

УТВЕРЖДАЮ
И.о. проректора по научной работе
ФГБОУ ВО «Московский авиационный
институт (национальный
исследовательский университет)»,
д.т.н., профессор
Равикович Ю.А.



2021 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования Московский авиационный институт (Национальный исследовательский университет) на диссертационную работу Сагомоновой Валерии Андреевны «Слоистые вибропоглощающие материалы на основе термоэластопластов и органических волокон и технология их изготовления», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов (технические науки).

Актуальность темы выполненной работы.

Машиностроительная отрасль, в том числе авиационная, играет важную роль в научно-техническом развитии страны и является одним из основных источников роста высокотехнологичной и конкурентноспособной на мировом уровне отечественной экономики. Развитие авиационной техники в последнее время характеризуется увеличением мощности авиационных двигателей и скорости движения летательных аппаратов, что приводит к повышению вибрационной нагруженности и сопровождается ухудшением акустической комфортности полета и усталостным разрушением отдельных элементов конструкций. Наиболее острыми являются проблемы защиты от шумового эффекта колебаний обшивки фюзеляжа, которые передаются в кабину и салон самолета в виде звуковых колебаний в низкочастотном диапазоне. Длительное воздействие вибрации на организм человека может вызвать у него виброболезнь. С аналогичными проблемами сталкиваются при эксплуатации автомобильного, железнодорожного транспорта, различной функциональности речных и морских судов, строительных объектов.

Традиционно применяемые способы борьбы с негативными последствиями вибрации основаны либо на использовании упруго-

гистерезисных свойств многослойных конструкций гофров, демпферов, балочных систем различных конфигураций, троссовых и других типов виброизоляторов (конструкционное демпфирование) или вязкоупругих свойств материалов в виде относительно тонкослойных покрытий, многослойных пленок и монолитных армированных полимерных композитов (ПКМ), обладающих способностью к диссипации энергии механических колебаний на внутримолекулярные формы теплового движения (материаловедческое демпфирование). В настоящее время материаловедческий подход в создании вибростойких конструкций является наиболее предпочтительным по своим возможностям целенаправленного усиления вибропоглощения за счет регулирования природы исходных компонентов, состава и геометрических параметров фаз, схем армирования и технологий изготовления на их основе изделий требуемых габаритов и форм.

Особенно актуальным стоит вопрос виброзащиты композитных конструкций летательных аппаратов. Показатель вибропоглощающих свойств (коэффициент механических потерь $\text{tg}\delta$) традиционных полимерных волокнистых композитных материалов конструкционного назначения при 20 °С и частоте 100-1000 Гц составляет 0,001-0,01.

Решением этой проблемы в традиционных конструкционных композитах авиационного назначения: угле-, стекло- или органопластиков, достигается интегрированием в их структуру вибропоглощающих слоев. Однако при этом, как правило, возникает ряд трудностей материаловедческого и технологического характера. Результаты опубликованных исследований, методических разработок и рекомендаций в научной периодической печати и монографической литературе в этом направлении носят исключительно прикладной характер.

В настоящее время отсутствуют подходы комплексного решения материаловедческих и технологических задач создания композитных вибропоглощающих материалов и конструкций для современной и перспективной авиационной техники.

На основе анализа публикаций в отечественной и зарубежной литературе, а также представленного материала собственных исследований, выбранная тема диссертационной работы Сагомоновой Валерии Андреевны «Слоистые вибропоглощающие материалы на основе термоэластопластов и органических волокон и технология их изготовления», в целом представляющая собой комплексное исследование, крайне актуальна и своевременна как с теоретической, так и с прикладной точки зрения, поскольку позволяет решать проблемы, возникающие при разработке новых вариантов летательных аппаратов различной функциональности.

Цели и задачи диссертации сформулированы чётко и позволяют оценить её научную, практическую значимость и целесообразность исследований.

Общая характеристика работы и степень проработанности проблемы создания и переработки вибропоглощающих ПКМ.

Диссертация состоит из введения, трех глав, общих выводов, списка использованной литературы из 86 наименований. Общий объем диссертации составляет 154 страницы машинописного текста, включая 33 рисунка и 72 таблиц.

