

ПРОТОКОЛ

заседания кафедры химии и технологии высокомолекулярных соединений (ХТВМС) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева"
от 22 апреля 2021 г. № 8

Присутствовали:

от кафедры ХТВМС: профессор, и.о. зав. кафедрой ХТВМС Денисюк А.П., доцент Лямкин Д.И., доцент Шепелев Ю.Г., ст. преподаватель Михалёв Д.Б., ассистент Сизов В.А., вед.н.с. Демидова Л.А., вед. инженер Ильичёва Н.Н., вед. инженер Кондакова Н.Н.

от кафедры ХТОСА: декан ИХТ факультета, профессор Синдицкий В.П., доцент Колесов В.И., доцент Левшенков А.И., доцент Серушкин В.В.

Всего присутствовало: 12 человек.

ПОВЕСТКА ДНЯ

Предварительное рассмотрение диссертационной работы аспиранта каф. ХТВМС РХТУ им. Д.И. Менделеева Нгуен Зюи Туана на тему: "Изучение закономерностей и механизма горения энергонасыщенных систем на основе нитратов различных металлов".

Работа выполнена на кафедре химии и технологии высокомолекулярных соединений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева".

Тема диссертационной работы Нгуен Зюи Туана и научный руководитель д.т.н., профессор Денисюк А.П. утверждены на заседании Ученого совета ИХТ факультета РХТУ им. Д.И. Менделеева 14 ноября 2017 г. (протокол № 117).

СЛУШАЛИ:

Сообщение аспиранта Нгуен Зюи Туана, изложившего основное содержание своей диссертационной работы.

Аспиранту Нгуен Зюи Туану были заданы следующие вопросы:

1. **Лямкин Д.И.** Какова научная новизна работы?
2. **Шепелев Ю.Г.** Исследовались ли другие окислители помимо нитратов, например, перхлораты?
3. **Колесов В.И.** Есть ли литературные данные по горению смесей нитратов?
4. **Серушкин В.В.** Чем объясняются участки на зависимости $U(p)$ с $v > 1$ слайд 8? Может ли это быть связано со срывом горения в конвективный режим?

5. **Шепелев Ю.Г.** Проводились ли эксперименты по определению скорости горения с помощью видеосъёмки?
6. **Колесов В.И.** Сравнивалась ли теоретическая и реальная плотность образцов пороха?
7. **Синдицкий В.П.** С чем связаны различия в скоростях горения смесей нитратов различных металлов?
8. **Колесов В.И.** Как долго высушивались образцы? Есть ли в литературе разница между скоростями горения смесей на основе нитрата натрия и нитрата калия?
9. **Серушкин В.В.** Не пробовали одновременно проводить анализ скорости горения от T и коэффициента избытка окислителя α ?
10. **Серушкин В.В.** Почему максимальная скорость наблюдается не при $\alpha=1$?
11. **Левшенков А.И.** Какое использовалось горючее и как изготавливали заряды?
12. **Колесов В.И.** Как оценивалась дисперсность окислителя?
13. **Серушкин В.В.** Не сгорали ли термопары в среде продуктов горения окислителей?
14. **Синдицкий В.П.** Каким образом KCl убирает щелочные продукты?
15. **Серушкин В.В.** Как расчётная T_r может влиять на скорость?
16. **Серушкин В.В.** Проходят ли другие реакции, помимо обозначенных на слайде 19?
17. **Шепелев Ю.Г.** Почему не проводили ДСК для нитратов, не исследовались тепловые эффекты плавления?

В обсуждении приняли участие: и.о. зав. кафедрой ХТВМС, профессор Денисюк А.П., доцент Лямкин Д.И., доцент Шепелев Ю.Г., декан ИХТ факультета, профессор Синдицкий В.П., доцент Колесов В.И., доцент Левшенков А.И., доцент Серушкин В.В.

ПОСТАНОВИЛИ:

Заслушав и обсудив диссертационную работу Нгуен Зюи Туана, принять следующее заключение.

Председатель заседания,
декан ИХТ факультета, профессор

 В.П. Синдицкий

Секретарь заседания



Н.Н. Кондакова



"УТВЕРЖДАЮ"

Ректор РХТУ им. Д. И. Менделеева,
директор химических наук

А. Г. Мажуга
през

А. Г. Мажуга
2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация 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" выполнена в на кафедре химии и технологии высокомолекулярных соединений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева".

В процессе подготовки диссертации Нгуен Зюи Туан, 19 ноября 1988 года рождения, с 1.09.2017 г. по 31.08.2021 г. – аспирант кафедры химии и технологии высокомолекулярных соединений Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева".

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано РХТУ им. Д.И. Менделеева в 2021 году.

Научный руководитель доктор технических наук по специальности 05.17.10, профессор, и.о. заведующего кафедрой ХТВМС Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева" Денисюк Анатолий Петрович.

