

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе
Национального исследовательского
Томского государственного университета,
доктор физико-математических наук

Ивонин Иван Варфоломеевич

« 18 » мая 2018 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Диссертация «Исследование рабочих процессов в гибридном ракетном двигателе прямой схемы» выполнена на кафедре прикладной газовой динамики и горения физико-технического факультета и в лаборатории 11 отдела газовой динамики и физики взрыва Научно-исследовательского института прикладной математики и механики.

В период подготовки диссертации соискатель Золоторёв Николай Николаевич обучался в очной аспирантуре федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» и работал в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» на кафедре прикладной газовой динамики и горения в должности лаборанта; по совместительству – в лаборатории 11 отдела газовой динамики и физики взрыва Научно-исследовательского института прикладной математики и механики в должности инженера-исследователя.

В 2014 г. окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» по направлению подготовки «Техническая физика».

Справка об обучении в аспирантуре и сдаче кандидатских экзаменов по истории и философии науки (физико-математические науки) и иностранному языку (английский) выдана в 2018 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет». Справка о сдаче кандидатского экзамена по научной специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества выдана в 2017 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Научный руководитель – Архипов Владимир Афанасьевич, доктор физико-математических наук, профессор, основное место работы: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория 102 Научно-исследовательского института прикладной математики и механики, ведущий научный сотрудник; по совместительству – отдел газовой динамики и физики взрыва Научно-исследовательского института прикладной математики и механики, заведующий отделом; кафедра прикладной газовой динамики и горения, профессор.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Оценка выполненной соискателем работы

Диссертация Н. Н. Золоторёва является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в экспериментальном исследовании процессов зажигания и горения твердотопливных зарядов гибридного ракетного двигателя, имеющей значение для развития теории физико-химических процессов при горении гетерогенных систем.

Актуальность темы и направленность исследования

Актуальность тематики исследования связана с необходимостью разработки одной из наиболее перспективных схем ракетного двигателя – гибридного ракетного двигателя, обладающего рядом преимуществ по сравнению с жидкостными ракетными двигателями и ракетными двигателями на твёрдом топливе. Для практической реализации гибридного ракетного двигателя необходимо проведение детальных исследований рабочих процессов в двигателе (экспериментально-теоретическое исследование характеристик зажигания перспективных топливных композиций, процесса распыливания жидкого компонента топлива, закономерностей горения твердотопливного заряда в потоке окислителя), которые более сложны и гораздо менее исследованы, чем для классических схем ракетных двигателей на жидком и твердом топливах. Исследование рабочих процессов в гибридном ракетном двигателе экономически целесообразно осуществлять на модельных экспериментальных установках с использованием методов теории подобия и анализа размерностей.

Диссертационное исследование проведено в соответствии с тематикой научно-исследовательской работы кафедры прикладной газовой динамики и горения физико-технического факультета и отдела газовой динамики и физики взрыва Научно-исследовательского института прикладной математики и механики Национального исследовательского Томского государственного университета, соответствующей приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, утверждённым указом Президента Российской Федерации от 07.07.2011 № 899, п. 8 «Транспортные и космические системы».

Результаты диссертационного исследования получены в том числе:

– при выполнении научно-исследовательских работ по гранту Российского научного фонда, проект № 15-19-10014 «Экспериментально-теоретическое исследование процессов динамического взаимодействия консолидированной системы частиц дисперсной фазы в двухфазных потоках», руководитель – В.А. Архипов, в составе исполнителей – Н. Н. Золоторёв (2014–2017 гг.);

– при проведении прикладных научных исследований в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», проект

№ 14.578.21.0034 «Разработка новых высокоэнергетических материалов (ВЭМ) и технических решений для перспективных схем гибридных двигателей космического назначения», по теме «Разработка теоретических моделей и методик по расчёту параметров физических процессов в ГРДТТ и при получении наноконструкций ВЭМ», руководитель – А. С. Жуков, в составе исполнителей – Н. Н. Золоторёв (2014–2016 г.).

