dimensional modeling.// Aerospace Science and Technology, 81, 213-224.

3. Betelin, V. B., Kryzhanovsky, B. V., Smirnov, N. N., Nikitin, V. F., Karandashev, I. M., Malsagov, M. Y., Mikhalchenko, E. V. (2021). Neural



network approach to solve gas dynamics problems with chemical transformations.// *Acta Astronautica*, 180, 58-65.

- д.ф.-м.н., Минаев Сергей Сергеевич является признанным специалистом в области нестационарного горения и развития неустойчивости пламени, в том числе при горении газообразных и дисперсных сред в каналах.

1. Mokrin, S. N., Odintsov, E. S., Uriupin, G. V., Tezuka, T., Minaev, S. S., Maruta, K. (2017). Flammability limit of moderate-and low-stretched premixed flames stabilized in planar channel.// *Combustion and Flame*, 185, 261-264.

2. Fursenko, R., Mokrin, S., Minaev, S. (2019). Stationary combustion regimes and extinction limits of one-dimensional stretched premixed flames in a gap between two heat conducting plates.// *Proceedings of the Combustion Institute*, 37(2), 1655-1661.

3. Miroshnichenko, T., Gubernov, V., Minaev, S. (2020). Hydrodynamic instability of premixed flame propagating in narrow planar channel in the presence of gas flow.// *Combustion Theory and Modelling*, 24(2), 362-375.

- д.ф.-м.н., Власенко Владимир Викторович является высококвалифицированным и признанным специалистом в области численного моделирования газодинамических течений в реагирующих средах, включая численное моделирование горения в потоке и детонации.

1. Sabelnikov, V. A., Vlasenko, V. V. (2018). Combustion in supersonic flows and scramjet combustion simulation.// *Modeling and Simulation of Turbulent Combustion* (pp. 585-660). Springer, Singapore.

2. Ivankin, M., Nikolaev, A., Sabelnikov, V., Shiryaeva, A., Talyzin, V., Vlasenko, V. (2019). Complex numerical-experimental investigations of combustion in model high-speed combustor ducts.// *Acta Astronautica*, 158, 425-437.

3. Vlasenko, V. V., Sabelnikov, V. A., Molev, S. S., Voloshchenko, O. V., Ivankin, M. A., Frolov, S. M. (2020). Transient combustion phenomena in high-speed flows in ducts.// *Shock Waves*, 30(3), 245-261.

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки

Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в областях аэрогазодинамики, математического моделирования в механике и физико-химической механики. В организации ведутся систематические экспериментальные и расчетно-теоретические исследования динамических процессов в реагирующих газах и дисперсных средах. В частности, в лаборатории №12 "Волновых процессов" разрабатываются физико-математические модели механики гетерогенных, гомогенных, инертных, реагирующих сред микро и нано- структуры, проводится математическое моделирование детальных и приведенных кинетических механизмов в реагирующих газах, а также физико-математическое моделирование гетерогенной детонации в взрывах микро- и наноструктуры, в том числе и при повышенных концентрациях дисперсной фазы.

1. Гольдфельд, М. А., Захарова, Ю. В., Фёдоров, А. В., Фёдорова, Н. Н. (2018). Влияние волновой структуры течения в сверхзвуковой камере сгорания на воспламенение и стабилизацию горения.// Физика горения и взрыва, 54(6), 3-16.
2. Хмель, Т. А., Лаврук, С. А. (2020). Моделирование ячеистой детонации в двухфракционных нанодисперсных газовзвесах частиц алюминия.// Физика горения и взрыва, 56(2), 73-82.
3. Tropin, D. A., Bedarev, I. A. (2021). Problems of Detonation Wave Suppression in Hydrogen-Air Mixtures by Clouds of Inert Particles in One-and Two-dimensional Formulation.// Combustion Science and Technology, 193(2), 197-210.

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

– Систематизированы ведущие физические механизмы, определяющие развитие дефлаграционного горения внутри ограниченных объемов, заполненных предварительно перемешанной газообразной смесью. На основе результатов численного моделирования продемонстрирована роль

развивающейся на фронте пламени газодинамической неустойчивости, роль волн сжатия, генерируемых в зоне горения, и роль акустических полей, формируемых в результате взаимодействия волн сжатия со стенками объема, фронтом пламени и друг с другом, в ускорении горения. Полученные результаты анализа нестационарных волн дефлаграции в ограниченном объеме указывают пути к выбору оптимальных расчетных методик для расчетно-теоретического сопровождения исследований в области нестационарного горения и интерпретации переходных режимов.

– Систематизированы ведущие физические механизмы, определяющие развитие воспламенения на фоне неоднородностей температуры, сформированных локальными источниками энергии. Представлена расширенная классификация режимов инициирования волн горения на заданном градиенте температуры для случая детальной кинетики горения. Продемонстрирована роль нестационарных газодинамических процессов, развивающихся на временах подвода энергии и последующих стадиях развития горения. На основе проведенного исследования сформулированы базовые механизмы формирования волн реакции, включая детонацию, при локализованном подводе энергии, а также критерий перехода к детонации при варьировании параметров источника энергии.

– Определены основные газодинамические механизмы, определяющие формирование очагов воспламенения и возникновение детонации в реагирующей смеси в условиях одно- и двухкратного сжатия в ударной трубе. Продемонстрирована роль нестационарных газодинамических процессов, развивающихся в потоке за падающей ударной волной. Показано, что одну из ведущих ролей в формировании неоднородностей температурного поля играют роликовые вихри, формирующиеся в ходе нелинейной динамики пограничного слоя. На основе проведенного исследования сформулированы базовые механизмы формирования волн реакции, включая режим с многоочаговым воспламенением. Выявлены особенности формирования детонационной волны и сформулированы

рекомендации к интерпретации экспериментальных измерений в реакторах на основе ударной трубы.