По результатам рассмотрения диссертации на тему: "Изучение закономерностей и механизма горения энергонасыщенных систем на основе нитратов различных металлов" принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационной работы обусловлена тем, что для высокоэффективного использования энергонасыщенных систем на основе

Л

неорганических нитратов надо иметь возможность целенаправленно управлять процессом их горения (скоростью, составом продуктов горения, в частности это очень важно для АОТ). Для этого необходимо знать закономерности и механизм горения. Такие данные имеются для дымного пороха и для систем на основе NH_4NO_3 . С 1990-х годов прошлого века начались интенсивные работы по разработке АОТ на основе KNO_3 и появились отдельные результаты по их горению. Однако, систематические исследования горения многочисленных составов АОТ не проводились, как и систем на основе нитратов других металлов.

Знание закономерностей горения указанных систем необходимо также для обеспечения безопасности их производства, применения, хранения и перевозки. В научном плане важно выяснить влияние физико-химических свойств нитратов на горение систем на их основе и выяснить особенности закономерностей горения в сравнении с горением баллистических порохов, окислителем в которых являются оксиды азота.

Научная новизна заключается в следующем.

Впервые в широком интервале давления (0,1-18 МПа) систематически изучено горение систем на основе KNO_3 , NaNO_3 , CsNO_3 , $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$ и $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ и одного и того же горюче-связующего (пластифицированная дибутилфталатом фенолформальдегидная смола), отличающихся по расчётной температуре горения за счёт изменения соотношения между окислителем и горючим, характеризуемого коэффициентом избытка окислителя (α). Показано, что при атмосферном давлении при диаметре \square 7 мм не горят лишь образцы с высоким значением $\alpha \square 0,9-1$, скорости горения остальных образцов существенно отличаются - от 0,5 мм/с до 5 мм/с и не коррелируются с расчётной температурой горения.

Для большинства систем на зависимости скорости горения от давления имеются два участка: на первом участке при низких давлениях величина v в законе горения ($u = \text{Bp}^v$) значительно (в 2 и более раз) меньше, чем на втором участке. Это существенно отличает их от систем на основе перхлората аммония, для которых значение v с увеличением давления уменьшается.

Зависимость скорости горения от α имеет экстремальный характер: для систем на основе нитратов металлов первой группы максимум скорости горения при всех давлениях достигается при значении $\alpha \sim 0,72$, а для систем на основе металлов второй группы зависит от давления: при $p \leq 2$ МПа - значение $\alpha \sim 0,6-0,8$, при $p > 2$ МПа - значение $\alpha \sim 1$; для систем на основе $Pb(NO_3)_2$ максимум скорости горения при всех давлениях наблюдается при $\alpha \sim 0,8$.

Экспериментальная температура горения составов в зависимости от значения α и давления может совпадать с расчетной, быть выше или меньше её. Установлены причины расхождения между ними.

Изучен механизм горения систем на основе нитратов K, Na, Cs, Ba, Sr. Получено, что горение систем характеризуется высокой температурой поверхности горения ($>1200K$). Скорость их горения определяется в к-фазе, в которой выделяется более 79% тепла, необходимого для распространения горения.

Размер частиц нитрата от меньшее 50 мкм до меньшее 450 мкм в исследованном диапазоне давления оказывает слабое влияние на скорость горения их систем. Это явление можно объяснить тем, что при высокой температуре поверхности, все компоненты в к-фазе далеко до реакционной зоны, находятся в расплавленном состоянии, что способствует их смещению.

Установлены, что влияние алюминия (АСД-4) и сплава алюминия с магнием (ПАМ-4) на скорость горения образцов основе нитратов K, Na, Cs, Ba, Sr имеет сложный характер и зависит от скорости горения базового образца, катиона нитрата, природы металла, его количества и дисперсности, а также от давления, при котором происходит горение. В наибольшей степени металлы повышают скорость медленногорящих базовых систем, а наименьшей – быстрогорящих образцов на KNO_3 . Это связано с большим временем пребывания частиц металла в зонах горения медленных образцов, при высоком содержании в продуктах горения окислительных газов (CO_2 и H_2O) происходит горения металлов. Металл снижает значение v за счет уменьшения коэффициента диффузии окислительных газов с ростом давления.

Практическая ценность работы состоит в том, что предложены быстрогорящие АОТ, обладающие высокой огнетушащей способностью ($9,5-12 \text{ г/м}^3$), регулируемой в широких пределах скоростью горения при атмосферном давлении (от 8 до 18 мм/с) и низкой зависимостью ее от давления в интервале до 1-2 МПа. Применение быстрогорящих в генераторах оперативного действия обеспечит быстрое заполнение защищаемых объектов, в том числе продуваемых воздухом. Высокая скорость таких топлив позволит использовать заряды торцевого горения, что обеспечит более высокую плотность заряжания генератора и оптимизировать его конструкцию. Слабая зависимость скорости горения от давления в аварийных ситуациях значительно уменьшит возможности резкого подъема давления.

Работа характеризуется логичностью построения, аргументированностью основных научных положений и выводов, а также четкостью изложения.

Основные положения диссертации получили полное отражение в 3-х публикациях в рецензируемых изданиях, из них 1 статья в журнале, индексируемом в международных базах данных (Web of Science).

