

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА  
РХТУ.Р.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева  
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № 9/21  
решение диссертационного совета  
от 29 июня 2021 г. № 1

о присуждении ученой степени кандидата технических наук Нгуен Зюи Туану, представившему диссертационную работу на тему «Изучение закономерностей и механизма горения энергонасыщенных систем на основе нитратов различных металлов» по научной специальности 05.17.07 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ (технические науки).

Диссертационная работа принята к защите 26 мая 2021 года, протокол № 5, Аттестационной комиссией Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (125047, Москва, Миусская площадь, 9). Диссертационный совет РХТУ.Р.08 Российского химико-технологического университета имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации создан приказом врио ректора Университета от 27 мая 2021 года № 200А.

Соискатель Нгуен Зюи Туан, 19 ноября 1988 года рождения, гражданин Социалистической республики Вьетнам, окончил специалитет с отличием в 2015 году в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева Министерства образования и науки Российской Федерации, диплом серия 107718 номер 0171781, регистрационный номер 01, дата выдачи 11 февраля 2015 г.

Диссертация выполнена на кафедре химии и технологии высокомолекулярных соединений РХТУ им Д.И. Менделеева. В 2017 году Нгуен Зюи Туан был зачислен в аспирантуру РХТУ им. Д.И. Менделеева по направлению подготовки 18.06.01 "Химическая технология", образовательная программа 05.17.07 - Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Научный руководитель **Денисюк Анатолий Петрович**, доктор технических наук, профессор, и.о. заведующего кафедрой химии и технологии высокомолекулярных соединений РХТУ им Д.И. Менделеева.

**Официальные оппоненты:**

д.т.н., профессор **Павловец Георгий Яковлевич**, старший научный сотрудник Научно-исследовательского центра Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого» Министерства обороны Российской Федерации;

д.т.н. **Матвеев Алексей Алексеевич**, заместитель генерального директора по НИР Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный центр двойных технологий «Союз»» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации;

к.т.н. **Комраков Пётр Владимирович**, профессор кафедры процессов горения и экологической безопасности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Академия Государственной противопожарной службы»

Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, из них 3 статьи в рецензируемых научных изданиях, в том числе 1 статья в издании, индексируемом в международной базе данных WoS. Соискателем опубликовано 9 тезисов докладов на международных конференциях.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Denhisyk A. P., **Nguyen Duy Tuan**, Sizov V. A. Combustion Behavior of the Inorganic Nitrates-Based Compositions Part I // Propellants, Explosives, Pyrotechnics. – 2020, Vol 45, №9, p. 1382-1387 (Web of Science). <https://doi.org/10.1002/prep.202000053>

2. **Нгуен Зюи Туан**, Денисюк А.П. Закономерности горения композиций на основе нитратов металлов I и II групп // Вестник технологического университета. - 2019. Т.22, №2 – С. 17-22. (ВАК, Chemical Abstract)

3. **Нгуен Зюи Туан**, Денисюк А.П. Полнота горения композиций на основе нитратов различных металлов при атмосферном давлении // Вестник технологического университета. - 2019. Т.22, №8 – С. 84-89. (ВАК, Chemical Abstract).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

**1) официального оппонента**, д.т.н., профессора, старшего научного сотрудника ФГКВООУ ВО "Военная академия ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого" **Павловца Георгия Яковлевича**. В отзыве отражены актуальность темы, научная новизна, практическая значимость работы, достоверность полученных данных, общий обзор работы. Отзыв положительный. По работе отмечен ряд замечаний:

1. При анализе механизма горения было бы целесообразным рассмотреть взаимосвязь температуры и состава продуктов термоллиза нитратов металлов и их взаимодействия с компонентами составов в к-фазе волны горения.
2. Автором установлен экстремальный характер зависимости скорости горения составов, содержащих нитраты металлов, однако должного объяснения данному явлению в работе не представлено.
3. При введении в состав энергетических систем нанодисперсных сажи и УНТ в качестве модификаторов требуются особые технологии, обеспечивающие их равномерное распределение в структуре композиции. В материалах диссертации не отражено, каким методом контролировалось распределение нанодисперсных модификаторов в исследованных составах при изготовлении зарядов.