Утверждение темы диссертации, назначение научного руководителя

Тема диссертации утверждена решением учёного совета физико-технического факультета Томского государственного университета от 24.12.2014, протокол № 35; уточнена решением учёного совета физико-технического факультета Томского государственного университета от 08.05.2018, протокол № 12.

Научным руководителем назначен доктор физико-математических наук, профессор В. А. Архипов (приказ по Томскому государственному университету от 30.12.2014 № 4686/с).

На защиту выносятся:

1. Результаты экспериментального исследования характеристик зажигания новых перспективных образцов высокоэнергетических материалов, содержащих порошки алюминия, бора, диборида алюминия, полиборида алюминия и диборида титана, при нагреве лучистым тепловым излучением и излучением CO₂-лазера.

2. Определение констант формальной кинетики процесса зажигания перспективных образцов высокоэнергетических материалов на основе решения обратной задачи химической кинетики.

3. Результаты экспериментального исследования стационарной скорости горения новых перспективных образцов высокоэнергетических материалов в камере постоянного давления в диапазоне (0.1÷2.0) МПа.

4. Методики и результаты экспериментального исследования пространственного распределения концентрации и дисперсности капель в факеле распыла жидкого компонента топлива гибридного ракетного двигателя для центробежной и эжекционной форсунки в лабораторных условиях.

5. Математическая модель процесса горения твердого горючего материала в потоке газообразного окислителя.

6. Метод и результаты оптимизации твердотопливного заряда гибридного ракетного двигателя прямой схемы введением дополнительного окислительного компонента, обеспечивающей высокую полноту сгорания.

7. Методика и результаты отработки экспериментального стенда, имеющего модульную конструкцию, для исследования процессов горения твердотопливного заряда в модельном гибридном ракетном двигателе.

Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации

Постановка цели и задач исследования проведена соискателем совместно с научным руководителем. Все основные результаты термодинамического расчёта, подготовка модельных экспериментальных стендов и их модернизация, настройка программно-аппаратного комплекса для регистрации параметров, комплекс испытаний по зажиганию и горению образцов высокоэнергетических материалов и зарядов твёрдого горючего материала, выносимые на защиту, получены

Н. Н. Золоторёвым самостоятельно. Соискатель принимал активное участие в обработке и анализе полученных данных, формулировке выводов и заключений по результатам исследований.

Степень достоверности результатов проведённого исследования

Достоверность научных положений и выводов, полученных в работе, следует из применения современных взаимодополняющих методов экспериментального исследования, использования бесконтактных оптических методов диагностики факела распыла, сопоставлением полученных результатов с данными других исследователей в пересекающихся диапазонах параметров, статистической обработкой результатов измерений.

Новизна результатов проведённого исследования

Новизна результатов исследований, проведенных в рамках диссертационной работы, состоит в предлагаемом подходе, включающем изучение комплекса рабочих процессов в гибридном ракетном двигателе прямой схемы. Проведен выбор и получены результаты термодинамических расчетов перспективных составов твердотопливных композиций, получены новые экспериментальные данные по характеристикам и константам формальной кинетики процесса зажигания твердотопливного заряда интегральным и монохроматическим потоком излучения. Разработана математическая модель горения твердотопливного заряда в потоке окислителя на основе которой, проведена оптимизация характеристик заряда введением дополнительного окислителя, разработан экспериментальный стенд для исследования модельных образцов двигателя.

Теоретическая и практическая значимость диссертации и использование полученных результатов

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в расширении представлений о механизмах зажигания и горения твёрдых горючих материалов с новыми перспективными борсодержащими компонентами; полученные результаты позволяют на основе полученных в диссертационной работе констант формальной кинетики прогнозировать характеристики зажигания твёрдых топлив и скорость горения твёрдых топлив в потоке газообразного окислителя.

Практическая значимость диссертационного исследования обусловлена потребностями ракетно-космической отрасли России в повышении эффективности, снижении стоимости и сроков разработки и испытаний гибридного ракетного двигателя как одного из наиболее перспективных типов двигательных установок космического назначения.

Использование метода оптимизации твердотопливного заряда, полученного в рамках диссертационного исследования, позволяет повысить полноту сгорания и энергетические характеристики гибридного ракетного двигателя.

