

На сегодняшний день существует серьезная проблема в обеспечении высокой тонкости фильтрации жидких сред в различных сферах отечественной промышленности. Одной из важнейших областей применения фильтрующих материалов тонкой очистки является комплекс систем жизнеобеспечения летательных аппаратов. В связи с задачей импортозамещения в Российской Федерации и повышенными требованиями безопасности в авиационной сфере возникает острая потребность в создании материалов нового поколения, получение которых объединяло бы традиционные и новейшие технологии. В связи с этим АО «УАП Гидравлика» (входит в контур АО «Технодинамика») начинает вести научно-исследовательские работы по поиску компонентов и разработку серии фильтрующих материалов для применения в различных системах летательных аппаратов. Работы по разработке высокотемпературных фильтрующих материалов с различной номинальной тонкостью фильтрации проводились при финансировании АО «Технодинамика».

В результате анализа потребностей в фильтрующем материале объемного фильтрования было принято решение о разработке фильтрующего материала номинальной тонкости фильтрации 5, 7, 10, 15 мкм. со стойкостью высоким температурам до +140 °С.

После изучения материалов и консультаций с коллегами из других организаций основным методом изготовления фильтрующих материалов был выбран метод электроформования волокнистых материалов (ЭФВ), который является наиболее динамично развивающейся технологией для получения функциональных мембран. Благодаря возможности получения нетканых нановолокнистых материалов из широкого спектра полимеров, внедрению в волокна нано- и микрочастиц, а также различных активных веществ, получения волокон с различной морфологией этот метод позволяет производить материалы с широкими функциональными свойствами. Слабой стороной таких материалов являются низкие физико-механические

показатели. Однако использование мембран, полученных методом ЭФВ, вместе с конструкционными подложками, произведенными по традиционным текстильным технологиям, позволяет эксплуатировать такие композиционные материалы в области жидкостной фильтрации, где материалы испытывают сильные нагрузки из-за высоких перепадов давления на фильтрующей перегородке.

Кроме того, для материалов, используемых в жидкостной фильтрации, требуется создание стабильной, не раздвигающейся под давлением потока жидкости поры. Поэтому особое внимание при разработке композитов на основе электроформованных мембран уделялось технологии дублирования, которая позволяет скрепить функциональные и конструкционные слои между собой, зафиксировать волокна функционального слоя таким образом, чтобы создать устойчивую пору при меньшей поверхностной плотности мембраны.

В результате разработана структура композиционного материала: два прикрывающих слоя полиэфирной подложки, прикрепленные к функциональному слою клеевым слоем. Клеевой и функциональные слои получали методом электроформования. В качестве функционального слоя были предложены материалы на основе фторопласта Ф-2М и полиамида 66. В качестве клеевого - на основе клея БФ-2. Однако при переходе от лабораторной технологии к опытной на втором этапе было решено заменить состав функционального слоя. Масштабирование процесса выявило ряд проблем. Во-первых, капиллярная технология получения мембраны на основе Ф-2М позволяла получить бездефектный материал лишь при низких объемных расходах формовочного раствора, что значительно снижало общую производительность и повышало затратность получения мембраны. Во-вторых, при дублировании слоев композиционного материала большими полотнами и рулонами, возникли серьезные проблемы, связанные с релаксационными процессами мембраны на основе Ф-2М, в результате чего при термоскреплении на полотнах образовывалось большое количество дефектов.

В качестве функциональных слоев композита были выбраны термореактивные волокнистые материалы, полученные методом ЭФВ, на основе промышленного клея БФ-2 - фенолформальдегидных смол (ФФС) и поливинилбутираля (ПВБ) в этаноле.

В ходе исследования были подобраны составы для растворителя формовочного раствора, а также технология термосшивки и оптимизации формовочного раствора.

Итогом исследования свойств формовочных растворов с разными растворителями стал выбор системы БФ-2-ЭА, в связи с возможностью получения материалом с необходимым диаметром волокон, меньшим расходом катализатора (ПТСК) и более быстрым процессом сушки материала перед этапом термосшивки, а также что содержание катализатора ПТСК,

