

Заместитель директора-
главного конструктора
ФГУП «СКТБ «Технолог»

доктор технических наук

С.А. Душенюк

«28» марта 2025 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного унитарного предприятия «Специальное конструкторско-технологическое бюро «Технолог» на диссертационную работу Побережной Ульяны Максимовны на тему «Свойства воспламенительных составов на основе пористого кремния», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.12. Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ

Актуальность темы исследования

Проблема замены традиционных инициирующих взрывчатых веществ, содержащих тяжелые металлы, на более безопасные и экологичные альтернативы является важной задачей современной науки и техники. В современной гражданской промышленности остро стоит вопрос минимизации негативного воздействия на окружающую среду, что привело к разработке и внедрению экологически чистых взрывчатых составов (ЭЧВС). ЭЧВС представляют собой класс взрывчатых материалов, специально разработанных для снижения экологического ущерба по сравнению с традиционными взрывчатыми веществами. Несмотря на существующие трудности, связанные с обеспечением необходимой мощности и стабильности ЭЧВС, продолжающиеся исследования и разработки в этой области позволяют создавать более экологически безопасные взрывчатые материалы для применения в различных отраслях промышленности.

С этой точки зрения актуальность диссертационного исследования Побережной Ульяны Максимовны определяется современными требованиями к безопасности, надежности и экологичности воспламенительных составов, применяемых в различных областях техники, включая стрелковое оружие, взрывчатые устройства и ракетно-космическую технику. Разработка новых составов, не содержащих токсичные компоненты и обладающих контролируемой чувствительностью, является важной научно-технической

задачей. Использование пористого кремния в качестве основы для таких составов представляет собой перспективное направление, позволяющее создавать энергонасыщенные композиты с уникальными свойствами.

Научная новизна исследования и полученных результатов

В диссертационной работе Побережной Ульяны Максимовны впервые получены данные по чувствительности воспламенительных составов на основе пористого кремния с различными типами окислителей к механическим, электронно-пучковым и лазерным воздействиям.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой чувствительности исследуемых составов к различным видам инициирующего импульса. Экспериментально подтверждено, что чувствительность воспламенительных составов на основе пористого кремния к механическим воздействиям находится на уровне чувствительности классических инициирующих взрывчатых веществ (ВВ), таких как азид свинца, гремучая ртуть, тринитрорезорцинат свинца, и капсюльного ударного неоржавляющего модернизированного термостойкого состава УНМ-Т ТУ 13104.141-89. Данный факт указывает на возможность обеспечения высокой надежности срабатывания воспламенительных устройств и позволяет рассматривать составы на основе пористого кремния как перспективную альтернативу традиционным ВВ, характеризующимся высокой токсичностью.

Для расширения области применения составов на основе пористого кремния в рецептуры воспламенительных составов введены добавки (многослойный графен, борид ниобия). Экспериментально установлено, что введение данных добавок позволяет значительно повысить чувствительность составов на основе пористого кремния к электронно-пучковому и лазерному воздействиям.

Значимость полученных результатов для развития отрасли

Автор продемонстрировал хорошее знание предметной области, провел анализ литературных данных и сформулировал четкие цели и задачи исследования. Экспериментальные методики, использованные для определения свойств воспламенительных составов, соответствуют современным требованиям и обеспечивают достоверность полученных результатов.

Как было сказано выше, введение добавок в рецептуры составов на основе пористого кремния открывает возможности создания универсальных воспламенительных составов, способных к взрывчатому превращению от различных источников инициирующего импульса (механических, электронно-пучковых, оптических) в зависимости от конкретных требований и условий применения.

Таким образом, результаты диссертационного исследования Побережной Ульяны Максимовны демонстрируют перспективность пористого кремния как основы для разработки нового вида воспламенительных составов, характеризующихся высокой чувствительностью к начальному импульсу, но также надежностью и возможностью контролируемого возбуждения взрывчатого превращения от заданного типа инициирующего воздействия.