В современных технологиях переработки полимеров и композитов, как правило, используется многокомпонентные дисперсно наполненные от нанометрического до микронного уровня и волокнисто армированные полимерные системы, позволяющие решать задачи создания конструкционных и функциональных ПКМ, в том числе, с требуемым уровнем вибропоглощающих свойств для авиационных и других видов транспортных средств.

Первая глава диссертации посвящена анализу публикаций по состоянию и тенденциям развития материаловедческих и технологических подходов создания вибропоглощающих материалов главным образом в современном самолетостроении с позиций снижения уровня структурного шума в кабине и салоне самолетов отечественного и зарубежного производства. Показана высокая эффективность использования интегрированных в классические функциональные ПКМ слоев на основе армированных непрерывными волокнами эластотермопластов.

Во второй главе диссертации автором дана подробная характеристика исходных компонентов разрабатываемых материалов вибропоглощающих интегрируемых слоев для трехслойных звукопоглощающих сотовых панелей и металлических алюминиевых обшивок, а также методов исследования влияния состава, структуры и технологии изготовления на их вибропоглощение (коэффициент механических потерь $\text{tg}\delta$) и функциональные свойства: теплофизические, физико-механические, акустические, водо- и влагопоглощение, горючесть и термостойкость. Для исследования структуры границ раздела фаз в многослойных ПКМ автором диссертации использован метод электронной сканирующей микроскопии, а для оценки пор и расслоений –ультразвуковая дефектоскопия.

Третья глава является основной частью работы и посвящена анализу результатов материаловедческих и технологических экспериментальных исследований новых составов многослойных армированных вибропоглощающих материалов (АВПМ).

Анализ результатов исследований позволяет сформулировать основные принципы разработки слоистых АВПМ на основе термоэластопластов и армирующих волокон различной природы (арамидные и стеклянные) в форме тканей и войлоков.

- максимальное значение коэффициента механических потерь АВПМ соответствует области температуры стеклования матричного полимера

- сочетание полимерных слоев, имеющих максимумы вибропоглощения в различных температурных областях, позволяет регулировать температурный диапазон вибропоглощения слоистых материалов, который может быть расширен введением углеродных нанотрубок;

- армированные вибропоглощающие материалы по демпфирующим свойствам являются более эффективными по сравнению с однослойными вибропоглощающими покрытиями, природа и схема армирования интегрированных слоев позволяют усиливать демпфирующие свойства конструкций;

- последовательность расположения вибропоглощающего слоев оказывает влияние на демпфирующие свойства АВГМ и звукопоглощение трехслойных сотовых панелей, которое может регулироваться расположением в конструкции вибропоглощающего слоя;

- коэффициент механических потерь АВГМ со слоями металлических сплава существенно возрастает при повышенных температурах и мало зависит от их природы и толщины;

- увеличение степени сквозной перфорации армирующего и вибропоглощающего слоев приводит к возрастанию демпфирующих свойств АВГМ;

- снижение межслоевых дефектов в АВМП достигается путем активации поверхности соединяемых слоев перед сборкой и формованием пакета;

- установлено существенное (в 2,5-4,0 раза) снижение показателей физико-механических свойств ПКМ с внутренним расположением вибропоглощающих слоев из ненаполненных термопластов и незначительное (до 15-20 %) – для АВМП с армированием стеклянными волокнами;

- доказано преимущество традиционных технологий формования АВГМ (прессовая, автоклавная и вакуумная) по сравнению с клеевыми методами соединения вибропоглощающих слоев. Определяющим фактором получения высоких показателей механических свойств АВМП является давление формования.

Эти принципы позволили автору для различных исходных компонентов и их сочетания, на основе многочисленных фундаментальных материаловедческих и технологических исследований, разработать составы ВМП для интеграции в ПКМ и малонагруженные изделия отечественных летательных аппаратов, установить корреляции показателей вибро- и звукопоглощения с температурами стеклования использованных термопластичных пленок и матричных материалов АВМП, размерами и объемным содержанием наночастиц (УНТ) дисперсной фазы и параметрами фазовой структуры.

