

В диссертационный совет 24.2.385.01,
созданный на базе ФГБОУ ВО
«Санкт-Петербургский
государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
191186, г. Санкт-Петербург,
ул. Большая Морская, д. 18

ОТЗЫВ

на диссертацию Марценюка Вадима Владимировича
«Разработка непрерывно- и дисперсно-наполненных композитов с
фторполимерными матрицами для создания газодиффузионных слоёв
водородных топливных элементов», представленную на соискание учёной
степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. «Технология и
переработка синтетических и природных полимеров и композитов»

Углеродные композиционные материалы (КМ) широко используются во
разных отраслях промышленности. Одним из важных направлений
применения углеродных КМ является водородная энергетика, где необходимы
термо-, хемостойкие и токопроводящие свойства. В работе Марценюка В.В.
разработана новая более экономически выгодная технология получения
газодиффузионных слоев (ГДС) для водородных топливных элементов на
основе отечественного сырья. Уменьшение количества стадий производства в
два раза по сравнению с зарубежными аналогами делает разработку
конкурентоспособной на мировом рынке. Импортзамещающая технология
позволит решить проблему дефицита комплектующих для топливных
элементов в стране. С этой точки зрения определяется **актуальность**
диссертационной работы Марценюка В.В.

В зависимости от типа матрицы различают ГДС с углерод-углеродной
или углерод-полимерной (УПГДС) структурами. Технология УПГДС является
менее ресурсо- и энергозатратной, так как при получении таких КМ
исключаются стадии высокотемпературной термообработки (карбонизация и
графитация термореактивного полимера), а образование высокопористой,
токопроводящей структуры происходит на стадии формирования углеродной
основы. При этом стадии пропитки связующим и гидрофобизации в случае
использования фторполимеров совмещены, что позволяет сократить
количество технологических операций.

Диссертационная работа написана традиционно, состоит из введения,
обзора литературы, методической части, включающей описание объектов и
методов исследования, 3-х глав с результатами и их обсуждением, заключения
и приложений. Работа изложена на 200 страницах, содержит 74 рисунка, 30
таблиц, список литературы включает 291 источник.

Во введении изложено обоснование актуальности темы диссертационного исследования, сформулирована цель и аргументирована научная новизна исследований, представлены положения, выносимые на защиту, показана практическая значимость полученных результатов.

В первой главе выполнен глубокий обзор литературы, охватывающий как фундаментальные работы и монографии, так и современные статьи отечественных и зарубежных авторов. В обзоре литературы приведены и подробно рассмотрены материалы и технологии создания композиционных материалов с углерод-углеродной и углерод-полимерной структурой, которые применяются в настоящее время в водородных топливных элементах.

Во второй главе описаны объекты и методы исследования. Представлены свойства выбранных углеродных волокнистых непрерывных наполнителей в виде ткани, нетканого материала и бумаги, а также дисперсных наполнителей и фторполимерных связующих.

В третьей главе приведены основные результаты и их обсуждение, посвященные разработке непрерывно-наполненных углерод-полимерных композитов с фторполимерными матрицами. Подробно исследованы свойства углеродных волокнистых материалов их структурные и электрофизические характеристики. Определены технологические параметры для двух технологических схем получения УПГДС: из углеродных непрерывных наполнителей и фторполимерных связующих и с применением комбинированного наполнителя, состоящего из углеродного непрерывного наполнителя и дисперсного углеродного наполнителя (ТУ или УНТ).

В четвертой главе описана разработка дисперсно-наполненных углерод-полимерных композитов с фторполимерной матрицей – микропористых слоёв (МПС) для газодиффузионных слоёв. На основании полученных данных автором предложено оптимальное соотношение компонентов МПС: углеродная дисперсия – 5-6%, водная суспензия фторполимера – 11-12% и вода – 84%. Аргументированно обоснован оптимальный состав углеродной составляющей пасты: соотношение ТУ:УНТ (85:15)

В пятой главе исследованы вольт-амперные характеристики углерод-полимерных ГДС для оценки пригодности использования в топливном элементе с протонообменной мембраной (ПОМТЭ). Анализ полученных данных показал, что введение дисперсных углеродных наполнителей в фторопластовую матрицу УПГДС приводит к повышению удельной мощности мембранно-электродного блока, что является следствием применения комбинированного наполнителя.

Основными научными результатами работы можно считать:

- экспериментально установленную и научно обоснованную совокупность факторов: тип волокнистого углеродного наполнителя, химическая природа фторполимера, его содержание в композите и способ нанесения, позволяющих получать композиционный материал с необходимыми свойствами для применения в качестве углерод-полимерного ГДС, исключив стадии карбонизации и графитации;

- выявленный экстремальный характер зависимости общей пористости композиционных материалов на основе тканого углеродного наполнителя от содержания в них фторполимеров с максимумом при 15 масс %;

- экспериментально доказано, что высокая гидрофобность композитов при сохранении электропроводящих свойств углеродной волокнистой основы обеспечивается формированием на поверхности углеродных филаментов шаровидных наночастиц фторполимера, объединенных за счёт термического спекания.