Ценность научных работ соискателя, полнота изложения материалов диссертации в опубликованных работах

По теме диссертации Н. Н. Золоторёвым опубликовано 43 работы, в том числе 5 статей в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук (из них 4 статьи в журналах, переводные версии которых индексируются Web of Science), 10 статей в научных изданиях, индексируемых

Web of Science и/или Scopus, 28 публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных и научно-практических конференций. Общий объём работ – 9,29 а.л., личный вклад автора – 2,55 а.л. В опубликованных работах достаточно полно изложены материалы диссертации.

Статьи в журналах, включённых в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание учёной степени доктора наук:

1. Горбенко Т. И. Исследование энергетических характеристик металлизированных смесевых композиций на основе двойного окислителя при повышенных давлениях / Т. И. Горбенко, М. В. Горбенко, Е. О. Дюндин, **Н. Н. Золоторёв** // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 5. – С. 45–50. – 0,49 / 0,12 а.л.

в переводной версии журнала, индексируемой Web of Science:

Gorbenko T. I. Study of the energy characteristics of metallized mixed compositions based on a binary oxidizer at increased pressures / T. I. Gorbenko, M. V. Gorbenko, E. O. Dyundin, **N. N. Zolotorev** // Russian Physics Journal. – 2014. – Vol. 57, is. 5. – P. 615–620. – DOI: 10.1007/s11182-014-0283-x.

2. Архипов В. А. Оптимизация твердотопливного заряда гибридной двигательной установки / В. А. Архипов, С. С. Бондарчук, А. С. Жуков, **Н. Н. Золоторёв** // Ползуновский вестник. – 2016. – № 3. – С. 101–106. – 0,43 / 0,11 а.л.

3. Архипов В. А. Лазерная диагностика структуры факела распыла при диспергировании жидкости форсунками / В. А. Архипов, С. А. Басалаев, В. Ф. Трофимов, **Н. Н. Золоторёв** // Инженерно-физический журнал. – 2017. – Т. 90, № 6. – С. 1499–1505. – 0,46 / 0,11 а.л.

в переводной версии журнала, индексируемой Web of Science:

Arkhipov V. A. Laser diagnostics of the spray cone structure in liquid dispersion by sprayers / V. A. Arkhipov, S. A. Basalaev, V. F. Trofimov, **N. N. Zolotorev** // Journal of Engineering Physics and Thermophysics. – 2017. – Vol. 90, is. 6. – С. 1427–1432. – DOI 10.1007/s10891-017-1701-z.

4. Архипов В. А. Оптимизация характеристик гибридного ракетного двигателя прямой схемы / В. А. Архипов, С. С. Бондарчук, А. С. Жуков, **Н. Н. Золоторёв**, К. Г. Перфильева // Физика горения и взрыва. – 2017. – Т. 53, № 6. – С. 19–25. – DOI: 10.15372/FGV20170603. – 0,59 / 0,12 а.л.

в переводной версии журнала, индексируемой Web of Science:

Arkhipov V. A. Performance Optimization of a Standard-Flow Hybrid Rocket Engine / V. A. Arkhipov, S. S. Bondarchuk, A. S. Zhukov, **N. N. Zolotorev**, K. G. Perfil'eva // Combustion, Explosion, and Shock Waves. – 2017. – Vol. 53, is. 6. – P. 634–640. – DOI: 10.1134/S001050821706003X.

5. Архипов В. А. Дисперсность капель в факеле распыла форсунок / В. А. Архипов, **Н. Н. Золоторёв**, С. А. Басалаев, С. С. Бондарчук // Оптика атмосферы и океана. – 2018. – Т. 31, № 6. – С. 489–491. – 0,18 / 0,04 а.л. – DOI: 10.15372/AOO20180612. (*Web of Science*)

Статьи в научных изданиях, индексируемых Web of Science и/или Scopus:

6. Arkhipov V. Effect of Aluminum-Boron Powders Mechanical Mixtures on the Combustion of High-Energy Materials at Subatmospheric Pressures / V. Arkhipov,

