



**АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ИНСТИТУТ ПЛАСТМАСС ИМЕНИ Г.С. ПЕТРОВА»
(АО «ИНСТИТУТ ПЛАСТМАСС»)**

111024, Российская Федерация
г. Москва, Перовский проезд, д.35
<http://instplast.ru>

Тел./факс: (495) 600-06-00, 600-07-67
E-mail: dir@instplast.ru
info@instplast.ru

№ _____ от _____ 202 г.

На Ваш № _____ от _____ 202 г.

УТВЕРЖДАЮ:

Генеральный директор

АО «Институт пластмасс», д-р. экон. наук



_____ А.Б. Чиркин

« _____ » _____ 2025 г.

Отзыв

ведущей организации АО «Институт пластмасс» на диссертационную работу Романовой Юлии Сергеевны на тему «Разработка сепарационного нетканого материала для производства щелочных аккумуляторов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

Актуальность темы диссертации.

Одной из областей применения полимерных нетканых материалов, полученных методом электроформования волокон (ЭФВ), является производство на их основе сепараторов химических источников тока (ХИТ), в частности щелочных аккумуляторов, речь о которых идет в диссертационной работе Романовой Ю.С.

Рассматривая производство сепараторов в исторической ретроспективе, автор работы упоминает полиамидные ткани, щелочестойкую бумагу, гидратцеллюлозные пленки и более подробно рассматривает фильтр – материалы (фильтры Петрянова (ФП)) на основе волокна из перхлорвинила (ПХВ), известные как ФПП-20С и ФПП-10СГ. Эти материалы, разработанные в СССР, долгое время на безальтернативной основе применяли для производства щелочных аккумуляторов, которые имели удовлетворительные

электрохимические характеристики и обеспечивали надежную сохранность заряда устройств в течение 6-10 лет.

Сложившиеся в настоящее время трудности с синтезом ПХВ, а также новые требования, выдвигаемые к современным ХИТ, такие как работоспособность в условиях термических перегрузок, повышенная устойчивость к действию электролита, сохранность заряда в течение 15 лет и др. вызывает необходимость поиска нового полимерного сырья и технологических приемов его переработки для создания высокофункциональных сепарационных материалов типа ФП.

Именно на решение этой задачи направлена рассматриваемая работа, целью которой является разработка научно – обоснованных подходов и технологических решений к проектированию и получению нетканых материалов на основе полисульфонов для сепараторов щелочных аккумуляторов.

Детальная проработка литературы, включающей теоретические закономерности электроформования волокон, отраженные в работах Б.Ф Садовского, А.К. Будыки, Ю.Н. Филатова, И.Ю. Филатова и др., а также особенности электрохимических процессов, лежащих в основе работы сепараторов химических источников тока, позволили автору работы грамотно поставить и решить ряд научных задач, среди которых анализ структуры и функциональных свойств, серийно выпускаемых нетканых сепарационных материалов для щелочных аккумуляторов с выявлением их преимуществ и недостатков; разработка структурной модели сепарационного материала, обеспечивающей решение компромиссных задач сочетания в сепараторе высокой проницаемости по электролиту, низкого гидродинамического сопротивления в порах, высокой прочности и щелочестойкости, а также препятствия росту дендритов; разработка составов растворов на основе полисульфонов различных марок и определение технологических параметры процесса их электроформования, влияющие на производительность волокнообразования и средний оптический диаметр волокон; разработка новых технологических приемов получения волокон и постобработки нетканых материалов методом каландрования.

Выбор в качестве объектов исследования полисульфонов различных марок, позволил автору, с одной стороны, выявить общие закономерности их переработки через растворы, включая выбор растворителей для стабильного процесса ЭФВ и получения волокон регулируемого диаметра, а с другой остановиться на марках полимера, более эффективных с точки зрения обеспечения производительности процесса волокнообразования.

Решение поставленных задач было реализовано Романовой Ю.С с применением большого набора методов исследований, среди которых: реологические, с использованием вискозиметров Гепплера и Rheotest-2; определение электропроводности на кондуктометре Эксперт-002; определение среднего оптического диаметра волокон и анализ структуры нетканых материалов методом СЭМ при помощи микроскопа HitachiTM-1000; определение диаметра средней поры пузырьковым методом на поромере Coulter Poromer; оценка аэродинамического сопротивления в порах сепаратора с применением оригинальной установки; разрывной длины и относительного удлинения (разрывная машина РМ-3-1); оценка электрического сопротивления сепаратора внутри специальной ячейки, погруженной в раствор электролита и др.

