

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 31.1.002.01,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО -  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»  
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «КУРЧАТОВСКИЙ  
ИНСТИТУТ» (НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» - ВИАМ), РОССИЙСКАЯ  
ФЕДЕРАЦИЯ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «20» сентября 2023 г. № 6

О присуждении Курносову Артему Олеговичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Стеклопластик на основе расплавного полиимидного связующего полимеризационного типа для деталей авиационной техники с повышенной надежностью эксплуатации при температурах до 320 °С» по специальности 2.6.17. – Материаловедение принята к защите «04» июля 2023 г. (протокол заседания №3) диссертационным советом 31.1.002.01, созданным на базе федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Российская Федерация, 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 17, приказ Минобрнауки России от 24.10.2022 г. № 1363/нк «О выдаче разрешения на создание совета по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук на базе федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Соискатель Курносов Артем Олегович, 24 июля 1991 года рождения, в 2014 году с отличием закончил магистратуру федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э.

Циолковского» по направлению «Материаловедение и технологии материалов». Справка (дубликат) №061 о сдаче кандидатских экзаменов выдана в НИЦ «Курчатовский институт – ВИАМ» 15.12.2022 г.

Курносков Артем Олегович работает в должности начальника лаборатории № 610 «Полимерные композиционные материалы на основе стеклянных наполнителей» федерального унитарного предприятия «Всероссийский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Диссертация выполнена в лаборатории № 610 «Полимерные композиционные материалы на основе стеклянных наполнителей» федерального унитарного предприятия «Всероссийский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Научный руководитель - доктор технических наук, доцент, Славин Андрей Вячеславович – начальник научно-исследовательского отделения «Полимерные композиционные материалы и технологии их переработки» федерального унитарного предприятия «Всероссийский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт».

Официальные оппоненты:

- Трофимов Александр Николаевич, доктор технических наук, генеральный директор акционерного общества «Научно-производственное объединение Стеклопластик» (АО «НПО Стеклопластик»).

- Насонов Федор Андреевич, кандидат технических наук, ведущий технолог отдела 48 научно-исследовательского отделения - 21 публичного акционерного общества «Объединенная авиастроительная корпорация» опытно-конструкторское бюро Сухого (ПАО «ОАК» ОКБ Сухого),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (г. Хотьково) в своем положительном отзыве, подписанном кандидатом химических наук, главным химиком – заместителем главного конструктора по материаловедению Юрием Валентиновичем Антиповым и утвержденным генеральным директором и главным

конструктором, доктором технических наук, Разиным Александром Федоровичем, указала, что в работе Курносова Артема Олеговича решена важная актуальная научная задача современного материаловедения: разработка нового полимерного композиционного материала на основе полиимидного связующего полимеризационного типа, работоспособного при температурах до 320°C и перерабатываемого по расплавной препреговой технологии. Это позволит существенно снизить пористость и повысить прочностные характеристики материала в изделии.

По своему содержанию, научному уровню, объему наполнения, достоверности и обоснованности полученных результатов, актуальности, решенных задач в полной мере удовлетворяет требованиям и критериям, установленным в п.9-14 «Положения о порядке присуждения научных степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Курносов Артем Олегович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17. – «Материаловедение».

Соискатель имеет 33 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 8 работ.

В опубликованных работах содержатся основные научные и практические результаты, изложенные в диссертационной работе соискателя:

результаты выполненных работ по исследованию свойств расплавного полиимидного связующего; исследование параметров технологического процесса изготовления препрега стеклопластика на основе расплавного полиимидного связующего; исследование влияния температурно-временных параметров отверждения стеклопластика на основе расплавного полиимидного связующего на его физико-механические характеристики. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения. Все работы выполнены в соавторстве, личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования, анализе и обобщении данных в области высокотемпературных полимерных композиционных

материалов, выборе методов проведения экспериментов, разработке технологии изготовления препрега стеклопластика, отработке технологических режимов изготовления стеклопластика, проведении комплекса экспериментальных исследований образцов препрега и стеклопластика на его основе, составлении нормативно-технической документации, подготовке публикаций и представлении результатов работы.