**2) официального оппонента**, д.т.н., заместителя генерального директора по НИР ФГУП «Федеральный центр двойных технологий «Союз»» Министерства промышленности и торговли Российской Федерации **Матвеева Алексея Алексеевича**. В отзыве отражены актуальность темы и цель диссертационной работы, научная новизна исследований и полученных результатов наряду с их практической значимостью. Отзыв положительный. По работе отмечен ряд замечаний:

1. Автор объясняет смещение максимума скорости горения смесей нитратов металлов с горючим в область избытка горючего испарением пластификатора из реакционной зоны в к-фазе. Однако при высоких давлениях максимальная скорость для смесей нитратов бария и стронция наблюдается при стехиометрическом соотношения (рис. 1б автореферата). Однако этому автор не дает объяснения.

2. Во многих таблицах в диссертации автор подписывает колонки таблицы сокращенными названиями, расшифровки которых разбросаны по тексту работы, что затрудняет чтение.
  3. При термогравиметрии составов в интервале температур 50-1000<sup>0</sup>С автор установил, что общая потеря массы для составов на основе нитратов калия и натрия близка к 100%, в то же время для образцов с солями стронция и бария потери составляют всего 53% и 45%, соответственно. Автор только фиксирует этот факт, но не дает никаких объяснений таким различиям в поведении смесей при термоллизе.
- 3) **официального оппонента**, к.т.н., профессора кафедры процессов горения и экологической безопасности ФГБОУ ВО "Академия Государственной противопожарной службы" МЧС России **Комракова Петра Владимировича**. В отзыве отражены актуальность работы, её цель, научная новизна и практическая значимость, охарактеризованы структура и содержание. Отзыв положительный. По работе отмечен ряд замечаний:
1. В литературном обзоре диссертантом рассмотрены вопросы термического распада нитратов металлов. Проводились ли в данной работе исследования по разложению используемых нитратов?
  2. Диссертантом детально обсужден вопрос о высоком значении  $T_p$  только для образцов на основе нитратов калия и натрия, и не рассматривается для систем на основе других нитратов.
  3. Не ясно, почему сажа и УНТ слабо увеличивают влияние катализаторов в отличие от катализа горения баллиститных порохов?
  4. В работе имеются несколько незначительных опечаток.
- 4) д.т.н., профессора, профессора кафедры «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский политехнический университет» **Тинькова Олега Васильевича**. В отзыве на автореферат отмечены актуальность темы, научная новизна и практическая значимость. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:
1. Желательно было бы определить для некоторых образцов температурный профиль при давлении выше атмосферного.
  2. Отсутствуют данные по эффективности действия АСД-4 и ПАМ-4 на скорость горения базовых образцов.
- 5) д.х.н., заведующего лабораторией №18 Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Институт органической химии" им. Н.Д. Зелинского Российской Академии Наук **Далингера Игоря Львовича**. В отзыве на автореферат отмечены актуальность, несомненная научная новизна полученных результатов. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:
1. Следовало бы привести брутто-формулу используемого горючего (фенолформальдегидная смола + пластификатор), а также указывать процентное соотношение компонентов в исследуемых композициях, как это принято для пиротехнических составов. К сожалению,  $\alpha$  не дает возможности быстро оценить состав композиции!
  2. В то время как ранжирование нитратов по эффективности было сделано, попытки связать наблюдаемое с какими-то свойствами нитратов металлов в автореферате не приводятся, а было бы полезно посмотреть, например, как это связано с

окислительно-восстановительным потенциалом соли, энергией ее кристаллической решетки, и т.п.

3. Очевидно, что наблюдаемые диссертантом явления зависят не только от типа соли, но также и от состава и свойств горючего. Однако этот аспект никак не комментируется.

6) д.х.н., профессора, заведующего кафедрой химии и технологии высокомолекулярных соединений Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации **Ищенко Михаила Алексеевича**. В отзыве на автореферат отмечена важность полученных результатов. Отзыв положительный. В автореферате принципиальных замечаний нет. Есть, конечно, и неудачные выражения, например на стр. 12 автореферата – «...оказывает более влияние на скорость горения...». Несколько многословен и расплывчат вывод №1.

