

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

РХТУ.2.6.02. РХТУ им. Д.И. Менделеева

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело №17/23

решение диссертационного совета

от «7» сентября 2023 г. протокол №15

О присуждении ученой степени кандидата технических наук Зар Ни Аунгу, представившему диссертационную работу на тему «Закономерности влияния катализаторов на горение энергонасыщенных материалов различного строения, содержащих нитрогруппы» по научной специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Принята к защите 26 июня 2023 года (протокол №14) диссертационным советом РХТУ.2.6.02 РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Состав диссертационного совета утвержден в количестве 12 человек приказом и.о. ректора РХТУ им. Д.И. Менделеева № 535А от 30 декабря 2021 года.

Соискатель Зар Ни Аунг, 05 марта 1991 года рождения, гражданин Республики Союз Мьянма, окончил магистратуру с отличием в 2017 году в Российском химико-технологическом университете имени Д.И. Менделеева по специальности 18.04.01 "Химическая технология", диплом 107718 0608920.

Диссертационная работа выполнена на кафедре химии и технологии высокомолекулярных соединений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». В 2017 году Зар Ни Аунг был зачислен в аспирантуру РХТУ им. Д.И. Менделеева по направлению подготовки 18.06.01 Химическая технология (профиль 05.17.07 Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ).

Научный руководитель – **Денисюк Анатолий Петрович**, д.т.н., профессор кафедры химии и технологии высокомолекулярных соединений федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Официальные оппоненты:

д.т.н., профессор, **Гусев Сергей Алексеевич**, заместитель генерального директора Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный центр двойных технологий "Союз"» по опытно-конструкторским и проектно-конструкторским работам.

д.х.н., профессор, **Синдицкий Валерий Петрович**, декан инженерного химико-технологического факультета, заведующий кафедрой химии и технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева.

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.

дали *положительные* отзывы.

Соискатель имеет 13 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 2 статьи в международном журнале из списка Web of Science, 3 статьи в журнале из списка ВАК, 8 статей и тезисов докладов в сборниках, представленных на всероссийских и международных конференциях и конгрессах.

Основное содержание диссертации изложено в следующих работах:

1. Anatoly P. Denisyuk, **Zar Ni Aung**, Yury G. Sheplev. Energetic Materials Combustion Catalysis Necessary Conditions for Implementation // Propellants, Explosives, Pyrotechnics, – 2021. Vol. 46, №1. – p. 90 - 98. (Web of Science) <https://doi.10.1002/prop.202000170>
2. Денисюк А.П., **Зар Ни Аунг**, Любутин В.А. Влияние катализаторов на скорость горения тринитробензола и его производных // Горение и Взрыв, – 2020. Т.13, №1. – С. 142 - 147. (ВАК)
3. **Зар Ни Аунг**, А. П. Денисюк, В. А. Сизов. Влияние катализаторов на зоны горения тринитрофенола // Вестник СамГТУ. Серия «Взрывчатые вещества, пороха и твердые ракетные топлива. Синтез, свойства, технология», научный журнал. – Самара: СамГТУ, – 2021. – Вып. 14. Часть III. – С. 195 - 208. (ВАК)
4. Денисюк А.П, **Зар Ни Аунг**. Влияние катализатора на скорость горения и на термическое разложение тринитрорезорцина // Вестник СамГТУ. Серия «Взрывчатые вещества, пороха и твердые ракетные топлива. Синтез, свойства, технология», научный журнал. – Самара: СамГТУ, 2022. – Вып. 15. Часть II. – С. 153 - 161. (ВАК)
5. Anatoly P. Denisyuk, **Zar Ni Aung**, Vladimir A. Sizov, Larisa A. Demidova, Alexey O. Merkuskin. Burning rate catalysts action on the trinitroresorcinol combustion wave parameters // Chemical Kinetics, – 2023. Vol. 55, №8. – p. 467 - 478. (Web of Science) <https://doi.org/10.1002/kin.21649>