– Определена роль лучистого теплообмена в развитии горения в дисперсных средах на основе реагирующей газообразной смеси, содержащей взвешенные в ней твердые микрочастицы. Продемонстрированы базовые режимы развития горения, включая индуцированные лучистым преднагревом переходные режимы. Сформулирована концепция прямого инициирования объемного взрыва путем лучистого нагрева облака частиц от стороннего источника. Построены критерии формирования различных режимов горения газообразной смеси, инициированных в результате локального воспламенения нагретого облака микрочастиц.

– Проведен детальный анализ и систематизированы газодинамические механизмы, определяющие формирование детонации в результате нестационарного развития фронта пламени, и выявлены особенности развития ускоренного пламени в гладких и загроможденных каналах.

– Описана структура так называемого "запертого пламени", формируемого на стадии, предшествующей переходу в детонацию, и исследована устойчивость такой структуры в зависимости от особенностей протекания химической кинетики.

– Сформулированы базовые сценарии развития высокоскоростного пламени, включая переход горения в детонацию, установление квазистационарного режима высокоскоростного горения и независимое самовоспламенение перед фронтом пламени. На основе полученных данных сформулированы базовые критерии, определяющие реализацию того или иного режима, апробированные с использованием доступных в литературе экспериментальных данных по сценариям и критериям перехода к детонации.

– Изучены и систематизированы сценарии развития горения в условиях стороннего ударно-волнового воздействия на зону горения и получена интерпретация сценариев перехода к детонации в закрытых объемах.

– Сформулирован механизм перехода горения в детонацию в свободном пространстве.

**Научная и практическая значимость исследования** обоснована тем, что разработанные рекомендации к выбору вычислительных алгоритмов для математического моделирования нестационарных режимов горения в замкнутых объемах могут быть использованы для повышения предсказательной способности и точности методик, используемых для расчетно-теоретического сопровождения поисковых экспериментальных работ и процесса разработки реальных технических систем в области обеспечения взрывобезопасности и перспективной энергетики. Полученные в ходе исследования конкретные данные об особенностях развития волн горения и детонации могут быть использованы при проектировании ряда перспективных технических систем таких как системы зажигания, двигатели внутреннего сгорания нового поколения, системы пожаро- и взрывобезопасности химических производств, угольных шахт, водородных энергетических установок и атомных электростанций. В частности, принципиальными являются данные о пределах инициирования детонации, которые могут быть получены на основе относительно простых процедур количественной оценки таких пределов, сформулированных в ходе исследования. Практическую значимость для изучения кинетики горения и интерпретации специализированных экспериментов представляют полученные в рамках диссертационного исследования данные о развитии потока в реакторе на основе ударной трубы и о механизмах очагового воспламенения.

Результаты работы могут быть использованы для широкого круга исследований в области физики нестационарного горения и взрыва, проводимых в таких научных центрах как Объединенный институт высоких температур РАН, Федеральный исследовательский центр Химической физики им. Н.Н. Семенова РАН, Институт проблем химической физики РАН, Институт безопасного развития атомной энергетики РАН, Институт

теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева СО РАН, НИЦ Курчатовский институт, РФЯЦ ВНИИТФ и др.

**Оценка достоверности результатов** исследования выявила, что сделанные в работе выводы основаны на детальном анализе имеющейся в литературе экспериментальной и теоретической информации, а так же на специально поставленных и решенных численно задачах. При этом, в основу математических моделей и вычислительных алгоритмов, использованных при проведении численных исследований, положены общепринятые на сегодняшний день концепции описания фундаментальных законов горения газообразных и дисперсных сред. Проверка корректности полученных результатов основана на традиционных процедурах валидации использованных математических моделей и реализующих их компьютерных кодов и верификации получаемых расчетных данных с привлечением экспериментальных данных. Полученные расчетные результаты согласуются с экспериментальными данными и теоретическими представлениями о параметрах горения и детонации, а так же о динамике переходных режимов.

**Личный вклад соискателя** состоит в постановке отдельных задач, проведении вычислений, их анализе и интерпретации результатов. Все основные результаты вошедших в состав диссертации работ сформулированы коллективом авторов с непосредственным участием автора диссертации. На защиту выносятся положения, предложенные лично автором на основе проведенных с соавторами исследований.

Апробация результатов исследования проводилась на 52 российских и международных конференциях и симпозиумах, а также на Семинарах ОИВТ РАН, ЦИАМ, НИИ Механики МГУ, ИТ им. С.С. Кутателадзе СО РАН, ИТПМ им. С.А. Христиановича СО РАН и на Ученом Совете ОИВТ РАН. Основные публикации по выполненной работе подготовлены при определяющем вкладе автора.

Диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям пункта 9, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней № 842 от 24.09.2013г.

На заседании от 15.09.2021г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, решение научной проблемы, имеющей важное политическое, социально-экономическое значение, новые научно-обоснованные технические, технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие страны, присудить Киверину Алексею Дмитриевичу ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 01.04.14 (1.3.14) - теплофизика и теоретическая теплотехника

При проведении тайного голосования Диссертационный совет в количестве 21 человек, из них очно: 15 докторов наук (по специальности 01.04.08 – физика плазмы - 9 и по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника – 6), дистанционно: 6 докторов наук (по специальности 01.04.08 – физика плазмы – 1 и докторов наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника – 5), участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 21, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Зам. председателя диссертационного совета Д 002.110.02 (24.1.193.01)

д.ф.-м.н., профессор



Андреев Н.Е.

Ученый секретарь диссертационного совета Д 002.110.02 (24.1.193.01)

д.ф.-м.н.



Васильев М.М.

15.09.2021г.