Наиболее значительные работы:

1. Курносков А.О., Петрова А.П., Славин А.В., Вавилова М.И., Куршев Е.В. Сравнение свойств стеклопластиков на основе полиимидных связующих растворного и расплавного типа // Труды ВИАМ. 2022. №10. С.42–54. URL: <http://www.viam-works.ru> DOI: 10.18577/2307-6046-2022-0-110-42-5;

2. Колпачков Е.Д., Курносков А.О., Папина С.Н., Петрова А.П. Особенности формования стеклопластиков на основе PMR-полиимидов // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн., 2022. Ст.7(113). URL: <http://www.viam-works.ru> DOI 10.18577/2307-6046-2022-0-7-37-49;

3. Курносков А.О., Раскутин А.Е., Мухаметов Р.Р., Мельников Д.А. Полимерные композиционные материалы на основе термореактивных полиимидных связующих для авиакосмической техники. Обзор // Вопросы материаловедения, 2016. №4. С.50-62;

4. Гуняева А.Г., Курносков А.О., Гуляев И.Н. Высокотемпературные полимерные композиционные материалы, разработанные во ФГУП «ВИАМ», для авиационнокосмической техники: прошлое, настоящее, будущее (обзор) // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн., 2021. №1(95). С.43-53 URL: <http://www.viamworks.ru> DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-1-43-53;

5. Курносков А.О., Мельников Д.А., Соколов И.И. Стеклопластики конструкционного назначения для авиастроения //Труды ВИАМ. 2015. №8. Ст. 8. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI 10.18577/2307-6046-2015-0-8-8-8. 23;

6. Колпачков Е.Д., Петрова А.П., Курносков А.О., Соколов И.И. Методы формования изделий авиационного назначения из ПКМ (обзор) // Труды ВИАМ. 2019. №11. URL: <https://viam-works.ru> DOI 10.18577/2307-6046-2019-0-11-22-36;

7. Курносков А.О., Вавилова М.И., Мельников Д.А. Технологии производства стеклянных наполнителей и исследование влияния аппретирующего вещества на физико-механические характеристики стеклопластиков // Авиационные материалы и технологии. 2018. №1 (50). URL: <https://journal.viam.ru> DOI: 10.18577/2071-9140-2018-0-1-64-70;

8. Курносков А.О., Вавилова М.И., к.т.н. Гуляев И.Н., Ахмадиева К.Р. Безрастворная технология изготовления препрега на основе высокотемпературного порошкового фталонитрильного связующего // Вопросы материаловедения. 2021. №4. С.165–178.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв на диссертацию ведущей организации – акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения». Отзыв подписан кандидатом химических наук, главным химиком – заместителем главного конструктора по материаловедению Юрием Валентиновичем Антиповым и утвержденным генеральным директором и главным конструктором, доктором технических наук, Разиным Александром Федоровичем. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- в литературном обзоре достаточно широко рассмотрены высокотемпературные ПКМ на основе термореактивных композиций, однако не приведена информация про высокотемпературные термопластичные материалы;

- в литературном обзоре рассмотрены в основном достижения ФГУП «ВИАМ» и некоторых иностранных фирм в области разработки высокотемпературных материалов, но отсутствуют результаты других отечественных организаций;

- в диссертационной работе приведено большое количество экспериментальных данных, однако статическая обработка результатов приведена только для показателей в главе 3.3;

- на страницах 84 и 85 диссертации есть противоречия: из анализа рисунка 28 сделан вывод, что степень конверсии связующего составляет более 95% и дополнительная термообработка не влияет на процесс доотверждения

стеклопластика. На страницах 85 анализ рисунка 30 показал обратное, что при дополнительной термообработке протекает процесс доотверждения с ростом температуры стеклования;

- в автореферате на странице 6 и в диссертационной работе на странице 8 допущена опечатка в указании общего количества рисунков и страниц работы.

2. Отзыв на диссертацию официального оппонента – Трофимова Александра Николаевича, доктора технических наук, генерального директора акционерного общества «Научно-производственное объединение Стеклопластик» (АО «НПО Стеклопластик»), отзыв заверен начальником отдела кадров Петрухненко Татьяной Викторовной. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- выбранный автором параметр управления технологическим процессом – момент подачи давления формования как функции от температуры, опирается на механизм полимеризации полиимидного связующего.

Логичность такого подхода очень убедительно подтверждена исследованиями структуры полученных образцов армированного полимерного композиционного материала. Результаты всех примененных автором методов исследования демонстрируют высокое качество полученного композиционного материала и очень хорошее совмещение армирующего материала и полимерной матрицы. Безусловно, такие высокие характеристики достигнуты благодаря правильному выбору состояния связующего в момент приложения давления формования, т.е. его вязкости и степени превращения.

