

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Шумской В.Ю.
«Повышение эффективности волокнисто-пористых многослойных полимерных
фильтроматериалов для газотранспортного оборудования», представленной на
соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности
05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертация Шумской В.Ю. посвящена установлению закономерностей влияния пористой структуры волокнисто-пористых материалов (ВПМ) и межфазного взаимодействия с жидкой фазой на фильтрующие свойства многослойных композиционных волокнисто-пористых систем из разнородных полимеров и разработке на этой основе высокоэффективных фильтроэлементов с низким гидравлическим сопротивлением. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.16.09 – *Материаловедение (машиностроение)* (п. 1. Закономерности формирования структуры материалов с заданным комплексом эксплуатационных характеристик в зависимости от их состава, а также при различных воздействиях; п. 4. Разработка физико-химических и физико-механических основ процессов формирования новых материалов с уникальными комплексами свойств; п. 6. Современные методы исследования макро-, микро- и субмикроструктуры материалов, заготовок и деталей; методы испытания эксплуатационных свойств материалов на образцах и изделиях). В соответствии с паспортом указанной специальности диссертация соответствует *отрасли технических наук*.

Актуальность темы диссертации

К одной из основных областей использования волокнистых полимерных материалов (ВПМ) относятся газовые фильтры и фильтры-сепараторы, которые являются неотъемлемой частью газоперекачивающих агрегатов, газовых турбин и компрессоров, используемых при добыче и транспортировке природного газа. В настоящее время к наиболее актуальным и перспективным относят многослойные композиционные полимерные волокнисто-пористые системы, позволяющие за счет особенностей пористой структуры и взаимодействия с жидкой фазой осуществлять эффективное разделение газожидкостных потоков. В работе Шумской В.Ю. разработаны и исследованы многослойные ВПМ, слои которых изготовлены по различным технологиям – melt-blowing (аэродинамическое распыление расплава) полипропилена и газодинамической вытяжки фторполимера. Наличие в фильтроэлементе нескольких слоев или типов ВПМ позволяет обеспечить их взаимодополняющую роль и требуемую степень очистки газовых потоков. Актуальность тематики диссертации

подтверждена также соответствием перечню приоритетных направлений научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 годы (Указ Президента Республики Беларусь 07.05.2020 № 156) в области машиностроительных технологий, приборостроения и инновационных материалов.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Автором исследовано влияние пористой структуры волокнистого материала и его межфазного взаимодействия с капельным аэрозолем на фильтрующие свойства ВПМ и установлены закономерности отделения жидкости от газа в поровой системе композиционных многослойных фильтроэлементов. На мой взгляд, к числу наиболее важных научных результатов, характеризующихся новизной, можно отнести следующие:

1. Концепция создания многослойной фильтрующей среды из разнородных полимерных волокнисто-пористых материалов, предполагающая формирование градиентов пористости по толщине фильтра и обеспечивающая оптимальную последовательность процессов коалесценции, насыщения и дренажа, что позволяет снизить гидравлическое сопротивление фильтра при сопоставимой эффективности фильтрации в сравнении с аналогами.

2. Результаты экспериментальных исследований, свидетельствующие, что при расположении фильтроматериалов в многослойных волокнисто-пористых системах по ходу газожидкостного потока в соответствии с уменьшением их межфазного взаимодействия с жидкостью аэрозоля, обеспечивается сохранение показателей эффективности фильтрации при перепаде давления в 2 раза меньшем по сравнению с их обратным расположением.

3. Теоретическая модель дренажа, рассматривающая стекание по внешней поверхности волокнистого образца и фильтрацию в объеме ВПМ, связывающая уменьшение массы жидкости в образце во времени с коэффициентом фильтрации, что позволяет оценивать возможность его применения в качестве дренажного слоя для конкретного вида жидкости.