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1) официального оппонента, д.т.н., профессора, **Гусева Сергея Алексеевича**, заместителя генерального директора Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный центр двойных технологий "Союз"» по опытно-конструкторским и проектно-конструкторским работам. В отзыве отражены актуальность темы, научная новизна,

практическая значимость работы, достоверность полученных данных, общий обзор работы. Отзыв положительный. По работе отмечен ряд замечаний:

1. Целесообразно было бы более детально обсудить, в чём заключается различное влияние салицилата никеля (СН) и фталата меди свинца (ФМС) на горение различных ВВ.
2. Более детально было бы показать, почему эффективность влияния ФМС на скорость горения ТНФ непрерывно повышается при увеличении количества ФМС как в индивидуальном виде, так и в сочетании с УНТ: при давлении 1 МПа 25%ФМС увеличивают скорость горения в 14 раз (это означает, что значение $(\lambda \cdot \varphi)$ повысилось в 196 раз ($U \sim \sqrt{\lambda \cdot \varphi}$)), хотя температура горения существенно снизилась (на 821 К).
3. В практическом плане для образцов топлива с 30%ТНТ целесообразно было бы получить данные по их технологическим характеристикам.

2) официального оппонента, д.х.н., профессора, **Синдицкого Валерия Петровича**, декана инженерного химико-технологического факультета, заведующего кафедрой химии и технологии органических соединений азота РХТУ им. Д.И. Менделеева. 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. В названии диссертации есть слова «ЭМ различного строения», однако в работе не отслеживалось влияние строения ЭМ на эффективность катализа. Видимо, речь должна была идти о «ЭМ различной природы» или «ЭМ различных химических классов».
2. Автор провел очень скрупулезную работу по исследованию распределения температуры в волне горения как катализированных, так и некатализированных образцов ТНТ, ТНФ и ТНР при давлении 2 МПа. Исследование некатализированных образцов ТНТ, ТНФ и ТНР автору нужно было только для сравнения. Удивляет очень высокие температуры поверхности исследованных представителей нитроароматики. Расчет теплового баланса на поверхности горения, например, для ТНР показывает, что тепловой поток из газовой фазы (259 Дж/г) не способен прогреть вещество до температуры поверхности и расплавить (788 Дж/г). Следовательно, горение распространяется за счет тепловыделения в конденсированной фазе, а этот поток тратиться на испарение неразложившегося там вещества. Этот вывод находится в противоречии с ранними исследованиями горения нитроароматических соединений, которые, как известно, весьма летучи и их горение,

казалось бы, должно описываться моделью горения Беляева-Зельдовича с ведущей реакцией в газовой фазе. Однако оказывается, что именно низкие теплоты испарения этих веществ приводят к высоким температурам испарения (поверхности) при повышенных давлениях и, соответственно, к мощному тепловыделению в ж-фазе. Очень жалко, что автор не обратил внимание на этот факт и не внес его в раздел о научной новизне своей работы.

3. В методической части автор приводит характеристики используемых веществ, однако нет ни одной ссылки, указывающей на источник информации.
4. Автор делает вывод, что катализ горения протекает по единому механизму. Тем не менее, остается вопрос, почему эффективность катализа между разными классами веществ и даже внутри одного класса различна. Так, нитроароматические соединения ТНТ, ТНФ и ТНР имеют похожие физико-химические параметры, близкий механизм разложения, одинаковое количество окислителя (нитрогрупп) в молекуле, а катализу в большей мере подвержен ТНР, хотя он имеет самую высокую температуру горения. Хуже всех исследованных соединений катализируются нитраминами, вне зависимости от температуры их горения.