L. Savel'eva, **N. Zolotorev** // MATEC Web of Conferences. – 2015. – Vol. 23 : International Workshop of Heat and Mass Transfer in the Thermal Control System of Technical and Technological Energy Equipment (TSOTR 2015). Tomsk, Russian Federation, April 22–23, 2015. – Article number 01005. – 4 p. – DOI: 10.1051/mateconf/20152301005. – 0,22 / 0,08 а.л. (*Web of Science*)

7. Antonnikova A. Analytical study of ultrasound influence on the molten metals atomization / A. Antonnikova, V. Arkhipov, V. Boiko, S. Basalaev, A. Konovalenko, **N. Zolotorev** // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 124, is. 1 : International Conference on Mechanical Engineering, Automation and Control Systems 2015 (MEACS 2015). Tomsk, Russia, December 01–04, 2015. – Article number 012044. – 5 p. – DOI:10.1088/1757-899X/124/1/012044. – 0,26 / 0,04 а.л. (*Web of Science*)

8. **Zolotorev N.** Dynamic regime of ignition of solid propellant / N. Zolotorev, V. Kuznetsov, E. Maslov // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Vol. 72 : Heat and Mass Transfer in the System of Thermal Modes of Energy – Technical and Technological Equipment (HMTTSC-2016). Tomsk, Russian Federation, April 19–21, 2016. – Article number 01136. – 3 p. – DOI: 10.1051/mateconf/20167201136. – 0,18 / 0,06 а.л. (*Web of Science*)

9. **Zolotorev N. N.** Technique of the research of characteristics of ignition of the condensed systems to variables heat flux / N. N. Zolotorev, V. A. Arkhipov, E. A. Maslov // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 92 : Thermophysical Basis of Energy Technologies (TBET-2016). Tomsk, Russian Federation, October 26–28, 2016. – Article number 01021. – 4 p. – DOI: 10.1051/mateconf/20179201021. – 0,16 / 0,05 а.л. (*Web of Science*)

10. Maslov E. An experimental study of flow over flat and axisymmetric bodies / E. Maslov, V. Faraponov, **N. Zolotorev**, A. Chupashev, V. Matskevich, S. Chizhov // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 92 : Thermophysical Basis of Energy Technologies (TBET-2016). Tomsk, Russian Federation, October 26–28, 2016. – Article number 01056. – 6 p. – DOI: 10.1051/mateconf/20179201056. – 0,28 / 0,05 а.л. (*Web of Science*)

11. Arkhipov V. A. Dynamic ignition regime of condensed system by radiate heat flux / V. A. Arkhipov, **N. N. Zolotorev**, A. G. Korotkikh, V. T. Kuznetsov // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 830, is. 1 : 5th International Congress on Energy Fluxes and Radiation Effects 2016. Tomsk, Russian Federation, October 02–07, 2016. – Article number 012136. – 9 p. – DOI:10.1088/1742-6596/755/1/011001. – 0,49 / 0,12 а.л. (*Scopus*)

12. Korotkikh A. G. Ignition by laser radiation and combustion of composite solid propellants with bimetal powders / A. G. Korotkikh, V. A. Arkhipov, O. G. Glotov, **N. N. Zolotorev** // Journal of Physics: Conference Series. – 2017. – Vol. 830. – Article number 012137. – 7 p. – DOI: 10.1088/1742-6596/830/1/012137. – 0,49 / 0,12 а.л. (*Scopus*)

13. Maslov E. Experimental study of flow around axisymmetric bodies in supersonic flow in case of a local injection into the boundary layer / E. Maslov, I. Zharova, E. Kozlov, V. Faraponov, N. Savkina, **N. Zolotorev**, V. Matskevich // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 115: 33rd Siberian Thermophysical Seminar (STS 2017). Novosibirsk, Russian

Federation, June 06–08, 2017. – Article number 02012. – 4 p. – DOI: 10.1051/mateconf/201711502012. – 0,22 / 0,03 а.л. (*Scopus*)