В совокупности, рассмотренный материал свидетельствует об обоснованности решения научных и технических проблем, которые

обеспечивают совершенствовании теоретической, методической, технической и экспериментальной базы и позволяют провести определение и выбор рациональных с точки зрения вибропоглощающих схемных и компоновочных решений состава и структуры АВПМ и звукопоглощающих трехслойных конструкций, с интегрированными ВП материалами и технологиями, позволяющими обеспечить требуемый эффект при эксплуатации конструкций.

Достоверность полученных в работе результатов исследований обеспечивается многочисленными лабораторными испытаниями на современных аттестованных приборах и технологическом оборудовании ФГУП ВИАМ.

Научная новизна работы.

1. Автором впервые на основе изучения имеющихся в научной среде подходов к систематизации и описанию способов регулирования состава и структуры вибро- и звукопоглощающих полимерных материалов, а также на основе результатов собственных фундаментальных и прикладных исследований предложен комплексный материаловедческо-технологический подход по созданию покрытий, АВПМ и слабонагруженных элементов авиационных конструкций, в том числе с интегрированными вибропоглощающими слоями, относительно высокими показателями физико-механических свойств, пониженной горючестью и влагопоглощением для эксплуатации при температурах до 180 °С. .
2. На основе комплексных исследований многослойных ВПМ предложены механизмы их вибропоглощения для различных условий эксплуатации - уровня вибрационных нагрузок и рабочих температур, определены рациональные составы и параметры структуры ВПМ с требуем сочетанием вибропоглощающих и физико-механических свойств при минимальном влагопоглощении и относительно низкой горючести.
3. Предложена и практически апробирована методика научно-обоснованного выбора кремний органического активатора поверхности полимерных пленок вибропоглощающих интегрированных слоев, обеспечивающего снижение межслоевых дефектов и повышение межслоевой прочности многослойных АВПМ с требуемым уровнем эксплуатационных свойств.
4. Оригинальность и новизна проведенных научных исследований подтверждена получением патента РФ 2687938 «Полимерный

композиционный материал с интегрированным вибропоглощающим слоем» опубли. 16.05.2019.

Практическая значимость работы подтверждена многочисленными инновационными разработками в области создания ВП покрытий, ВПМ и АВМП, а также элементов авиационных не силовых конструкций.

Разработан слоистый вибропоглощающий материал с повышенной до 180°C рабочей температурой, которому присвоена марка ВТП-3В, технология его изготовления, а также технологические рекомендации и условия применения материалов марок ВТП-3В и ВТП-1ВД

Практическая апробация принципов создания покрытий и АВМП с интегрированными вибропоглощающими слоями в изделиях АО «Компания «Сухой», испытаниях в ЦАГИ элементах фюзеляжа ИЛ-96, колесного вездехода «Русак» и показала их высокую эффективность.

Разработанные автором научно-технические принципы технологий изготовления ВП покрытий, ВПМ и АВМП, а также элементов авиационных не силовых конструкций и полученных данных по комплексу технических характеристик материалов могут быть использованы в учебных пособиях для подготовки бакалавров, магистров по направлению «Материаловедение и технология материалов» и аспирантов по специальности «Материаловедение (машиностроение)» и «Технология и переработка полимеров и композитов», а также на курсах повышения квалификации и переподготовки специалистов технических отраслей народного хозяйства.

Личное участие автора Определена методическая постановка работы, Проведено обобщение и анализ данных в области создания отечественных и зарубежных слоистых вибропоглощающих материалов и способов повышения вибропоглощающих свойств ПКМ, разработке составов термостойкого слоистого вибропоглощающего материала и ПКМ с интегрированным вибропоглощающим слоем, а также технологических решений их изготовления, исследовании свойств и формулировании на основе полученных данных принципов разработки слоистых вибропоглощающих материалов и определении подходов по регулированию свойств ПКМ с интегрированным вибропоглощающим слоем. Соискателем лично проведены все исследования, разработана и составлена вся необходимая научно-техническая документация. Соискатель принимал непосредственное участие в процессах исследования материалов в ФГУП «ЦАГИ» ГНЦ РФ и внедрении разработанного материала марки ВТП-3В в конструкцию изделий АО «Компания «Сухой».

Замечания по работе.