3) официального оппонента, д.т.н., профессора, **Павловца Георгия Яковлевича**, старшего научного сотрудника научно-исследовательского центра Федерального государственного казенного военного образовательного учреждения высшего образования «Военная академия Ракетных войск стратегического назначения имени Петра Великого» Министерства обороны Российской Федерации. 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 диссертации отмечается, что наибольшее влияние на скорость горения большинство исследованных ВВ оказывает салицилат никеля в сочетании с УНТ, но не обсуждается, в чем причина этого.
2. Вероятно, целесообразно было бы исследовать влияние катализатора в сочетании с УНТ на температурный профиль волны горения не на два ароматических нитросоединения, а на одно (ТНР) и получить данные для НГУ, свойства которого значительно отличаются от свойств ароматических соединений.
3. В работе не дано объяснения, почему для одних ВВ зависимость значения показателя Z увеличения скорости горения от соотношении

катализатора с УНТ имеет ярко выраженный максимум, а для других – очень слабый (растянутый).

4) д.х.н., профессора, **Ищенко Михаила Алексеевича**, заведующего кафедрой химии и технологии высокомолекулярных соединений Санкт-Петербургского государственного технического университета. В отзыве на автореферат отмечены актуальность темы, научная новизна и практическая значимость. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. В диссертации автор выполнил большой объём экспериментальной работы и приведено много графиков, где на многочисленных кривых комфортно расположилось огромное количество точек, а ведь каждая точка – это отдельный эксперимент.
2. В конце диссертационной работы автор приводит «Заключение», состоящее из 9 пунктов, большинство из которых похожи на выводы по работе, однако многие из них многословны и плохо сформулированы.

Так, первый пункт, хоть и многословен, но утверждает, что от одних катализаторов, используемых для баллиститных порохов, толку мало.

Второй пункт «Заключения» носит принципиальный характер и отмечает роль сажи и углеродных нанотрубок. В их присутствии катализ горения происходит для всех изученных веществ и катализаторов.

В третьем пункте утверждается, что эффективность действия катализаторов имеет экстремальный характер и сильно зависит от соотношения катализатора, сажи и углеродных нанотрубок, что косвенно говорит о необходимости создания определённой структуры сажистого каркаса, оптимального для конкретных нитросоединений, нитраминов и нитратов.

В четвёртом пункте утверждается, что эффективность каталитической системы сильно зависит от давления в камере сгорания и существенно влияет на показатель v в законе скорости горения.

Пункты 5 - 7 «Заключения» очень многословны и плохо сформулированы.

Пункт 8 имеет предположительный характер.

Пункт 9 позволяет связать теорию с практическими рекомендациями по компоновке топлив.

5) к.х.н., профессора, **Беренгартена Михаила Георгиевича**, профессора кафедры «Аппаратурное оформление и автоматизация технологических производств имени М.Б. Генералова» Московского политехнического университета. В отзыве на автореферат отмечены актуальность, несомненная

научная новизна полученных результатов. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. Не совсем понятен алгоритм построения экспериментальных зависимостей, представленных на рис. 6 и 7, если считать, что эффективность действия катализатора – это соотношение скорости горения с катализатором и без катализатора.
2. Отсутствует обоснование выбора объектов исследования, например, выбор октоген, а не гексоген.
3. отсутствуют значения доверительных интервалов параметров исследования (скорости горения, процента углеродных материалов, эффективности действия катализаторов).

б) к.х.н., **Перменова Дениса Георгиевича**, начальника центра боеприпасов и спецхимии Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский институт химии и механики». В отзыве на автореферат отмечена важность полученных результатов. Отзыв положительный. В отзыве отмечено, что из приведенных данных в автореферате не до конца ясно, насколько велико влияние добавок на термическую стойкость исследованных ЭКС (10 соединений).

7) д.т.н., профессора, **Нечаева Ильи Владимировича**, заведующего кафедрой химии и технологии полимерных и композиционных материалов Самарского государственного технического университета. В отзыве на автореферат отмечены актуальность работы, научная новизна и практическая значимость. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. В автореферате показано, что большое количество комбинированного катализатора (15%ФМС + 5%УНТ) увеличивает скорость горения ТНФ при давлении 1 МПа в 11 раз, хотя при этом значительно (на 849 К) снижается максимальная температура горения. Этот результат надо было бы обсудить более детально.
2. Диссертант отмечает, что при большом количестве ФМС (25%) без УНТ каркас на поверхности горения образуется при разложении органической соли. Целесообразно было бы в дальнейшем изучить, при какой температуре и в какой зоне катализатор может интенсивно разлагаться в процессе горения.

