

**ОТЗЫВ**  
официального оппонента  
доктора физико-математических наук Яр-Мухамедовой Гульмиры Шарифовны  
на диссертационную работу **Кожановой Марии Юрьевны**:  
**«Влияние облучения электронами высоких энергий на структуру и  
механические свойства полимерного материала полидициклопентадиена»**,  
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук  
по специальности 1.3.8. **Физика конденсированного состояния**  
(Диссертационный совет 24.2.422.01 при ФГБОУ ВО «Ульяновский  
государственный университет»)

На отзыв представлена диссертационная работа, включающая введение, 4 главы, заключение и список литературы. Работа изложена на 116 страницах машинописного текста, содержит 46 рисунков, список литературы из 103 наименований, а также её автореферат. Объем и структура диссертации и автореферата соответствует общепринятым международным требованиям.

Диссертационная работа М.Ю. Кожановой посвящена исследованию влияния облучения электронами высоких энергий на структуру и свойства материала из полидициклопентадиена. Диссертантом решались задачи проведения радиационной модификации с целью улучшения физико-механических характеристик, а также разработки способа синтеза полидициклопентадиена (ПДЦПД) по polyHIPE-технологии и произвести синтез полимерных материалов.

**Актуальность темы исследования**

Новая концепция получения полимерных материалов, синтезированных методом polyHIPE-технологии, очень сложна и интересна. Отсюда пристальное и тщательное изучение её многими исследователями. Просмотр литературных данных по этому вопросу указывает на изобилие научных источников. Тем не менее, автором установлено, что, несмотря на широкое применение полимеров, сведения о них и о прогнозировании свойств либо весьма ограничены или противоречивы, либо вообще отсутствуют. Это касается исследований прочности образцов из ПДЦПД, синтезированных по RIM-технологии, а также применения облучения электронами высоких энергий для исследования влияния

поглощенной дозы на физико-механические свойства, макро- и микроструктуру полимерного материала полидициклопентадиена.

В связи с этим тема диссертационной работы М.Ю.Кожановой является актуальной.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Детальный и конкретный анализ научной, патентной и технической литературы по получению композиционных покрытий методом механического сплавления позволил М.Ю.Кожановой обосновать направление своих исследований. Ряд научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных ею, вносят определённый вклад в теорию получения полимерных материалов. Так, автором впервые на основании совокупности различных физических методов анализа высказано предположение о том, что механизм формирования полидициклопентадиена при облучении различными дозами в интервале до 100 кГр заключается в образовании поперечных сшивок в материале.

Обоснованность научных результатов и методик обеспечиваются применением в процессе синтеза материалов паспортизованных реагентов; применением независимых методов исследования представленных объектов, в том числе аттестованным методом электронной микроскопии, при помощи современного оборудования. Проведенные исследования логически непротиворечивы и не идут вразрез с известными научными положениями. Основные результаты работы неоднократно докладывались и обсуждались на конференциях различного уровня и были опубликованы в открытой печати. По теме диссертации опубликовано 11 работ, из них 1 статья опубликована в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ и 4 работы опубликованы в журнале индексируемом международной базой данных Scopus. Знакомство с отдельными статьями автора свидетельствуют о том, что все основные положения, выводы и рекомендации достаточно полно отражены в публикациях. Итоги выполненных экспериментальных исследований легли в основу сформулированных в автореферате элементов научной новизны и научных положений, выдвигаемых автором на защиту.

## **Новизна исследования и достоверность полученных результатов**

Отдельные результаты, такие как целенаправленное формирование структурных изменений и заданных физико-механических свойств под воздействием ионизирующего излучения, кинетическая модель модификации структуры полидициклопентадиена с использованием облучения электронами высоких энергий, а также способ определения содержания гель фракции для ПДЦПД, синтезированного по технологии polyHPE, позволяющего установить изменение процента сшитой части до и после облучения материала являются новыми.

Достоверность научных результатов не вызывают сомнения, так как они получены использованием апробированных и хорошо зарекомендовавших себя методик экспериментов, базируются на данных, полученных с применением известных и общепринятых в данной области физических методов исследования (просвечивающей, растровой электронной микроскопии, рентгеноспектрального анализа и др.), объясняются закономерностями физики твёрдого тела и материаловедения. Высокая точность расчётов достигается также использованием в обработке результатов измерений современных вычислительных средств и прикладных компьютерных программ.

Достоверность полученных результатов подтверждается также совпадением некоторых полученных автором результатов с данными, имеющимися в мировой литературе.

Научные положения и результаты диссертации, выносимые на защиту, соответствуют специальности - Физика конденсированного состояния. Полученные результаты диссертационных исследований соответствуют поставленной цели и задачам. Диссертационная работа Кожановой Марии Юрьевны является законченным научным исследованием, содержащим новые данные по изменению физических параметров (прочностных характеристик) полимерного материала в поле ионизирующего излучения на основе анализа экспериментальных данных.