1. Для разработки комплексного материаловедческо-технологического подхода к созданию покрытий, АВМП и слабонагруженных элементов

авиационных конструкций, в том числе с интегрированными вибропоглощающими слоями, относительно высокими показателями физико-механических свойств, пониженной горючестью и влагопоглощением для эксплуатации при температурах до 180 °С., автором выполнен огромный объем экспериментальных исследований. В научной практике для решения подобных задач целесообразнее использовать планирование эксперимента, позволяющее минимизировать общее число опытов, возможность варьирования наиболее значимых переменных по специальным правилам, использовать математический аппарат, формализующий действия экспериментатора, и выбрать четкую стратегию, позволяющую принимать обоснованные решения после каждой серии эксперимента с нахождением оптимальных решений проблемы вибронагруженности и звукопоглощения авиационных конструкций.

2. Для прогнозирования вибропоглощения слоистых ВПМ целесообразно использовать расчетно-аналитические методы, например, метод волнового сопротивления, что как и планирование эксперимента, позволяет значительно сократить экспериментально-испытательную часть работы.

3. Автором практически не затронут вопрос влияния многослойных ВПМ на усталостную прочность ПКМ элементов основной конструкции при внешних вибрационных нагрузках.

4. Использование автором технического обозначения марок исходных компонентов ВПМ без раскрытия химической природы и молекулярного строения затрудняет анализ их роли в рассеивании энергии внешнего механического поля вибрационных колебаний на внутримолекулярные релаксационные переходы.

5. На отдельных графиках автореферата и диссертации автором не указан разброс результатов испытаний, в отдельных таблицах – обозначения единиц измерения параметров свойств, неудачным является использования термина «армирующий слой» для металлической фольги и пластин алюминиевых сплавов.

Замечания не снижают общей положительной оценки работы.

Заключение по диссертации.

Диссертационная работа Сагомоновой Валерии Андреевны «Слоистые вибропоглощающие материалы на основе термоэластопластов и органических волокон и технология их изготовления», содержит научную

новизну и практическую значимость, соответствующую паспорту специальности 05.17.06 – «Технология и переработка полимеров и композитов» и охватывает следующие области исследования, предусмотренные паспортом :

- физико-химические основы технологии получения и переработки полимеров, композитов и изделий на их основе;
- исследование физико-химических свойств материалов на полимерной основ в зависимости от состава композиции и их структуры;
- полимерные материалы и изделия, покрытия, получение композиций, прогнозирование свойств, фазовое взаимодействие, исследования в направлении прогнозирования состава – свойства, гомогенизация композиций, процесс изготовления изделий, процессы протекающие при этом, последующая обработка, с целью придания специфических свойств, модификация ;
- физико-химические основы процессов происходящих в материалах на стадии изготовления изделий, а также их последующей обработке в процессе эксплуатации.

Автореферат и опубликованные по теме диссертационного исследования работы полностью раскрывают ее основное содержание. Работа прошла широкую апробацию, основные результаты изложены в 12 научных публикациях, включая 8 публикаций в изданиях, включенных в перечень ВАК, 2 публикации в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus, и 1 патенте.

В целом диссертация Сагомоновой Валерии Андреевны «Слоистые вибропоглощающие материалы на основе термоэластопластов и органических волокон и технология их изготовления», является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научно-технической задачи изготовления вибропоглощающих композиционных материалов для транспортного машиностроения.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, но п.п 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842. Автор диссертации Сагомонова Валерия Андреевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06-Технология и переработка полимеров и композитов.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры «Технологии композиционных материалов, конструкций и микросистем». Протокол №14

от 08.12.2021 года. На заседании присутствовало 12 преподавателей и 5 аспирантов кафедры. Результаты голосования «ЗА» , единогласно.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Московский авиационный институт
(национальный исследовательский
университет»,

Кафедра «Технологии
композиционных материалов,
конструкций и микросистем»,

и.о. заведующего кафедрой,

д.т.н., профессор



П.Г. Бабаевский

Почтовый адрес: 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, А-80, ГСП-3,

Тел. 8 (499) 158-43-33

Официальный сайт: <https://mai.ru/>.

Эл. почта: mai@mai.ru.