8) **Решетова Алексея Адольфовича**, начальника отдела специальной химии и внутренней баллистики Акционерного общества «Научно-производственное объединение «Прибор» имени С.С. Голембиовского». В отзыве на автореферат отмечены важные результаты. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. В автореферате показано, что СН в сочетании с УНТ даже при большом их количестве (15%СН + 5%УНТ) не оказывает влияние на температуру вспышки и время её задержки, а ФМС с УНТ при таком же количестве заметно снижает эти параметры. Желательно было бы более детально рассмотреть, чем это обусловлено.
2. Из автореферата не ясно, почему катализаторы очень слабо влияют на скорость горения коллоксилина, но эффективно влияют на горение баллиститных порохов с такой же энергетикой.

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

1. Автор очевидно «увлёкся» в попытке объяснить исключительно все наблюдаемые закономерности.
2. Промотирующее действие сажи на катализ горения энергетических материалов является эмпирическим фактом, имеющим, скорее всего, кинетическую природу. Теория этого явления развита слабо. Углеродистый каркас на «закаленной» поверхности (см. фотоснимки) образуется, очевидно, из углерода, выделяемого при разложении С – нитросоединений. Увеличение его плотности в случае катализированных составов свидетельствует об интенсификации реакций окисления, т.е. является следствием, а не причиной увеличения скорости горения. Теплопроводность как самостоятельный параметр используется в модели кондуктивного теплопереноса. Для сильно неоднородных сред (губка) имеет смысл говорить лишь об эффективном теплопереносе, поскольку условия, когда можно говорить о кондуктивном переносе тепла, в данном случае не очевидны.

10) д.т.н., **Матвеева Алексея Алексеевича**, заместителя генерального директора по НИР Федерального государственного унитарного предприятия «Федеральный центр двойных технологий "Союз"». В отзыве на автореферат отмечены актуальность, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. Целесообразно было бы оценить влияние катализаторов на температурный коэффициент скорости горения или отразить, что можно в этом плане ожидать.

2. В автореферате не рассматривается вопрос о том, можно ли ожидать, что такой же механизм катализа возможен при горении смесевых систем на основе ПХА, нитрата аммония и др.

11) д.т.н., доцента, **Тыщенко Владимира Александровича**, заведующего кафедрой «Химическая технология переработки нефти и газа» Самарского государственного технического университета. В отзыве на автореферат отмечены актуальность, несомненная научная новизна полученных результатов. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. Как оценивалась дисперсность (размер) частиц сажи, УНТ и введенного катализатора? Как достигалась однородность состава? Возможно ли для введения использование пропитки сажи или УНТ раствором компонентов катализатора (с последующей сушкой).
2. Оказывает ли влияние удельной площади поверхности сажи или УНТ на характеристики процесса горения ЭМ. Оценивал ли автор значения удельной площади поверхности сажи или УНТ.

12) к.т.н., доцента, **Калмыкова Петра Ивановича**, начальника лаборатории Акционерного общества «Федеральный научно-производственный центр «Алтай»». В отзыве отражены актуальность работы, её цель, научная новизна и практическая значимость, охарактеризованы структура и содержание. Отзыв положительный. По работе отмечен ряд замечаний:

1. На стр.4 автореферата в разделе «Научная новизна» совершенно обоснованно утверждается, что «при относительно небольшом (до 4%) количестве катализатора, также как и для БП, нет взаимосвязи между их влиянием на скорость горения и на термическое разложение». Напротив, на стр. 5 автореферата в разделе «Положения, выносимые на защиту», п. 4 утверждается обратное «Установление взаимосвязи между влиянием катализатора на горение и термическое разложение». Очевидно, автор планировал получить эту «взаимосвязь», но, к сожалению, ему это не удалось, что стало впоследствии одним из важных постулатов данной работы.
2. В автореферате на стр. 11 приведенные параметры волны горения по температурному профилю образцов ТНР и ТНФ с добавкой сажи почти не отличаются от параметров, полученных для образцов без сажи. Для подтверждения устойчивости параметров процесса горения для этих и других образцов целесообразно было бы определить температурные градиенты dT/dt и dT/dx от температуры T при различных давлениях.