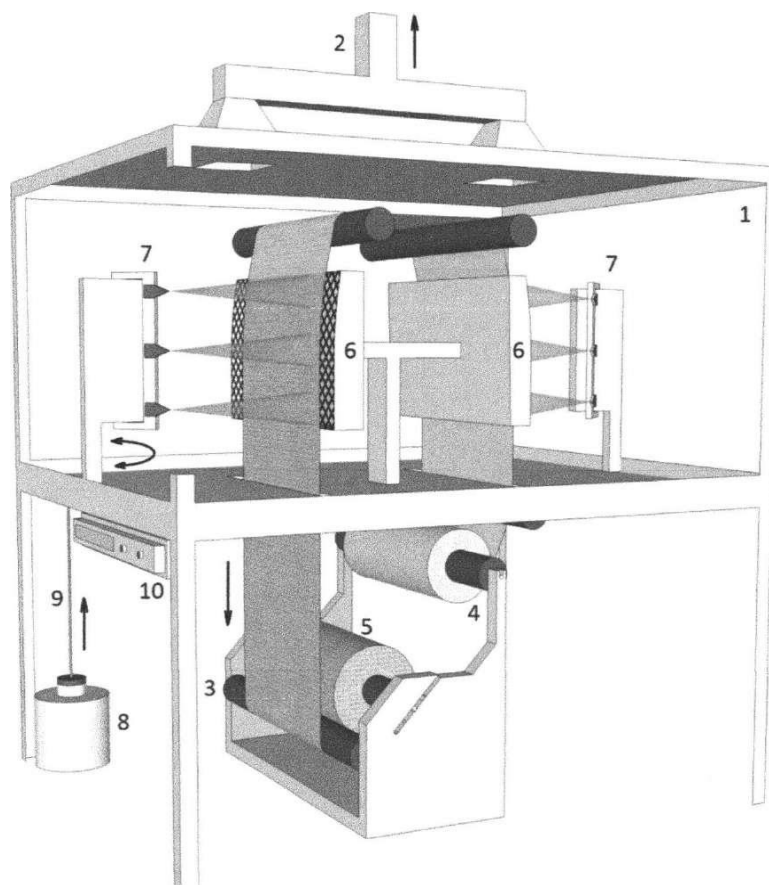


Рисунок 1 - Опытная рулонная установка для получения материалов ФП

1 - камера формования; 2 - вытяжная вентиляция; 3 - тянущий вал привода намотки готового материала; 4 - рулон подложки; 5 - рулон готового материала; 6 - осадительный электрод в виде струнного коллектора; 7 - блок формовочных элементов; 8 - емкость для формовочного раствора; 9 - растворный коллектор; 10 - высоковольтный источник.

необходимое для придания физико-химической стойкости клеевому материалу должно лежать в диапазоне от 3,5 до 5,5 масс.%, при этом для клеящего слоя было выбрано содержание ПТСК 3,5%, а для фильтрующего слоя - 5,5%.

Формование волокнистых полимерных материалов из полимерных (формовочных) растворов проводится на опытной рулонной установке, принципиальная схема которой приведена на рисунке 1. Эта установка позволяет формировать волокнистый полимерный материал электроаэродинамическим способом.

Процесс получения волокнистого полимерного материала заключается в следующем. Готовый формовочный (полимерный) раствор заливается в растворную ёмкость (8) из которой он посредством насоса или под избыточным давлением поступает в растворный коллектор (9) и далее к формовочным элементам - форсункам (7). Объемный расход раствора (производительность) регулируется величиной давления воздуха в растворной ёмкости или регулировкой насоса. Одновременно с раствором к формовочным элементам форсункам подается воздух под давлением 0,7 ати. Это делается для увеличения производительности процесса. Высокое напряжение на растворный коллектор, установленный на изоляторах, подается с помощью высоковольтного источника (10).

Формовочные растворы для получения клеевого и фильтрующего слоев подаются в соответствующие формовочные элементы, располагающиеся поочередно по ходу движения подложки так, чтобы фильтрующий слой находился между клеевыми слоями.

Процесс получения фильтрующего материала основан на принципе электроформования. В основе его лежит явление электростатического распыления жидкостей. Важнейшее действие электростатического поля заключается в нейтрализации сил поверхностного натяжения жидкости, вследствие чего последняя истекает из капилляра не в виде отдельных капель,

а непрерывной струей, которая после испарения из нее легколетучего растворителя превращается в тонкое волокно.

При исследовании процесса электроаэродинамического формования на опытной установке был выявлен род дефектов, образование которых характерно для данного метода. Утолщения на волокнах, имеющие сферические и эллипсоидные формы появляются в случае использования низковязких растворов, применяемых для получения волокон диаметром меньше 1 мкм. Они связаны с тем, что электростатические силы не всегда успевают вытянуть струю раствора при высоких расходах.

Чтобы снизить риск повышения тонкости фильтрации фильтрующих волокон в связи с дефектностью, присущей методу, был предложен следующий состав композита (рисунок 2): два прикрывающих слоя полиэфирной подложки марки С 1.200.030.02 производства ОАО «Комитекс», прикрепленные к функциональным слоям клеевыми слоями и скрепленные между собой клеевым слоем. Состав клеевых и фильтрующих слоев - сшитый в разной степени, благодаря различному содержанию ПТСК БФ-2. Разделение фильтрующего слоя надвое позволяет подстраховать от сквозных участков с меньшей герметичностью в связи с дефектами.