Обоснованность и достоверность основных результатов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Сформулированные в диссертационной работе научные выводы и практические рекомендации подтверждаются комплексным применением современных методов исследования структуры и фильтрационных свойств ВПМ, а также разработанными на уровне изобретений многослойными ВПМ и способами их получения. Эффективность разработанных материалов подтверждена их успешной апробацией в составе газотранспортного

оборудования на ряде промышленных предприятий Беларуси. Это свидетельствует об обоснованности и достоверности предложенной в работе концепции создания многослойной фильтрующей среды из различных полимерных волокнисто-пористых материалов.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертационной работы Шумской В.Ю. заключается в установлении закономерностей влияния пористой структуры ВПМ и межфазного взаимодействия с жидкой фазой на фильтрующие свойства многослойных композиционных волокнисто-пористых систем из разнородных полимеров.

Практическая значимость работы состоит в использовании установленных закономерностей для разработки высокоэффективных фильтроэлементов с низким гидравлическим сопротивлением и их применении на таких предприятиях Беларуси и России, как ПО Белоруснефть, Газпром, концерн «Белнефтехим» и др. Практическая значимость подтверждена актами внедрения результатов работы.

Экономическая и социальная значимость заключается в разработке на уровне изобретений новых материалов и методов, закрепляющих приоритет белорусских ученых в изучении новых ВПМ и их эффективном использовании в газотранспортной отрасли Республики Беларусь.

Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертационной работы Шумской В.Ю. опубликованы в 26 научных работах, из них: 5 статей в журналах, включенных в перечень научных изданий ВАК; 4 статьи в сборниках материалов конференций; 13 тезисов докладов на конференциях; 1 патент РФ, 2 заявки на изобретение РБ; 1 нормативно-технический документ (ТУ). По степени опубликованности результатов диссертация отвечает требованиям ВАК.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертация Шумской В.Ю. является законченной научно-исследовательской работой, которая выполнена автором самостоятельно, а по объему и содержанию соответствует требованиям п. п. 20, 24, 26 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 166 страниц, в том числе 71 рисунков на 34 страницах и

33 таблицы на 9 страницах, список использованных источников из 129 наименований на 10 стр., список опубликованных работ автора из 26 наименований на 4 стр., 12 приложений на 14 страницах. Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, материал диссертации изложен логично, без существенных погрешностей, затрудняющих чтение рукописи. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертации и автореферату

При рассмотрении диссертации и автореферата не выявлено принципиальных недостатков, которые могли бы вызвать сомнение в достоверности научных выводов и положений, вынесенных на защиту. Тем не менее имеется ряд замечаний и вопросов.

1. С. 62. Не понятно, как из закона Пуазейля (связывает расход жидкости через трубу с перепадом давления на её концах при заданных вязкости жидкости и геометрических размерах трубы) получено соотношение $\frac{r^2}{d^2} \leq \frac{R^2}{2D^2}$,

где D и R – средний диаметр пор и радиус волокон стекlobумаги, а d и r – средние значения параметров разрабатываемых материалов в двухслойной комбинации. И отсюда были определены средний радиус волокон 2,5–3,5 мкм и средний диаметр пор 20–35 мкм разрабатываемых материалов, с которыми затем совпали экспериментальные данные.

2. С. 82. Не понятно, почему при увеличении давления каландрования до 1 МПа размер всех пор уменьшается, а при увеличении давления до 1,5 МПа – увеличивается. Объяснение (с. 83), что «причиной является увеличение расстояния между волокнами за счет их сдвига в плоскости образца», не выглядит убедительным.

3. На с. 113 путаница в обозначениях и самих величинах, начиная с формулы (4.4). Во-первых, с учетом закона Бойля-Мариотта ($PV = \text{const}$) используем расход газа (а не производительность!) $Q = V/t$ (м³/ч или л/с). Во-вторых, что означает строка после формулы (4.4): «где P_1, P_2 – давление газа при 1 атм. и 200 атм. соответственно, МПа»? Видимо, правильно будет $P_1 = 220$ атм., $P_2 = 200$ атм., тогда в формуле (4.5) $Q_1 = 1$ л/с при $P_1 = 220$ атм. В-третьих, надо быть последовательным и указать, что в формуле (4.6) использован закон Гей-Люссака ($V/T = \text{const}$), а $Q = Vt$. Кроме того, следовало бы указать, что в формуле (4.7) в качестве Q_1 используется значение $Q_2 = 1,1$ л/с, иначе численные величины Q_2 в формулах (4.5) и (4.7) отличаются.