7) д.т.н., профессора, декана факультета энергонасыщенных материалов и изделий ФГБОУ ВО "Казанский национальный исследовательский технологический университет" **Петрова Владимира Анатольевича**. В отзыве на автореферат отмечены актуальность работы, научная новизна и практическая значимость. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. Несмотря на несомненное наличие научной новизны, в автореферате нет её чётких формулировок, а в разделе "Научная новизна" приводится краткое описание полученных результатов.
2. Из автореферата непонятно, подтверждены ли эффективные огнетушащие свойства предлагаемого быстрогорящего АОТ или это только теоретические предположения.
3. В автореферате не показано каким методом и насколько равномерно распределены УНТ в массе состава, что может влиять на эффективность протекания каталитических процессов.

8) д.т.н., доцента, и.о. заведующего кафедрой «Химия и технология полимерных и композиционных материалов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации **Нечаева Ильи Владимировича**. В отзыве на автореферат отмечены важные результаты работы. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. Исследовались ли образцы на основе данных нитратов с другими связующими горючими?
2. При изучении механизма горения систем на основе нитратов щелочных и щелочноземельных металлов при атмосферном давлении предполагается, что температура кипения  $\text{KNO}_3$  и  $\text{NaNO}_3$  (по литературным данным) может быть близка к температуре поверхностей горения этих образцов. Проводилось ли сравнение температур кипения и поверхности горения образцов для остальных нитратов?

9) канд. ф.-м.н., ведущего инженера лаб. МО-1312 «Физика горения твёрдых топлив» Федерального исследовательского центра химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук **Мелик-Гайказова Георгия Владимировича**. В отзыве на автореферат подчеркивается актуальность темы исследования. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. Значения температур горения получены путём термодинамического расчёта. Однако не приводятся сведений о равновесном составе продуктов сгорания и, особенно, о составе конденсированной фазы. Здесь можно лишь предварительно указать, что

термическая стабильность продуктов распада нитратов различных металлов существенно разная. Так, например, для нитрата калия наиболее устойчивым продуктом является КОН. При пониженных температурах (и при достаточном содержании углекислого газа) образуется  $K_2CO_3$ . Для нитратов щелочноземельных металлов равновесный состав к-фазы в продуктах сгорания, в целом, иной.

2. Досадно, что имея на руках температурные профили, автор не попытался увязать температуры фазовых переходов, наблюдаемые на регистраграммах, с термодинамически равновесными концентрациями продуктов распада соответствующих солей. Неясно также, к какому агрегатному состоянию в расчёте следует относить указанные выше компоненты.
- 10) к.х.н., заведующего лабораторией энергетических полимерных систем Федерального государственного бюджетного учреждения науки "Институт проблем химической физики" Российской академии наук **Смирнова Владимира Станиславовича**. В отзыве на автореферат отмечены актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:
1. В описании методической части работы отсутствует перечень методов исследования, а также методик изготовления экспериментальных образцов энергонасыщенных систем, есть только упоминание.
  2. Не приводятся параметры пористости изготовленных образцов, хотя они существенно влияют на все параметры горения.
  3. В работе указано, что заряды на основе  $Ba(NO_3)_2$  воспламеняются, но горят неустойчиво. Автор объясняет это тем, что существует некоторый критический диаметр. Было бы хорошо привести значение этого параметра, обнаруженного экспериментально, если он действительно существует.
  4. В разделе 3.4 в качестве параметра, отражающего влияние размера частиц окислителя, выбрано отношение скоростей горения образцов с мелкой (50 мкм) и крупной (500 мкм) фракциями окислителя, при этом, как ранее было указано, в работе использовались частицы окислителей с размерами 90-160 мкм.
- 11) к.т.н., старшего научного сотрудника Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт химии и механики» (ЦНИИХМ) **Столярова Павла Николаевича**. В отзыве на автореферат отмечены актуальность, основные научные достижения и практическая значимость работы. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:
1. Из приведенных в автореферате данных неясно, оценивалась ли дисперсность окислителя после вальцевания образцов, ведь в процессе переработки размер частиц нитратов может изменяться.
  2. Не приведены значения эффективности действия катализаторов в индивидуальном виде и в сочетании с углеродными материалами.
  3. Отсутствует сравнение эффективности действия добавок с другими видами энергонасыщенных материалов.
  4. Есть ряд мелких замечаний по пунктуации в тексте автореферата.