Теоретическая значимость работы состоит в развитии представлений о механизме увеличения общей пористости УПКМ на основе тканых структур за счёт введения строго определенного количества фторполимерного связующего при формировании композита, а также в обосновании механизма повышения гидрофобности при использовании в качестве связующего полностью фторполимера при сохранении электропроводящих свойств композита.

Практическая значимость заключается в применении новых подходов к получению КМ с фторполимерными матрицами. Разработанная технология УПГДС для водородных ПОМТЭ является ресурсосберегающей и импортозамещающей благодаря отсутствию стадий высокотемпературной обработки матрицы, при сохранении характеристик на уровне мировых аналогов и для изготовления композитов используется только отечественное сырьё и оборудование. Отработана технология получения настилов из резаных углеродных волокон методом аэродинамического формования, обеспечивающая изготовление бумаг с фторполимерными матрицами. Получены 3 акта внедрения о наработке в промышленных условиях разработанных УПГДС. Новизна подтверждена патентом Российской Федерации на изобретение № 2804329 от 04.07.2022 г. «Способ получения углеродного волокнистого электропроводящего материала и материал на его основе» и грантом Фонда содействия инновациям от 26.12.2022 г. по теме: «Разработка газодиффузионных электродов на основе углерод-полимерных композитов для топливных элементов водородной энергетики».

Общая оценка работы: Диссертационная работа Марценюка Вадима Владимировича «Разработка непрерывно- и дисперсно-наполненных композитов с фторполимерными матрицами для создания газодиффузионных слоёв водородных топливных элементов» представляет собой законченное исследование, выполнена на высоком научном уровне, с применением современных методов анализа, основные результаты, полученные в ходе исследования, изложены в 3-х статьях в журналах, входящих в международные базы данных Scopus и Web of Science, в 3-х статьях в журналах, входящих в Перечень ВАК, в 1-й статье в журнале, индексируемом в РИНЦ, в 6-ти тезисах в сборниках материалов международных и всероссийских конференций, получены 3 акта внедрения и 1 патент Российской Федерации на изобретение.

Автореферат диссертации полностью отражает содержание диссертации.

При прочтении работы возникли следующие замечания и вопросы:

1) На рис. 2.1 (с.58) приведены не схемы, а формулы элементарных звеньев использованных в работе полимеров, которые указаны неверно - в элементарном звене этих полимеров не может быть двойной связи. Фторполимер ФП-3 – это фторопласт Ф-42В представляет собой сополимер тетрафторэтилена и винилиденфторида, а не этилена как указано в формуле. Для фторопласта Ф-4Д в таблице 2.4 в качестве растворителя ошибочно указана вода.

2) Применяемые в работе полимеры получают не фторированием, а полимеризацией соответствующих мономеров, поэтому использование термина «частично фторированный полимер» или «полностью фторированный» не совсем корректно.

3) На рис.3.22 (с.91) приведены фотографии волокон, толщина которых как описывает автор отличается на 0,3 мм, но визуально это различие составляет почти 2 раза.

4) На с. 126 и 128 указано, что для удаления ПАВ требуется отжиг при повышенной температуре, однако в составе пасты для формирования микропористого слоя ПАВ не указан.

6) Требуется уточнение описания метода «капельной пропитки».

7) Не очень удачно, на мой взгляд, использованы термины «поверхностная» и «объемная» гидрофобность. Обычно эти определения применяют для характеристики поверхностной и объемной модификации, которая отражает место расположения гидрофобизатора. В данной работе фторполимер, выступая в роли связующего, распределяется в объеме материала. А краевой угол и водоупорность характеризуют водоотталкивающие свойства материала, и при поверхностной модификации материал может обладать водоупорностью.

Указанные замечания не снижают научную значимость работы и ее оценку.

Диссертационная работа Марценюка В.В. «Разработка непрерывно- и дисперсно-наполненных композитов с фторполимерными матрицами для создания газодиффузионных слоёв водородных топливных элементов» по актуальности, научной новизне, практической и технической значимости, объему проведенных исследований и уровню научных результатов отвечает требованиям ВАК Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Работа соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями и дополнениями) и паспорту специальности 2.6.11 «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов», так как в исследовании представлены научно обоснованные и готовые к применению технологии получения углерод-полимерных

композитов с заданной структурой. Их практическая значимость заключается в создании импортонезависимых газодиффузионных слоёв, что является ключевым условием для развития отечественного производства водородных топливных элементов, а сам автор диссертационной работы Марценюк В.В. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов».

Редина Людмила Васильевна
Доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры химии и
технологии полимерных материалов
и нанокompозитов

_____/Редина Л.В./

«26 февраля 2026 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Российский государственный университет имени А.Н.
Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

Адрес: 119071 г. Москва, ул. Малая Калужская, д. 1

Тел.: +7 (495) 811-01-01

Электронная почта: info@rguk.ru

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
ТЕХНОЛОГИИ, ДИЗАЙНА И ИСКУССТВА

на Редина Л.В.

Зав,

При

квалификации

кадров Высшей
технологической школы
Александр Викторович

Я, Редина Людмила Васильевна, даю своё согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.