

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Саргсяна Артема Самвеловича «Высокопрочные стеклопластики на основе теплостойких и термостойких полимерных связующих для изделий судовой электротехники», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 материаловедение (машиностроение).

Диссертационная работа Саргсяна А. С. посвящена созданию новых композиционных материалов на основе термо- и теплостойких полимерных связующих для изделий судовой электротехники, работоспособных в интервале частот от 50 до 10^{10} Гц, при многолетней эксплуатации в воде (речной и морской), на воздухе при температуре до $+200^{\circ}\text{C}$, в отдельных случаях до $+280^{\circ}\text{C}$.

Полимерные композиционные материалы конструкционного и функционального назначения давно применяются судостроении. Однако не секрет, что разработчики оборудования в основном ориентируется на полимерные материалы, разработанные 30-40 лет назад. Революционное развитие ряда высокотехнологичных областей, и в частности, микроэлектроники, коммуникационных технологий привело к острой необходимости разработки новых отечественных полимерных материалов с принципиально улучшенным комплексом свойств (термо-и теплостойкость, огнестойкость, водостойкость, химическая стойкость, высокие механические и диэлектрические свойства), то есть материалов нового поколения. Рецензируемая работа Саргсяна А.С. безусловно актуальна, так как она решает часть указанной острой проблемы.

Научная новизна диссертации не вызывает сомнения. В несколько сокращенном варианте изложения она заключается в том, что:

Вх. № <u>785</u>	Исполнено В ДЕЛО
<u>01.03.2018</u> г.	
Основн. <u>8</u> л.	№ _____
Прил. _____ л.	подп. _____

- 1) Разработаны оптимальные режимы изготовления двух **новых** стеклопластиков на основе полифениленсульфида и полицианурата;
- 2) Исследованы свойства **новых** стеклопластиков, необходимые для конструирования изделий судовой электротехники;
- 3) Для стеклопластика СТЭТ-2 на основе эпоксидной смолы ЭХД установлена количественная зависимость характеристик материала от водопоглощения, которая ранее не исследовалась;
- 4) Для **нового** стеклопластика на основе полифениленсульфида показано, что свойства можно существенно повысить предварительной обработкой поверхности стеклянной ткани барьерным разрядом.

Практическая значимость результатов работы совершенно очевидна; внедрения даже только одного материала с лихвой бы хватило для того, чтобы по этому критерию признать работу успешной.

Отметим, однако, что, приведенная в автореферате формулировка практической значимости диссертационной работы, начинающаяся со слов «...Разработана и внедрена технология...Организован полный цикл производства...»...в контексте оценки работы одного конкретного человека, на наш взгляд, не вполне удачна с редакционной точки зрения. «Внедренная технология» и тем более «организованный производственный цикл» безусловно являются результатом усилий значительного коллектива людей. Более точно и справедливо можно было бы выразить ту же мысль примерно так: «... на основе полученных в диссертации научных результатов и при непосредственном участии диссертанта была разработана такая-то технология, которая внедрена на опытно-промышленном производстве ФГУП «ЦНИИ КМ «Прометей»...», и далее привести тот же внушительный список разработанных автором режимов, материалов и изделий.

Структура работы. Диссертация Саргсяна А.С. изложена на 143 страницах, содержит 49 рисунков, 29 таблиц и 2 приложения. Она состоит из введения, 5 глав, заключения и списка литературы из 77 наименований.

Во введении освещено современное состояние отрасли стеклопластиков в мире, дана номенклатура материалов, производимая ими, сформулированы цель и задачи работы, научная новизна, практическая значимость работы основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе работы, сделан обзор направлений работ и основных проблем в области композитов Обоснована актуальность работы. Далее приведены данные по ассортименту стекловолокон, а также данные по свойствам термореактивных и термопластичных связующих, применяющихся для получения полимерных композитов. Обоснован выбор связующих, исследуемых в диссертационной работе. Этот ряд включает связующие ЭТ-2 (на основе эпоксидной смолы ЭХД), кремнийорганические связующие на основе полиметилфенилсилоксана и полиметилсилсесквиоксана, цианового эфира и полифениленсульфида.