14. **Zolotorev N.** Experimental study of loss in stability of the drop shape in the approach air flow / N. Zolotorev, K. Perfilieva, S. Polenchuk // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 110 : International Youth Scientific Conference on Heat and Mass Transfer in the Thermal Control System of Technical and Technological Energy Equipment (HMTTSC 2017). Tomsk, Russian Federation, April 26–28, 2017. – Article number 01066. – 6 p. – DOI: 10.1051/mateconf/201711001066. – 0,27 / 0,09 а.л. (*Scopus*)

15. **Zolotorev N.** Optimization of the stand for test of hybrid rocket engines of solid fuel / N. Zolotorev, V. Kuznetsov, A. Konovalenko // MATEC Web of Conferences. – 2017. – Vol. 110 : International Youth Scientific Conference on Heat and Mass Transfer in the Thermal Control System of Technical and Technological Energy Equipment (HMTTSC 2017). Tomsk, Russian Federation, April 26–28, 2017. – Article number 01093. – 5 p. – DOI: 10.1051/mateconf/201711001093. – 0,24 / 0,08 а.л. (*Scopus*)

Публикации в прочих научных изданиях:

16. Горбенко Т. И. Исследование поведения капсулированного алюминия при горении в смесевых композициях / Т. И. Горбенко, М. В. Горбенко, Е. О. Дюндин, **Н. Н. Золоторёв** // Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение : тезисы X Международной конференции «HEMs-2014». Бийск, 03–05 сентября 2014 г. – Бийск, 2014. – С. 24–25. – 0,08 / 0,02 а.л.

на англ. яз.: Gorbenko T. I. Study of the encapsulated aluminum behavior during combustion in compositions / T. I. Gorbenko, M. V. Gorbenko, E. O. Dundin, N. N. Zolotorev // High energy materials: demilitarization, antiterrorism & civil application : abstracts book of the X International Workshop HEMs-2014. Biysk, Altai region, September 03–05, 2014. – Biysk, 2014. – P. 25–26.

17. Бондарчук И. С. Оптимизация твердотопливного заряда гибридного ракетного двигателя / И. С. Бондарчук, И. А. Жуков, **Н. Н. Золоторёв**, В. В. Промахов // Новые материалы, технологии и приборы для космической техники : сборник статей 7-й Международной конференции «Космический вызов XXI века». Севастополь, Крым, 22–26 июня 2015 г. – Москва, Черноголовка, 2015. – С. 80–83. – 0,19 / 0,05 а.л.

18. Ионова И. А. Экспериментальное исследование гиперзвукового обтекания модельных РПД / И. А. Ионова, Е. А. Маслов, **Н. Н. Золоторёв** // Современная техника и технологии : сборник трудов XXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 05–09 октября 2015 г. – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 156–158. – 0,15 / 0,05 а.л.

19. Архипов В. А. Горение высокоэнергетических материалов с биметаллическим горючим при субатмосферных давлениях / В. А. Архипов, Л. А. Савельева, **Н. Н. Золоторёв** // XXXII Сибирский теплофизический семинар. 80 лет академику В. Е. Накорякову : материалы всероссийской конференции. Новосибирск, 19–20 ноября 2015 г. – Новосибирск, 2015. – С. 174–175. – 0,12 / 0,04 а.л.

20. Архипов В. А. Характеристики воспламенения и горения гетерогенных конденсированных систем с биметаллическим горючим / В. А. Архипов, **Н. Н. Золоторёв**, В. Т. Кузнецов, А. Г. Коротких // Авиадвигатели XXI века :

сборник тезисов докладов всероссийской научно-технической конференции. Москва, 24–27 ноября 2015 г. – Москва, 2015. – С. 1118–1119. – 0,11 / 0,03 а.л.

21. **Золоторёв Н. Н.** Исследование горения смесевых композиций содержащих смешанное металлическое горючее / Н. Н. Золоторёв // Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики : материалы V Международной молодежной научной конференции. Томск, 25–27 ноября 2015 г. – Томск, 2015. – С. 29–31. – 0,12 а.л.