Все вышесказанное позволило автору получить результаты, характеризующиеся **научной новизной**:

– предложены научно-обоснованные подходы и технологические решения к проектированию и получению нетканых материалов на основе полисульфонов для сепараторов щелочных аккумуляторов, включающие разработку составов прядильных растворов, технологических параметров процессов электрокапиллярного и электроаэродинамического формования микро- и нановолокон для получение трехслойных полуфабрикатов с их последующей постобработкой методом каландрования;

– предложена научно-обоснованная послойная структурная модель сепарационного материала на основе полисульфона, состоящего из двух внешних мембран с диаметром волокон от 1 до 4 мкм и внутреннего слоя с диаметром волокон 0,1-0,4 мкм, обеспечивающая решение компромиссной задачи сочетания в сепараторе высокой проницаемости по электролиту, низкого гидродинамического сопротивления в порах, высокой прочности и щелочестойкости, а также препятствие росту дендритов;

– разработана альтернативная технология постобработки нетканого полуфабриката методом каландрования с применением рифлёных валов и обоснован механизм скрепления слоев композиционного материала, содержащего остаточный растворитель (3–5%мас), в основе которого «подрастворение» волокон с образованием в местах их зацеплений адгезионных пленочных контактов;

– установлено влияние дополнительной гидрофилизации на получение нетканых сепарационных материалов на основе полисульфонов, имеющих минимальное электрическое сопротивление по электролиту в порах за счет высокой поверхностной проводимости, и обладающих необходимой химической стойкостью к воздействию водных растворов щелочи.

Достоверность результатов. Научные положения и выводы рассматриваемой диссертации Романовой Ю.С. логично и корректно представлены с позиций технологии переработки полимеров из растворов методом ЭФВ. Новизна исследования подтверждается полученными оригинальными результатами. Достоверность полученных результатов, сделанных на их основе выводов и практических рекомендаций не вызывает сомнений, поскольку основывается на большом объеме экспериментальных данных.

Содержание и оформление диссертации. Диссертационная работа Романовой Ю.С. имеет традиционную структуру и состоит из введения, четырех глав, заключения по работе, списка литературы и приложений. Работа изложена на 127 страницах машинописного текста, содержит 63 рисунка, 24 таблиц. Список литературы включает 127 библиографических и электронных источников. Приложение представлено на 2-ух страницах.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи работы, положения, выносимые на защиту, научная новизна и практическая значимость, описан личный вклад автора, апробация результатов исследований, приведено количество публикаций, структура и объем работы.

В Главе 1 представлен обзор научной и патентной литературы, посвященный нетканым сепарационным материалам для производства ХИТ. Описаны виды сепарационных материалов и принцип их работы. Показано применение метода электроформования волокон для получения сепарационных материалов типа ФП. Сформулированы требования к нетканым сепарационным материалам для щелочных аккумуляторов. Рассмотрены виды постобработки сепараторов. Поставлены задачи исследований.

В Главе 2 представлены объекты исследования, а также описаны методы исследования, включая специфические, необходимые для оценки работоспособности сепарационных материалов в реальных условиях эксплуатации под воздействием электролита и газообразного кислорода.

В Главе 3 приведены результаты сравнительного анализа структуры и показателей свойств серийно выпускаемых нетканых материалов для сепараторов щелочных аккумуляторов на основе ПХВ, хлорированного полиэтилена (ХПЭ) и полисульфона марки ПСК-1. На основании исследований показателей физико-механических свойств нетканых материалов до и после процесса постобработки методом холодного прессования по совокупности с анализом щелочевпитываемости сделан вывод, что прямая замена ПХВ на ХПЭ и ПСФ приводит к получению

материалов с более низкими показателями физико-механических свойств и требует дополнительных исследований по выбору марок устойчивых к действию электролита и обеспечивающих высокие прочностные показатели, а также дающие возможность получения на их основе сепараторов с требуемой морфологией и характеристиками пористости.

В этой же Главе автор обосновывает выбор марок полисульфонов и растворителей для их переработки через растворы, ориентируясь на возможность обеспечения стабильного волокнообразования и получения волокон определенного диаметра за счет варьирования состава смесового растворителя дихлорэтан (ДХЭ)-циклогексанон (ЦГН), а также принимая во внимание производительность процесса ЭФВ.

В Главе 4 Автор обосновывает концепцию создания трехслойного сепарационного материала, которую реализовывает с использованием ПСФ марки Udel P-3500 LCD, получая материал, состоящий из внешних слоев на основе микроволокон со средним диаметром 1,4 мкм и поверхностной плотностью 11 г/м², сформированных из 15% раствора ПСФ в ДХЭ и внутреннего слоя из волокон со средним диаметром 0,4 мкм и поверхностной плотностью 6 г/м², полученного из 10% раствора ПСФ в смеси ЦГН и ДХЭ в соотношении 50:50 об.%. В этой же Главе диссертант предлагает и доказывает целесообразность применения для формирования внутреннего слоя сепарационных материалов высокопроизводительного электроаэродинамического метода, с последующим скреплением внешних и внутреннего слоев методом горячего каландрования с применением рифленых валов, что является новым техническим решением, направленным на усиление эффекта скрепления слоев материала, в основе которого «подрастворение» волокон в точках контакта, образование дополнительных связей и повышение межслойной адгезии за счет содержания в полуфабрикате остаточного растворителя (порядка 5%).