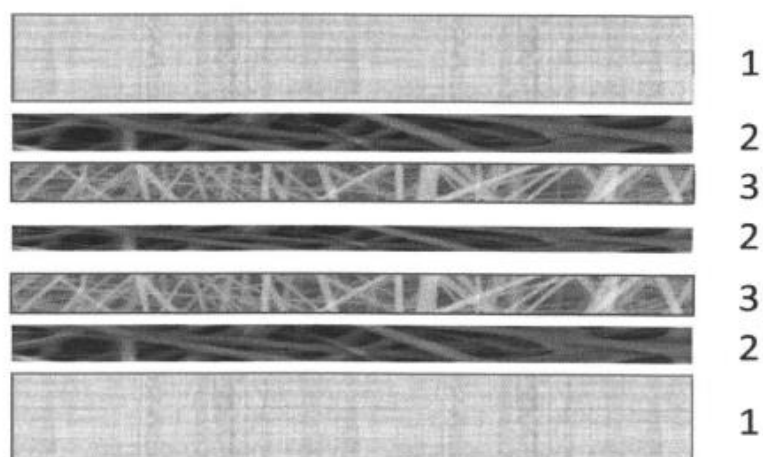


Рисунок 2 - Структура композиционного материала: 1 - полиэфирная подложка; 2 - клеевые слои на основе БФ-2; 3 - функциональные слои на основе БФ-2

В результате научно-исследовательских опытно конструкторских работ были получены опытные образцы композиционного фильтрующего материала объемного типа фильтрования с номинальной толщиной фильтрации (5 мкм, 7 мкм, 10 мкм и 15 мкм), которые удовлетворительно прошли оценочные испытания на базе АО «УАП «Гидравлика», по результатам которых было принято решение о применении фильтрующих материалов в разработке новых изделий:

- фильтров гидравлических высокого и низкого давления для самолета Бе-200ЧС;

- фильтроэлемента масляной системы двигателя ПД-14.

В рамках составной части опытно-конструкторских работ были проведены следующие работы:

- разработан технический проект на гидравлические фильтры высокого и низкого давления;

- разработан РКД;

- проведена технологическая подготовка производства;

- изготовлены опытные образцы для предварительных испытаний;

- проведены предварительные испытания, присвоена литера «О»;

- изготовлены опытные образцы для межведомственных испытаний;

- проведены межведомственные испытания, присвоено литера «О1».

В настоящее время по данным изделиям начато серийное изготовление.

ОКБ АО «УАП «Гидравлика» провела работы по внедрению новых фильтрующих материалов в серийное производство путем проведения типовых испытаний. Типовые испытания проводились в объеме испытаний, указанных в технических условиях на изделия. Результаты внедрения фильтрующих материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты внедрения новых фильтрующих материалов в серийно-производимые изделия.

Материал	Система	Объекты применения
Фильтрующий материал с номинальной тонкостью фильтрации 10 мкм.	Топливная система, Гидравлическая система; Масляная система.	Танк Т-80БВМ; боевая машина десантная БМД-4М; БТР-МДМ; Вертолеты Ка-52, Ми-8, Ми-24, Ми-35, Ми-28, Ми-38. и др.
Фильтрующий материал с номинальной тонкостью фильтрации 5 мкм.	Гидравлическая система	Самолеты семейства «Су»
Фильтрующий материал с номинальной тонкостью фильтрации 15 мкм.	Масляная система	двигатель ПС-90А-76



Рисунок 3 Серийно изготавливаемые фильтры с применением нового композиционного материала.

В результате проделанной работы по разработке отечественных аналогов высокотемпературных фильтрующих материалов с различными показателями номинальной тонкости фильтрации АО «УАП «Гидравлика» закрыла не только дефицит по необходимым позициям фильтрующих материалов, а также период с 2020 - 2023 года увеличило объемы изготовления определенных позиций фильтров и фильтроэлементов от 30% до 263 %, тем самым увеличив чистую прибыль предприятия.

Также АО «УАП «Гидравлика» применяет новый композиционный фильтрующий материал при выполнении следующих опытно-конструкторских работ:

- разработка модулей фильтров гидравлической системы самолетов семейства МС-21 (4 наименования модулей фильтров);
- разработка гидравлических фильтров самолета типа Ту-214 (3 наименования фильтров);
- разработка фильтроэлемента маслоагрегата двигателя ПД-8;
- разработка масляного фильтроэлемента двигателя ПС-90А;
- разработка основного топливного фильтра двигателя ПД-14;
- разработка масляного фильтра изделия «РФ»;
- разработка гидравлических фильтров для изделия «80» (4 наименования фильтров);
- разработка топливного фильтра БЛА Альтиус.

Суммарная стоимость реализации опытно-конструкторских работ на 2023-2024 года с применением новых фильтрующих материалов составляет 185 935 231 руб.