4. В ряде случаев встречаются неточности при описании графиков и в обозначениях, например:

– на рис. 3.12 и 3.14 время по оси абсцисс на графике указано в кс, а в объяснении (с. 72) – в мин., приходится переводить в уме кс в мин. Хотя на другом рисунке (3.18) время по оси абсцисс указано в мин;

– на с. 84 обсуждается перепад давления на ВПС двух комбинаций («МБ+Гр» и «Гр+МБ») от времени подпрессовки. Отмечено различие в ходе графиков. Однако, судя по рис. 3.18, для обоих случаев наблюдается общая тенденция: вначале небольшой рост и затем стабилизация ΔP .

Однако указанные недостатки не ставят под сомнение научную и практическую значимость диссертационной работы Шумской В.Ю.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Изложенный в диссертации материал, а также опубликованные печатные работы свидетельствуют о способности соискателя к творческой научно-исследовательской работе – от постановки задач до практического использования полученных результатов, что в итоге позволило ей внести существенный вклад в развитие одного из актуальных направлений научных исследований в области **материаловедения (машиностроение)** – установление новых закономерностей влияния пористой структуры ВПМ и межфазного взаимодействия с жидкой фазой на фильтрующие свойства многослойных композиционных волокнисто-пористых систем из разнородных полимеров.

Это дает основание считать, что научная квалификация соискателя в полной мере соответствует ученой степени кандидата технических наук по специальности «Материаловедения (машиностроение)».

Предлагаю присудить Шумской В.Ю. ученую степень кандидата технических наук по специальности 05.16.09 «Материаловедение (машиностроение)» за новые научно обоснованные результаты по комплексному исследованию волокнисто-пористых многослойных полимерных материалов, включающие:

1) концепцию создания многослойной фильтрующей среды из разнородных полимерных волокнисто-пористых материалов, предполагающую формирование градиентов пористости и межфазного взаимодействия с жидкой фазой по толщине фильтра, обеспечивающая оптимальную последовательность процессов коалесценции, насыщения и дренажа;

2) результаты экспериментальных исследований, свидетельствующие, что при расположении фильтроматериалов в многослойных волокнисто-пористых системах по ходу газожидкостного потока в соответствии с уменьшением их межфазного взаимодействия с жидкостью аэрозоля,

обеспечивается сохранение показателей эффективности фильтрации при меньшем в 2 раза перепаде давления по сравнению с их обратным расположением;

3) теоретическую модель дренажа, рассматривающую стекание по внешней поверхности фильтра и фильтрацию в объеме волокнисто-пористого материала, связывающую уменьшение массы жидкости в образце во времени с коэффициентом фильтрации,

что в совокупности позволило соискателю:

– разработать многослойный полимерный волокнисто-пористый материал на основе политетрафторэтилена и полипропилена для очистки газов и способ его получения с обработкой каландрированием при давлении 0,6–1,0 МПа, обеспечивающий показатель эффективности фильтрации аэрозолей 99,90–99,97%, при перепаде давления в 2,0–2,4 раза ниже и коэффициенте качества фильтрации в 1,7–2,3 раза выше известных аналогов;

– провести опытно-промышленную апробацию разработанной конструкции газового сепаратора с композиционным многослойным фильтром, обеспечившим уменьшение в 2,2–2,5 раза содержания жидкости в очищенном газе при увеличении производительности на 40% на газодобывающем предприятии АО «Ачимгаз»;

– внедрить на Белорусском газоперерабатывающем заводе разработанные фильтроэлементы с увеличенным в 3 раза ресурсом по сравнению с замененным импортным аналогом, а на ОАО «Гродно Азот» – многослойные фильтры в сепараторах очистки двуокиси углерода при производстве карбамидо-аммиачной смеси, обеспечивших снижение содержания масла в растворе карбамида в 1,5–2,0 раза.

Профессор кафедры радиофизики и электроники
УО «Гомельский государственный университет
имени Ф. Скорины», д.т.н., профессор

В.А. Гольдаде