В отзывах указывается, что отмеченные замечания не снижают общего высокого уровня работы. Представленная диссертация характеризуется высоким теоретическим и экспериментальным уровнем, имеет большое научное и практическое значение. Диссертация на тему: «Изучение закономерностей и механизма горения энергонасыщенных систем на

основе нитратов различных металлов» по своей новизне и актуальности соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева», а её автор - **Нгуен Зюи Туан** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 – Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Выбор официальных оппонентов основывается на их компетентности в соответствующей отрасли науки, наличия у них публикаций по научной специальности и тематике защищаемой диссертационной работы.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- для большинства композиций зависимость скорости горения от давления имеет два участка: на первом участке значение  $v$  значительно меньше, чем на втором участке, и максимальная скорость горения достигается при значении  $\alpha$  меньше 1 (в пределах 0,6-0,8 в зависимости от состава и давления);
- определено, что экспериментальная температура горения композиций зависит от катиона нитрата, от величины  $\alpha$  и давления, при котором горят образцы, и может быть ниже расчетного значения или равна ему;
- установлено, что при атмосферном давлении композиции на основе нитратов металлов первой и второй групп имеют высокое значение температуры поверхности горения ( $>1200$  K) и скорость их горения определяется процессами в  $\kappa$ -фазе;
- показано, что влияние металла проявляется в наибольшей степени при горении медленногорящих базовых систем, а наименьшей – быстрогорящих образцов на основе  $KNO_3$  и  $CsNO_3$ ;
- изучено влияние катализаторов, сажи и углеродных нанотрубок на горение систем. Наиболее эффективным катализатором скорости горения образцов является салицилат меди. На некоторых композициях эффект увеличения скорости горения от введения салицилата меди, сажи и углеродных нанотрубок является аддитивной величиной.

Теоретическая значимость исследования обоснована расширением представлений о горении энергонасыщенных материалов на основе различных окислителей. Результаты работы могут быть использованы в учебных курсах по химической физике энергонасыщенных материалов в РХТУ им. Д.И. Менделеева, КНИТУ (г. Казань) и других университетах страны.

Значение полученных соискателем научных результатов для практики подтверждается тем, что на основе полученных данных предложены быстрогорящие аэрозольобразующие топлива с высокой огнетушащей способностью, которые можно использовать для различных защищаемых объектов, в том числе, продуваемых воздухом.

Несомненно, что знание закономерностей и механизма горения указанных систем необходимо также для обеспечения безопасности их производства, применения, хранения и перевозки.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- экспериментальные результаты работы получены с использованием аттестованных средств;
- достоверность полученных результатов обеспечена применением стандартных

методов испытаний, а также современных методов анализа и обработки полученных результатов;

- основные результаты работы докладывались на конференциях различного уровня (9 статей и тезисов в сборниках конференций);
- выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном выполнении диссертационного исследования, включая постановку цели и задач работы, поиск и анализ данных для литературного обзора диссертации, проведение опытов, обработку полученных данных, обсуждение и обобщение итоговых результатов, подготовку к публикации.

Диссертационный совет пришел к выводу, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача научно-технического обоснования направлений регулирования баллистических характеристик энергетических систем на основе нитратов щелочных и щелочноземельных металлов и технологии их формирования, имеющих существенное значение для развития теории горения в области специальной технической химии. По актуальности, объёму проведенных исследований, а также по значимости полученных результатов диссертационная работа Нгуен Зюи Туана на тему: «Изучение закономерностей и механизма горения энергонасыщенных систем на основе нитратов различных металлов» соответствует критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» в части требований, предъявляемых к диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук и отвечает паспорту специальности 05.17.07 «Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ» по формуле и области исследований.

На заседании диссертационного совета РХТУ.Р.08 РХТУ им. Д.И. Менделеева 29 июня 2021 г. принято решение о присуждении **Нгуен Зюи Туану** ученой степени кандидата технических наук.

Присутствовало на заседании 7 членов диссертационного совета, в том числе в режиме видеоконференции 0. Докторов наук по научной специальности, отрасли науки рассматриваемой диссертации 7.

При проведении тайного голосования по вопросу присуждения ученой степени члены диссертационного совета проголосовали:

«за» - 7,

«против» - 0,

«недействительных бюллетеней» - 0.

Председатель  
диссертационного совета, д.х.н, проф.

В.П. Синдицкий

Ученый секретарь  
диссертационного совета, д.х.н, проф.



Т.В. Бухаркина

Дата «29» июня 2021 г.