22. Ионова И. А. Экспериментальное исследование гиперзвукового обтекания модельных ПВРД / И. А. Ионова, Е. А. Маслов, **Н. Н. Золоторёв**, С. Ю. Чижов // Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики – 2015 : сборник материалов V Международной молодежной научной конференции. Томск, 25–27 ноября 2015 г. – Томск, 2015. – С. 104–106. – 0,12 / 0,03 а.л.

23. **Золоторёв Н. Н.** Исследование горения смесевых композиций, содержащих смешанное металлическое горючее / Н. Н. Золоторёв // Труды / Томский государственный университет. Серия физико-математическая. – Томск, 2016. – Т. 298: Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики : материалы V Всероссийской молодежной научной конференции. – С. 60–63. – DOI: 10.17223/9785751124199/12. – 0,21 а.л.

24. Архипов В. А. Движение частицы дисперсной фазы в поле центробежных массовых сил / В. А. Архипов, **Н. Н. Золоторёв**, Е. А. Маслов, А. С. Усанина // XV Минский Международный форум по тепло- и массообмену : тезисы докладов и сообщений. Минск, Беларусь, 23–26 мая 2016 г. – Минск, 2016. – Т. 1. – С. 16–19. – 0,16 / 0,04 а.л.

25. Коротких А. Г. Характеристики зажигания конденсированной системы переменным тепловым потоком / А. Г. Коротких, В. Т. Кузнецов, В. А. Архипов, В. Е. Зарко, **Н. Н. Золоторёв** // XV Минский Международный форум по тепло- и массообмену : тезисы докладов и сообщений. Минск, Беларусь, 23–26 мая 2016 г. – Минск, 2016. – Т. 2. – С. 98–101. – 0,22 / 0,04 а.л.

26. Архипов В. А. Математическое моделирование газодинамических процессов в ПВРД / В. А. Архипов, Е. А. Маслов, И. К. Жарова, А. С. Жуков, А. Ю. Крайнов, **Н. Н. Золоторёв**, В. В. Фарапонов // XI Международная конференция по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ 2016): материалы. Алушта, Крым, 25–31 мая 2016 г. – Москва, 2016. – С. 171–173. – 0,12 / 0,02 а.л.

27. Бондарчук И. С. Оптимизация твердотопливного заряда гибридного ракетного двигателя / И. С. Бондарчук, И. А. Жуков, **Н. Н. Золоторёв**, В. В. Промахов // Космический вызов XXI века. – Москва, 2016. – Т. 5 : Новые материалы, технологии и приборы для космической техники : сборник статей 7-й международной конференции «Космический вызов XXI века» (SPACE 2015). Севастополь, Крым, 2015. – С. 229–232. – 0,19 / 0,05 а.л.

28. Архипов В. А. Оптимизация твердотопливного заряда гибридного ракетного двигателя / В. А. Архипов, И. С. Бондарчук, А. Б. Ворожцов, А. С. Жуков, **Н. Н. Золоторёв**, Б. В. Певченко, Л. А. Савельева // Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение : тезисы XII Международной конференции «HEMs-

2016». Томск, 07–09 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 63–64. – DOI: 10.17223/9785946215596/27. – 0,09 / 0,01 а.л.

на англ. яз.: Arkhipov V. A. Optimization of hybrid solid-propellant charge of the rocket engine / V. A. Arkhipov, S. S. Bondarchuk, A. V. Vorozhtsov, A. S. Zhukov, N. N. Zolotarev, B. V. Petchenko, L. A. Savtlieva // High energy materials: demilitarization, antiterrorism and civil application : abstracts book of the XII International Workshop «HEMs-2016». Tomsk, September 07–09, 2016. – Tomsk, 2016. – P. 64–65.

29. Архипов В. А. Динамические режимы зажигания пироксилина / В. А. Архипов, В. Е. Зарко, **Н. Н. Золоторёв**, А. Г. Коротких, В. Т. Кузнецов // Высокоэнергетические материалы: демилитаризация, антитерроризм и гражданское применение : тезисы XII Международной конференции «HEMs-2016». Томск, 07–09 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 65–66. – DOI: 10.17223/9785946215596/28. – 0,09 / 0,02 а.л.