Рекомендации по использованию результатов

Дальнейшие исследования, направленные на оптимизацию рецептур составов, структуры пористого кремния и внедрения окислителей, а также на подробное изучение механизмов возбуждения взрывчатого превращения в системе пористый кремний – окислитель, позволят создать экологически чистые и высокоэффективные воспламенительные составы для широкого применения. В частности, разрабатываемые составы могут найти применение в воспламенительных элементах, микроэлектромеханических системах и прочих взрывных устройствах, где требуется надежное и контролируемое срабатывание.

Результаты диссертационной работы Побережной Ульяны Максимовны представляют практический интерес для предприятий гражданской промышленности, а также предприятий ОПК, которые занимаются производством воспламенительных устройств, в том числе на АО «Научно-производственное предприятие «Краснознамёнец», АО «Муромский приборостроительный завод», АО «Новосибирский механический завод «Искра».

Кроме того, результаты работы представляют интерес для высших учебных заведений, где готовят специалистов для ОПК, в частности по направлению подготовки специалитета 18.05.01 «Химическая технология энергонасыщенных материалов и изделий».

Вопросы и замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе имеются следующие вопросы и замечания:

1. Ограниченное рассмотрение влияния морфологии пористого кремния: диссертационная работа не содержит достаточных данных о влиянии размера пор, их распределения на свойства воспламенительных составов. Более глубокое изучение влияния этих параметров могло бы позволить оптимизировать состав и его свойства. Также не приведены сведения о дисперсности пористого кремния (размер частиц, удельная поверхность), использованного при изготовлении экспериментальных составов. Не понятно, по каким соображениям выбирались рецептуры составов (таблица 3.1), т.е. как определялось оптимальное соотношение горючее/окислитель. В тоже время автором дается

ссылка на труды А.В. Долбика, А.А. Ковалевского и пр., в которых данные вопросы достаточно подробно изучены.

2. Автор не дал разъяснений, почему для определения давления, времени и скорости процесса взрывчатого превращения была использована установка, реализующая метод Кольского по методике разрезного стержня Гопкинсона. Данный метод является экспериментальной методикой для исследования динамического поведения материалов при скоростях деформаций порядка $(10^2-10^4) \text{ с}^{-1}$ и не применялся, насколько мне известно, для определения параметров взрывчатого превращения разрабатываемых составов. В то время как для изучения быстропротекающих процессов разложения ВМ существует ряд стандартных, хорошо зарекомендовавших себя методик.

3. В подразделе 3.2 утверждается, что лучшие результаты по чувствительности к механическим воздействиям показал состав № 3, что совершенно не очевидно, учитывая данные таблиц 3.3 и 3.4, где приведены одинаковые значения чувствительности для составов № 1-4. Влияние растворителя на чувствительность составов исследовалось только через определение времени срабатывания, хотя следовало бы провести испытания составов, полученных из разных растворителей, на чувствительность к удару и трению.

4. Замечания по подразделам 3.3-3.4:

- крайне неоднозначны результаты по определению скоростей процесса горения, особенно когда речь идет о составах с перхлоратом бария, где наибольшее значение скорости превышает наименьшее в 12 раз. Возможно, использовавшаяся методика не вполне подходит для такого рода исследований. Данные по скоростям горения для составов на перхлорате натрия также вызывают сомнения, так как изменение содержания окислителя с 50% до 33% должно сказываться гораздо значительнее (ранее уже отмечалось, что принцип подбора рецептуры не раскрыт);

- вывод о том, что пористый кремний может гореть без окислителя, мягко говоря, спорный. По всей видимости, в данном опыте, кремний окисляется кислородом воздуха.

- в диссертационной работе не приведены результаты определения ряда важных эксплуатационных характеристик новых составов. Вероятно, они будут изучены в развитие работы;

- автором не представлено описание каких-либо воспламенительных устройств (макетных или опытных образцов), изготовленных и испытанных с использованием предложенных композиций.

5. Подраздел 3.6, если уж он необходим, логичнее было бы привести в аналитическом обзоре.