## **Практическая ценность диссертации**

Практическая значимость полученных результатов связана с исследованием прочностных характеристик полидициклопентадиена, радиационно-

модифицированного ускоренными электронами, в зависимости от поглощенной дозы, процентного содержания сшитой в трехмерную сетку полимера (гель фракции) и плотности материала, а также с созданием метода установления процентного содержания экстрагированной доли гель фракции в polyHIPE-ПДЦПД. Разработанная методика позволяет экспериментально определять долю сшитой полимерной структуры.

### **Соответствие содержания автореферата содержанию диссертации**

Содержание автореферата полностью отражает текстовый материал диссертационной работы, полученные в ней научные результаты, основные выводы и приведенные рекомендации. В равное мере ему присуще и приведенное ниже замечание по качеству предоставления материалов по выполненным исследованиям.

### **По диссертации имеются следующие замечания:**

1. Имея обширный экспериментальный материал, соискатель не дает интерпретацию связи увеличения поверхностной пористости образцов polyHIPE-полидициклопентадиена с увеличением деструкции для поглощенной дозы 40 кГр и выше.

2. Автором разработана программа, которая позволяет рассчитать долю поглощённой энергии по глубине материала для определения времени облучения и толщины образцов при известной мощности дозы, однако свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020662899 от 03 ноября 2020 г. в списке литературы отсутствует. Ссылка имеется, на 63 странице 97 источник, но, на данном месте находится совсем другая публикация (Пьянков Г. Н., Мелешевич А. П., Ярмилко Е. Г., Кабакчи А. М., Омельченко С. И. Радиационная модификация полимерных материалов. Киев: Техника, 1969). В некоторых разделах диссертации ссылки на литературу оформлены недостаточно аккуратно.

3. Из содержания работы не ясно, чем обоснован выбор оптимальных параметров способа формирования радиационно-модифицированного ПДЦПД и в чем заключается существенное отличие нового предлагаемого метода от известных. Нет ссылки на патент, описывающий разработанный автором способ и его преимущества и который мог бы послужить основой новой технологии

получения радиационностойких материалов с прогнозируемыми физико-механическими свойствами.

4. Анализируя причины максимального снижения предела прочности на 12% ниже значения для необлученного для образцов, синтезированных по ROMP-технологии, облученных ускоренными электронами в интервале доз 0-0,7 МГр, автор объясняет незначительным преобладанием деструкции над сшивкой. Однако обработка экспериментальных результатов с применением математического аппарата бы намного убедительней.

5. Соискатель приводит результаты исследования пористости образцов из ПДЦПД до и после облучения дозами от 10 до 80 кГр, выдвигая гипотезы о том, что при дозах до 10 кГр преобладают реакции деструкции, приводящие к низкому содержанию золь фракции, а дальнейшее увеличение дозы облучения приводит к преобладанию радиационного сшивания над деструкцией. Однако обоснование предположений на основе законов физики твёрдого тела и материаловедения было бы интересным в научном плане.

6. Констатируя факт, что при облучении дозой 40 кГр значения предела прочности, модуля упругости и максимального напряжения имеют наибольшие значения автор не раскрывает механизмы и закономерности этого явления. Выявление причин и научное обоснование неоднозначного влияния дозы облучения на физико-механические свойства было бы ценным вкладом в теорию создания полимерных материалов с заданными функциональными свойствами.

7. Из диссертационной работы не ясно, как рассчитана погрешность механических испытаний, не указано, сколько образцов, облучённых одинаковой дозой, были подвергнуты механическим испытаниям. В некоторых местах не указаны страницы при повторной ссылке на литературу (стр. 13, 34, 36 и др.), имеются стилистические и грамматические ошибки.

Отмеченные недостатки снижают качество исследований, но они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

### **Заключение**

Диссертационная работа Кожановой М.Ю. выполнена на высоком научно-техническом уровне и представляет собой законченную самостоятельную научно-квалификационную исследовательскую работу, в которой получено новое

решение актуальной научно-прикладной задачи, имеющей важную практическую значимость.

Считаю, что диссертационная работа Кожановой Марии Юрьевны удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г., №842, а её автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,  
доктор физико-математических наук,  
профессор кафедры физики твёрдого  
тела и нелинейной физики  
Некоммерческое акционерное  
общество «Казахский национальный  
университет имени Аль Фараби»

Ч. Жарыл/Яр-Мухамедова Гульмира Шарифовна

06

12

2021 г.

**РАСТАЙМЫН**



**Сведения об оппоненте:**

Яр-Мухамедова Гульмира Шарифовна,  
доктор физико-математических наук, профессор  
Специальность 01.04.07 – Физика конденсированного состояния  
Телефон: +77014847494  
e-mail: gulmira-alma-ata@mail.ru  
Адрес: 050038 Алматы, Республика Казахстан, пр. аль-Фараби, 71

Место работы: Казахский национальный университет им. Аль Фараби

Должность: профессор кафедры физики твёрдого тела и нелинейной физики