Во второй главе описаны использованные автором при проведении работ методы исследования полимерных матриц и получения стеклопластиков на их основе. В этот список вошли методы термогравиметрии, дифференциальной сканирующей калориметрии, измерения физико-механических свойств в режиме сжатия, изгиба, межслоевого сдвига. Измерения диэлектрических характеристик стеклопластиков включали определение удельного объемного и поверхностного сопротивления, тангенса диэлектрических потерь, кратковременной электрической прочности в стационарных условиях и при постепенном подъеме напряженности поля. Определялась также частотная зависимость диэлектрической постоянной и тангенса диэлектрических потерь в высокочастотном диапазоне - от 10^6 до 10^{10} Гц. Применялась также методика определения водопоглощения образцами, погруженными в воду.

Отметим, что круг использованных инструментальных методов весьма широк и характеризует автора как сложившегося экспериментатора с широким инженерным кругозором.

Третья глава содержит описание технологических основ процессов получения стеклопластиков и их стадий, использованных при получении стеклопластиков на основе термореактивных и термопластичных связующих.

На основе анализа литературных и собственных экспериментальных данных диссертантом разработаны оптимальные рецептуры лака и оптимальные режимы проведения всех указанных технологических операций.

Результаты диссертации Саргсяна А.С., связанные с получением стеклопластика на термопластичной матрице, следует признать наиболее интересными в смысле перспективы дальнейшего развития. Основные достоинства термопластов заключаются в резком снижении продолжительности технологического цикла по сравнению с термоотверждаемыми олигомерами, и в экологичности. Последнее связано с отсутствием в цикле растворителей и низкомолекулярных веществ, которые могут выделяться в окружающую среду.

Для получения изделий из термопластичного связующего-полифениленсульфида в диссертационной работе использована схема с промежуточным приготовлением препрега и с последующим горячим прессованием.

В работе применено 2 варианта технологии получения термопластичного препрега. Первый вариант основывается на использовании щелевой пултрузионной установки, разработанной в ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН. Он заключается в протягивании армирующей ткани с нанесенным на поверхность разогретым термопластом через зазор между двумя нагретыми пластинами с волнообразной поверхностью. По второму варианту была использована запущенная на опытном участке «ФГУП КМ Прометей» специализированная установка ТМА-600-1 фирмы «MIKROSAM» (Македония), для получения препрегов по технологии прокатки между

нагретыми валками армирующей основы с нанесенным порошкообразным связующим.

Предварительно автором работы с применением методов ДСК и ТГА были исследованы термические свойства ПФС. На основе этих данных и паспортных характеристик исходного материала были установлены границы технологического окна, в котором возможна переработка ПФС через расплав. Затем экспериментально подобраны оптимальные режимы изготовления препрегов и прессования изделий.

Для решения проблемы повышения адгезии между стекловолокном и связующим в работе применена обработка стеклоткани барьерным разрядом, которая ранее применялась только для обработки полимерных пленок. Такая обработка по заказу «Прометей» была проведена на установке ООО «Эстроком», что существенно повысило характеристики материала.

В четвертой главе приведен полученный Саргсяном А.С. большой массив экспериментальных данных по свойствам образцов полученных стеклопластиков 7 типов на разных связующих. По физико-механическим свойствам при 20°C на сжатие и на изгиб наилучшими показателями обладают стеклопластики СТЭТ-1 и СТЭТ-2 на основе эпоксидных связующих. Однако, при нагревании стеклопластика СТЭТ-1 до 100 °C показатели заметно снижаются, а стеклопластик СТЭТ-2 работоспособен при температуре до 160°C. Показано, что стеклопластик с матрицей полифениленсульфида сохраняет работоспособность до 200 °C. Наиболее теплостойкими полимерными матрицами являются новые полициануратные связующие, обеспечивающие эксплуатацию стеклопластиков до температуры 280° С. Кремнийорганические связующие имеют высокую теплостойкость, но низкие прочностные показатели.

В работе приведены экспериментальные зависимости изменения диэлектрических свойств от температуры: удельного объемного сопротивления, тангенса диэлектрических потерь, кратковременной электрической прочности. Проведены измерения диэлектрических свойств в

высокочастотном диапазоне. Показано, что наилучшими свойствами обладают материалы на основе ткани из кварцевых волокон.