По совокупности проведенных исследований Романовой Ю.С. в ООО «ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЯ» выпущена опытная партия нетканых сепарационных материалов, которая после гидрофилизации ПАВ, испытана по ускоренной методике в электрохимической ячейке. Полученные результаты свидетельствуют, что разработанный сепарационный материал по своим основным структурным характеристикам, таким как толщина, поверхностная плотность, средний диаметр пор, не уступает материалу ФПП-10С, а по своим функциональным характеристикам – электросопротивлению в порах и щелочевпитываемости превосходит прототип.

Несмотря на общую положительную оценку диссертационной работы по ней возникли следующие вопросы и замечания:

1. Не понятно, почему в Главе 3 настоящей работы для проведения предварительных экспериментов использован полисульфон марки ПСК -1, которая, как правило, используется для модификации эпоксидных смол, а во всех последующих Главах фигурируют другие марки ПСФ-150 (литьевая), Udel P-3500 (мембранная), ПСБ-230? Следует отметить, что некорректно проводить сравнение марок полисульфона ПСФ-150 (АО «Институт пластмасс») и Udel P-3500 (LLC Solvay Advanced Polymers NT LCD). Марке Udel P-3500 по молекулярно-массовым характеристикам соответствует марка ПСФ-150-В (АО «Институт пластмасс»), а марка ПСФ-150 – это аналог Udel P-1700.

2. Чем можно объяснить отсутствие корреляции между численными значениями параметров растворимости растворителей, определяемых расчетным путем и истинной картиной растворимости, наблюдаемой в работе?

3. В чем заключается преимущество электроаэродинамического метода формования волокон по сравнению с электрокапиллярным? И почему он был применен только для формирования внутренних слоев сепарационного материала?

4. Можно ли спрогнозировать бесперебойный срок эксплуатации аккумуляторов, оснащенных разработанными Вами материалами?

5. Как вы оцениваете перспективы и возможность полномасштабного внедрения, разработанной вами технологии и разработанных вами материалов?

Все сделанные замечания носят не принципиальный характер и не снижают высокую оценку диссертационной работы.

Автореферат диссертации и опубликованные работы в полной мере отражают содержание диссертации. По материалам диссертации опубликовано 10 печатных работах, 5 из которых – в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 3 публикации включены в международную базу цитирования Web of Science и Scopus.

В целом постановка работы, проведенные исследования с использованием различных методов структурного и химического анализа полимерных материалов, а также полученные результаты полностью удовлетворяют паспорту научной специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, в части п.3 Физико-химические основы процессов, происходящих в материалах на стадии изготовления изделий, а также их последующей обработки, в процессе эксплуатации; и п.6 Полимерное материаловедение; методы прогнозирования

и прототипирования; разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры синтетических полимерных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств.

Таким образом, диссертационная работа Романовой Юлии Сергеевны «Разработка сепарационного нетканого материала для производства щелочных аккумуляторов» является научно-квалификационной работой, в которой на основании проведенных комплексных исследований решена научно-технологическая задача по созданию усовершенствованной технологии получения высокоэффективных, ресурсоспособных полимерных нетканых сепарационных материалов для щелочных аккумуляторов, что вносит существенный вклад в развитие технологии получения полимерных материалов с комплексом уникальных свойств и обеспечивает технологический суверенитет страны.

Диссертация полностью отвечает требованиям пунктов 9-11, 13, 14 Постановления Правительства РФ «О порядке присуждения учёных степеней» № 842 от 24 сентября 2013 г. в редакции с изменениями, утвержденными Постановлением Правительства РФ от 1 октября 2018 года №1168, а её автор Романова Юлия Сергеевна заслуживает присуждение ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

Диссертация и отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании НТС, протокол №2 от 10.03.2025 г.

Доктор технических наук,
(специальность 05.17.06 -Технология и
переработка полимеров и композитов)
Первый заместитель генерального
директора Акционерного Общества
«Институт пластмасс имени Г.С.
Петрова»

Сведения о ведущей организации:
АО «Институт пластмасс»
Адрес: 111024, Москва, Перовский
проезд, д.35.

Общая почта info@instplast.ru;
iuzolkina@instplast.ru
сайт: www.instplast.ru
Телефон: + 7 (495) 600-06-00



Андреева Татьяна Ивановна
« 14 » 03 2025 г.

Подпись Т.И. Андреевой заверяю:
Начальник отдела кадров



Е.Б. Шлык
« 03 » 03 2025 г.