3. В плане соблюдения терминологии ТЭН относится к нитроэфиром и видимо полное его наименование тетранитратпентаэритрита, а не «тетранитропентаэритрит».

13) д.т.н., **Хименко Людмилы Леонидовны**, заведующего кафедрой «Технология полимерных материалов и порохов» Пермского национального исследовательского политехнического университета. В отзыве на автореферат отмечены актуальность, несомненная научная новизна полученных результатов. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. К сожалению, несомненно новые, новаторские исследования ароматических нитросоединений с катализаторами горения; составы БП с их использованием не защищены патентами РФ.
2. Не приводятся данные о температурном коэффициенте смеси ароматических нитросоединений с катализаторами горения.
3. В автореферате нет данных о наличии актов внедрения результатов диссертационной работы.

14) к.т.н., **Бакешко Артёма Викторовича**, научного сотрудника исследовательского центра проблем химической физики и медицинской химии Российской академии наук. В отзыве на автореферат отмечены важные результаты. Отзыв положительный. По автореферату имеется ряд замечаний:

1. В разделе 3.3 приведены результаты исследований влияния добавок углеродных материалов на эффективность действия катализаторов. Из экспериментальных данных показано, что для каждого вещества и катализатора существует некоторое оптимальное соотношение, при котором скорость горения небольшая. Было бы хорошо свести эти данные в отдельной таблице.
2. В разделе 3.4 указано, что константа начальной скорости принимается постоянной, как получено Кубасовым. Насколько правомерно использовать эту величину для всех исследуемых веществ? Есть ли какие-то ограничения в этом вопросе.

В отзывах указывается, что диссертационная работа Зар Ни Аунга на тему «Закономерности влияния катализаторов на горение энергонасыщенных материалов различного строения, содержащих нитрогруппы» по своей актуальности, научной новизне, практической значимости, достоверности результатов и обоснованности выводов полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И.

Менделеева», утвержденного приказом и.о. ректора от 17 сентября 2021 г. №1523, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Зар Ни Аунг заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

Выбор официальных оппонентов обусловлен областью их научных интересов, наличием большого числа публикаций в ведущих рецензируемых журналах в области химии и технологии высокоэнергетических веществ, что позволило им определить научную и практическую значимость представленной диссертации.

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

- Закономерности влияния катализаторов для всех изученных взрывчатых веществ (ВВ) аналогичны влиянию катализаторов на горение БП и зависят от энергетических характеристик (их состава, температуры и скорости их горения). Так, катализаторы в индивидуальном виде влияют на скорость горения только некоторых исследованных ВВ, имеющих относительно небольшую энергетику и скорость горения. Как и для баллиститных порохов (БП), действие катализаторов значительно увеличивается при добавлении сажи и, особенно, углеродных нанотрубок (УНТ). На горение высокоэнергетических ВВ с повышенной скоростью и температурой горения катализаторы влияют только при введении их совместно с сажой или УНТ. В этом случае эффективность действия катализаторов зависит от соотношения их с сажой или УНТ.
- Комбинированный катализатор (3% салицилата никеля + 1%УНТ) при горении тринитротолуола (ТНТ), тринитрофенола (ТНФ) и тринитрорезорцина (ТНР) увеличивает скорость тепловыделения в зоне сажистого каркаса, на котором происходит накопление частиц катализатора. В результате этого повышается градиент температуры (φ) над поверхностью горения ТНР в $\sim 2,7$ раза, а для ТНФ и ТНТ – в $\sim 1,4$ раза.
- На основании изучения структуры и элементного состава каркаса рассчитан коэффициент теплопроводности каркаса ($\lambda_{\text{каркас}}$) для образцов ТНФ и ТНР с катализатором и УНТ, который значительно (в $\sim 2,4$ и 7 раз, соответственно) выше, чем $\lambda_{\text{каркас}}$ для образца без катализатора. При использовании полученного значения $\lambda_{\text{каркас}}$ рассчитан тепловой баланс к-фазы, из которого следует, что основное количество тепла ($\geq 80\%$), необходимого для распространения горения, поступает в к-фазу из каркаса, т.е. эта зона является ведущей и определяет скорость горения, как это происходит для БП с катализатором.