Интересные данные получены автором при изучении влияния поглощенной воды на диэлектрические свойства стеклопластика СТЭТ-2.

Пятая глава посвящена описанию внедрения разработанных материалов. Список изделий включает детали подбандажной электроизоляции лобовой части ротора турбогенератора из материалов СТЭТ-2 с фторопластовым слоем (СТЭТ-Ф), и СПФС. Для этих изделий важно сочетание теплостойкости и низких коэффициентов трения. Стеклопластик СТЭТ-2 применен для изготовления антенных обтекателей, работоспособных при температуре до 120°C, корпусов газоразрядных ламп, от которых требуется теплостойкость и повышенная электрическая прочность.

Заключение содержит 14 пунктов, в которых суммированы достигнутые в работе основные результаты. Приводится внушительный список конструкционной изделий судовой техники и деталей электротехнических устройств, при изготовлении которых уже использованы разработанные в диссертации новые материалы.

Список публикаций по диссертационной работе Саргсяна А.С. работе включает 5 статей в журнале «Вопросы материаловедения», входящего в список журналов, рекомендованных ВАК.

В целом, диссертация Саргсяна А.С. производит очень хорошее впечатление. Замечания по ее содержанию сводятся к следующему:

1) Из текста следует, что для улучшения адгезии со связующим автором использовано воздействие на стеклоткань барьерного разряда (более точно - «барьерного диэлектрического разряда» (БДР). БДР - разновидность коронного разряда, в котором электрод закрыт диэлектриком, а обработка проводится при атмосферном давлении. Однако в описании методики проведения эксперимента автор, к сожалению, приводит схему не установки

для БДР, а установки УВ-108, которая предназначена для модифицирования полимерных пленок и тканей тлеющим НЧ-разрядом в вакууме (при остаточном давлении 10-20 Па).

2) По нашему мнению, вывод о появлении на поверхности кислородсодержащих групп после воздействия барьерного разряда едва ли может быть сделан на основании ИК спектров на стр. 13 автореферата.

3) Было бы целесообразно привести более подробно характеристики не только для конечных ПКМ, но и для всех для исходных композиций.

4) В химическом названии цианового эфира, вероятно, допущена неточность «...олиго(3-метилен-1,5-фенилцианат)...». Скорее всего, имеется в виду «...олиго(3-метилен-1,5-диметилфенилцианат)...». Однако более правильное название по ЮПАК: олиго-{метилен-[1,4-(2,6-диметилфенилен)]}-дицианат.

5) Неясно, учитывались ли при выборе конкретной марки ПФС и режимов его переработки молекулярная масса и реологические характеристики.

6) Для СПФС целесообразно было бы привести данные по влиянию выдержки в воде на диэлектрические свойства, которые должны были показать преимущество СПФС по сравнению со СТЭТ-2.

Сделанные замечания не влияют на общую высокую оценку диссертационной работы Саргсяна А.С. Она представляет собой законченную, выполненную на высоком теоретическом, экспериментальном и инженерном уровне научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная техническая проблема – созданы и внедрены в судостроение высокопрочные стеклопластики на основе термо- и теплостойких связующих. Результаты вносят ощутимый вклад в развитие научно-технологического потенциала России, что особенно ценно на фоне трудностей, имеющихся в России в области производства высокотехнологичных полимерных материалов. Тематика и результаты соответствуют паспорту специальности 05.16.09 – материаловедение

(машиностроение). Автореферат и публикации соответствуют основному содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа по критериям актуальности, научной новизны, практической значимости, достоверности полученных результатов, обоснованности разработанных рекомендаций соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», предъявляемым ВАК Минобрнауки РФ к кандидатским диссертациям, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор Саргсян Артем Самвелович безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 материаловедение (машиностроение).

Зав. лабораторией термостойких термо-
пластов, доктор химических наук, проф.


Александр Алексеевич Кузнецов

24.02.2017

Институт синтетических полимерных
материалов им. Н.С.Ениколопова
(ИСПМ РАН), 117393, Москва, ул. Профсоюзная, 70
e-mail: kuznets24@yandex.ru, тел. +7(495)332-5857

Подпись А.А.Кузнецова удостоверяю
Ученый секретарь ИСПМ РАН, к.х.н.


Т.В. Попова