Результаты диссертации представлены на международных и всероссийских конференциях, в том числе:

1. II Международной научно-практической конференции: "Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение" 2017 (Тамбов, Россия),
2. "III международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности" (2018, РХТУ им. Д.И. Менделеева, Россия),
3. "Международный конгресс молодых ученых по химии и химической технологии" (Москва, Россия, ежегодно с 2018 по 2020),
4. 21th, 22nd и 23rd Seminar of the New Trends in Research of Energetic Materials (2018, 2019, 2020 Pardubice, Czech).

Публикации по теме диссертации:

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).
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)
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).
4. Пономарёв А. К., Нгуен Зюи Туан, Денисюк А. П. Влияние алюминия АСД-4 на скорость горения композиций на основе нитратов металлов первой и второй групп // Успехи в химии и химической технологии. - 2020. - том XXXIV, №9. – С. 111-113.
5. Nguyen Duy Tuan, Denhisyk A. P., Sizov V. A. A study of the combustion behavior of metallized compositions based on KNO_3 and $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ // New Trends in Research of Energetic Materials. Proceedings of the 23rd Seminar - University of Pardubice, Pardubice, Czech Republic, 2020 – P. 711 – 715.
6. Нгуен Зюи Туан, Денисюк А. П. Экспериментальная температура горения композиций на основе нитрата бария при различном давлении // Успехи в химии и химической технологии. - 2019. - том XXXIII, №9. – С. 90-92.
7. Nguyen Duy Tuan, Denhisyk A. P., Sizov V. A. Determination of combustion temperature of energetic materials based on nitrates of alkali metal at atmospheric pressure // New Trends in Research of Energetic Materials. Proceedings of the 22st Seminar - University of Pardubice, Pardubice, Czech Republic, 2019 – P. 329 – 333.
8. Ли Хунг, Нгуен Зюи Туан, Денисюк А. П. Определение экспериментальной температуры горения энергонасыщенных систем на основе нитратов калия, натрия и бария при атмосферном давлении // Успехи в химии и химической технологии. - 2018. - том XXXII, №10. – С. 100-102.

9. Нгуен Зюи Туан, Ли Хунг, Денисюк А. П. Закономерности горения систем на основе нитратов калия, цезия и свинца // Успехи в химии и химической технологии. - 2018. - том XXXII, №10. – С 124-126.

10. Nguyen Duy Tuan, Sizov V. A., Denhisyk A. P. Combustion regularities of the propellants on the basis of nitrates of various metals // New Trends in Research of Energetic Materials. Topic: Sensitivity and Performance. Proceedings of the 21st Seminar - University of Pardubice, Pardubice, Czech Republic, 2018 – P. 1112 – 1116.

11. Нгуен Зюи Туан, Денисюк А. П. Закономерности горения систем на основе нитратов калия, натрия и бария // III Международная научно-практическая конференция молодых ученых по проблемам техносферной безопасности. Материалы конференции - РХТУ им. Д. И. Менделеева, Москва, 2018 – С. 46-49.

12. Сизов В. А., Денисюк А. П., Нгуен Зюи Туан, Шведова А. В. Влияние углеродных нанотрубок на скорость горения энергонасыщенных материалов // Материалы II Международной научно-практической конференции «Графен и родственные структуры: синтез, производство и применение». Тезисы докладов - Тамбов, 2017, с. 155-157.

По тематике, методам исследования, предложенным новым научным положениям диссертация соответствует паспорту специальности научных работников 05.17.07 "Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ" в части п. 11 "Научные основы и закономерности физико-химической технологии и синтеза специальных продуктов. Новые технологии производства специальных продуктов".

Автореферат отражает основное содержание диссертации.

Диссертация Нгуен Зюи Туана является завершенной научно-квалификационной работой, содержащей результаты, полученные на основании исследований, проведенных на высоком научном и техническом уровне с применением современных методов исследования. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором, теоретически обоснованы и не

вызывают сомнений. Представленные в работе результаты принадлежат Нгуен Зюи Туану; они оригинальны, достоверны и отличаются научной новизной и практической значимостью.

С учетом научной зрелости автора, актуальности, научной новизны и практической значимости работы, а также ее соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном учреждении высшего образования "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева", предъявляемым к подобным работам, диссертация на тему: "Изучение закономерностей и механизма горения энергонасыщенных систем на основе нитратов различных металлов" рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.07 "Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ".

Диссертация рассмотрена на заседании кафедры ХТВМС Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения "Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева", состоявшемся 22.04.2021 года, протокол № 8. В обсуждении приняли участие: и.о. зав. кафедрой ХТВМС, профессор Денисюк А.П., доцент Лямкин Д.И., доцент Шепелев Ю.Г., декан ИХТ факультета, профессор Синдицкий В.П., доцент Колесов В.И., доцент Левшенков А.И., доцент Серушкин В.В.

Принимало участие в голосовании 8 человек. Результаты голосования: "За" – 8 человек, "Против" – нет, воздержавшихся – нет; протокол № 8 от 22 апреля 2021 г.

Декан ИХТ факультета, профессор

В.П. Синдицкий

Секретарь заседания

Н.Н. Кондакова