- Для исследованных образцов ТНТ, ТНФ и ТНР при относительно небольшом количестве катализаторов (до 4%), также как и для БП, нет взаимосвязи между их влиянием на скорость горения и на термическое разложение. Это подтверждает, что катализ при их горении происходит на каркасе, а не в к-фазе. Таким образом, закономерности влияния катализаторов на горение этих ВВ качественно не отличаются от таковых для БП, т.е. катализ происходит лишь при условии формирования на поверхности горения сажистого каркаса, обладающего гораздо большим коэффициентом теплопроводности, на котором интенсивно протекают экзотермические реакции.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что на основании результатов работы соискателя и ранее полученных данных для БП различного состава можно полагать, что катализ горения для всех энергетических материалов (ЭМ), при горении которых тепловыделение происходит в результате окислительно-восстановительных реакций, будет протекать по единому механизму: на поверхности горения должен образоваться сажистый каркас, на котором происходит накопление частиц катализатора, которые повышают скорость тепловыделения, а также обеспечивают более высокую (в 2 и более раз) его теплопроводность по сравнению с газовой зоной. Показано, что эффективность влияния катализаторов определяется образованием каркаса, что зависит от температуры, скорости горения ЭМ и от давления, при котором происходит горение.

Практическая значимость: предложенный механизм катализа горения позволяет более целенаправленно компоновать различные топлива с регулируемой скоростью горения и зависимостью её от давления и начальной температуры заряда. В работе соискателя показана реальная возможность разработки топлив без нитроглицерина, содержащих ~ 30% ТНТ, (в том числе партий ВВ, предназначенных для утилизации) для газогенераторов и ракетных систем, предназначенных для хозяйственных целей. Эти составы имеют низкую зависимость скорости горения от давления (коэффициент $\nu = 0,36 - 0,33$) и низкую себестоимость. Заряды из этих топлив можно получить с использованием вальцевания и проходного прессования.

Результаты диссертационной работы Зар Ни Аунга представляют интерес для широкого круга специалистов, работающих в области катализа горения ЭМ, и могут быть использованы многими другими организациями, занимающихся применением ЭМ. Кроме того, результаты работы могут быть использованы в качестве дополнения в уже существующие учебные дисциплины или при создании новых спецкурсов.

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 (8 статей и тезисов в сборниках конференций);
- Выводы диссертации обоснованы, не вызывают сомнения.

Личный вклад автора состоит в поиске и анализе литературных данных по теме диссертации, участии в постановке цели и задач исследования, в проведении на них экспериментов, в обработке экспериментальных данных, в обобщении результатов и формулировании положений и выводов данной работы. Результаты исследований являются оригинальными и получены лично автором или при его непосредственном участии.

По своему содержанию диссертация соответствует паспорту специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ в части п. 11. Научные основы и закономерности физико-химической технологии и синтеза специальных продуктов.

На заседании «7» сентября 2023 года диссертационный совет принял решение присудить Зар Ни Аунгу ученую степень кандидата технических наук по специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 12 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени 11, против присуждения учёной степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Т.В. Бухаркина

Ученый секретарь диссертационного совета

Р.А. Козловский