на англ. яз. : Arkhipov V. A. Dynamic regime of ignition of gun-cotton / V. A. Arkhipov, V. E. Zarko, N. N. Zolotarev, A. G. Korotkikh, V. T. Kuznetsov // High energy materials: demilitarization, antiterrorism and civil application : abstracts book of the XII International Workshop «HEMs-2016». Tomsk, September 07–09, 2016. – Tomsk, 2016. – P. 66–67.

30. Коротких А. Г. Анализ использования порошков металлов в высокоэнергетических материалах / А. Г. Коротких, И. В. Сорокин, С. А. Басалаев, **Н. Н. Золоторёв**, Е. А. Селихова // Перспективы создания и применения конденсированных высокоэнергетических материалов : материалы докладов VI Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых. Бийск, 15–16 сентября 2016 г. – Бийск, 2016. – С. 135–139. – 0,27 / 0,05 а.л.

31. **Золоторёв Н. Н.** Зажигание конденсированных систем переменным тепловым потоком / Н. Н. Золоторёв, А. Г. Коротких, В. Т. Кузнецов // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики (ФППСМ–2016) : сборник трудов IX Всероссийской научной конференции, посвященной 55-летию полета Ю. А. Гагарина. Томск, 21–25 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 59–61. – 0,28 / 0,09 а.л.

32. **Золоторёв Н. Н.** Схема ГРД с комбинированным зарядом твердого топлива / Н. Н. Золоторёв, В. А. Архипов, С. С. Бондарчук // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики (ФППСМ–2016) : сборник трудов IX Всероссийской научной конференции, посвященной 55-летию полета Ю. А. Гагарина. Томск, 21–25 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 62–64. – 0,26 / 0,09 а.л.

33. Коротких А. Г. Особенности зажигания и горения ВЭМ с порошками металлов / А. Г. Коротких, И. В. Сорокин, Е. А. Селихова, **Н. Н. Золоторёв** // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики (ФППСМ–2016) : сборник трудов IX Всероссийской научной конференции, посвященной 55-летию полета Ю. А. Гагарина. Томск, 21–25 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 68–70. – 0,29 / 0,07 а.л.

34. Маслов Е. А. Структура потока в проточном тракте ПВРД / Е. А. Маслов, И. К. Жарова, **Н. Н. Золоторёв**, В. В. Фарапонов, С. Ю. Чижов // Фундаментальные и прикладные проблемы современной механики (ФППСМ–2016) : сборник трудов IX Всероссийской научной конференции, посвященной 55-летию полета

Ю. А. Гагарина. Томск, 21–25 сентября 2016 г. – Томск, 2016. – С. 144–145. – 0,13 / 0,02 а.л.

35. Архипов В. А. Описание поведения совокупности твердых частиц при осаждении в жидкости / В. А. Архипов, С. А. Басалаев, **Н. Н. Золоторёв**, С. Е. Орлов, А. С. Усанина // Юбилейная конференция Национального комитета РАН по тепло- и массообмену «Фундаментальные и прикладные проблемы теплообмена» : труды конференции и XXI Школы-семинара молодых ученых и специалистов «Проблемы газодинамики и теплообмена в энергетических установках». Санкт-Петербург, 22–26 мая 2017 г. – Москва, 2017. – Т. 1. – С. 281–283. – 0,29 / 0,06 а.л.

36. Архипов В.А. Динамика процесса осаждения твердых частиц в жидкости / В. А. Архипов, А. С. Усанина, **Н. Н. Золоторёв**, Е. А. Маслов // XX Юбилейная Международная конференция по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМПСПС 2017) : материалы. Алушта, Крым, 24–31 мая 2017 г. – Москва, 2017. – С. 612–613. – 0,10 / 0,02 а.л.

37. Маслов Е. А. Экспериментальное исследование обтекания осесимметричных тел в сверхзвуковом потоке при наличии локального вдува в пограничный слой / Е. А. Маслов, И. К. Жарова, Е. А. Козлов, В. В. Фарапонов, Н. В. Савкина, **Н. Н. Золоторёв**, В. В. Мацкевич // XXXIII Сибирский теплофизический семинар, посвященный 60-летию Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН : тезисы докладов всероссийской конференции с элементами научной школы для молодых учёных. Новосибирск, 06–08 июня 2017 г. – Новосибирск, 2017. – С. 65. – 0,09 / 0,01 а.л.

38. **Золоторёв Н. Н.** Горение смесевых композиций с биметаллическим горючим при субатмосферных давлениях / Н. Н. Золоторёв, Е. А. Маслов // XXXIII Сибирский теплофизический семинар, посвященный 60-летию Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН: тезисы докладов с элементами научной школы для молодых учёных. Новосибирск, 06–08 июня 2017 г. – Новосибирск, 2017. – С. 118. – 0,12 / 0,06 а.л.

39. **Золоторёв Н. Н.** Лабораторный стенд для испытания гибридных ракетных двигателей твердого топлива / Н. Н. Золоторёв, А. И. Коноваленко, В. Т. Кузнецов // XXXIII Сибирский теплофизический семинар, посвященный 60-летию Института теплофизики им. С. С. Кутателадзе СО РАН: тезисы докладов с элементами научной школы для молодых учёных. Новосибирск, 06–08 июня 2017 г. – Новосибирск, 2017. – С. 120. – 0,11 / 0,04 а.л.

40. Arkhipov V. A. Methods and results of experimental research of the dynamic regimes of the condensed systems ignition / V. A. Arkhipov, I. K. Zharova, **N. N. Zolotorev**, A. G. Korotkikh, V. T. Kuznetsov // 9th International seminar on flame structure (9 ISFS) : book of abstracts. Novosibirsk, Russia, July 10–14, 2017. – P. 7. – 0,07 / 0,01 а.л.

41. Архипов В. А. Дисперсность капель в факеле распыла центробежной форсунки / В. А. Архипов, С. А. Басалаев, К. Г. Перфильева, **Н. Н. Золоторёв** // Проблемы механики: теория, эксперимент и новые технологии : тезисы докладов XII Всероссийской конференции молодых ученых. Новосибирск–Шерегеш, 16–22 марта 2018 г. – Новосибирск, 2018. – С. 10–11. – 0,12 / 0,03 а.л.

42. Архипов В. А. Анализ рабочих процессов в гибридном ракетном двигателе / В. А. Архипов, **Н. Н. Золоторёв**, С. С. Бондарчук, А. С. Жуков // Фундаментальные основы баллистического проектирования: сборник материалов

VI Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 05–10 июня 2018 г. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 70–73. – 0,16 / 0,04 а.л.

43. Архипов В. А. Методика определения скорости горения твердого топлива в бомбе Вьеля / В. А. Архипов, В. Т. Кузнецов, Н. Н. Золоторёв, А. И. Коноваленко, С. С. Бондарчук // Фундаментальные основы баллистического проектирования : сборник материалов VI Всероссийской научно-технической конференции. Санкт-Петербург, 05–10 июня 2018 г. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 74–75. – 0,07 / 0,01 а.л.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности

Материалы диссертации соответствуют специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества (физико-математические науки) по области исследования «Закономерности и механизмы распространения, структура, параметры и устойчивость волн горения, детонации, взрывных и ударных волн; связь химической и физической природы веществ и систем с их термохимическими параметрами, характеристиками термического разложения, горения, взрывчатого превращения; термодинамика, термохимия и макрокинетика процессов горения и взрывчатого превращения» (п. 7 паспорта специальности).

Диссертация «Исследование рабочих процессов в гибридном ракетном двигателе прямой схемы» Золоторёва Николая Николаевича рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.17 – Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

Заключение принято на объединённом научном семинаре физико-технического факультета с участием кафедры прикладной газовой динамики и горения и отдела газовой динамики и физики взрыва с участием лаборатории 11 Научно-исследовательского института прикладной математики и механики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Присутствовало на заседании – 15 чел. Результаты голосования: «за» – 15 чел., «против» – нет, «воздержалось» – нет, протокол № 58/3 от 15 мая 2018 г.

Шрагер Геннадий Рафаилович,
доктор физико-математических наук,
профессор, кафедра прикладной газовой
динамики и горения, заведующий
кафедрой