Процесс изготовления образцов, наверняка, характеризовался малыми градиентами температур по объему образца, или что, то же самое, высокой однородностью температурных полей. Тем самым, такие параметры как момент приложения давления и температура образца четко определены для всего изделия и могут быть связаны между собой довольно однозначно.

Но в случае изготовления реальных изделий, более сложной геометрии или имеющих неравномерную толщину, такая однозначность указанной связи исчезает, так как в любой момент времени, в том числе и в момент приложения давления, разные части изделия могут иметь разные значения температуры, разные вязкости

и степени превращения связующего, не позволяя достигать поставленной цели в некоторых местах изделия.

Поставленная автором в работе задача, в ее материаловедческом аспекте, безусловно выполнена, но для использования материала в промышленном производстве может потребоваться проведение реокинетических исследований связующего при температуре приложения давления формования, аналогичные тем, которые автор провел в температурном диапазоне изготовления препрега. Это позволит оценить допуски на точность исполнения технологических параметров процесса формования изделий из данного материала;

- в работе делается акцент на уникальных высоких термических характеристиках полиимидного полимера, в то же время, такой вспомогательных материал как вакуумная пленка для автоклавного формования, как само собой разумеющееся, выдерживает и давление более 10 атмосфер и температуру свыше 300 °С, интересно, что это за материал;

- было бы интересно изготовить препрег на основе расплавленного полиимидного связующего полимеризационного типа на других видах стекла.

3. Отзыв на диссертацию официального оппонента – Насонова Федора Андреевича, кандидата технических наук, ведущего технолога отдела научно-исследовательского отделения технологии публичного акционерного общества «Объединенная авиастроительная корпорация» опытно-конструкторское бюро Сухого (ПАО «ОАК» ОКБ Сухого), отзыв заверен заместителем управляющего директора – директором ОКБ Сухого Михаилом Юрьевичем Стрельцом. Отзыв положительный.

Имеются замечания:

- по списку литературы рекомендуется давать ссылку на электронный ресурс в более полном формате (конкретный раздел сайта) (стр. 128, 130-131);

- в подразделе 1.2 «Высокотемпературные полимерные связующие и ПКМ на их основе» некорректно использованы термины «когезионная прочность» и «хрупкость» применительно к кремнийорганической смоле;

- указано, вероятно ошибочно, что метод RFI по определению означает пропитку пленочным связующим только под вакуумом (может включать в себя, но не ограничивается вакуумным методом). Является ли RFI-технология разновидностью инъекционных методов (стр.35);

- в список использованных сокращений не попала аббревиатура ЛВЖ (стр.32 диссертации);

- при даче определения термину «препрег» целесообразно его называть полуфабрикатом (нежели материалом, в частности в данном контексте, стр. 42);

- целесообразно пояснить, как за счет нагрева связующего в каландрах пропиточной машины осуществляется контроль реологических характеристик связующих (стр. 44);

- в литературном обзоре не уделено внимание вакуумному способу изготовления деталей из ПКМ;

- запись номинального значения величины и его отклонения необходимо выполнять в скобках:  $(296 \pm 15)$  г/м<sup>2</sup> (стр.49),  $(1100 \pm 50)$  °С (стр.54);

- необходимо уточнить различие терминов «абсорбция» и «адсорбция» (стр. 65);

- для анализа влияния способа формования и режимов изготовления (стр. 76 - 77 диссертации) необходимо уточнить, был ли одинаков уровень давлений при прессовом и автоклавном формовании, как именно он был выбран, ориентировочное количество слоев в образцах и чем объясняется снижение толщины монослоя для образцов автоклавного способа изготовления;

- чем можно объяснить тенденцию увеличения средних показателей прочности при изгибе стеклопластика ВПС-72 при температуре испытаний 320 °С относительно температуры испытаний 20 °С после экспозиции в течение 100 ч;

- целесообразно сообщить информацию о некоторых технологических свойствах полуфабрикатов разработанного стеклопластика, в частности относительный уровень липкости препрегов (например, в сравнении с препрегами на основе эпоксидных связующих), необходимость и возможность местного подогрева при выкладке, возможность адаптации препрега к автоматизированным методам раскроя заготовок, а также сроки и условия хранения препрегов;

- некоторое количество пунктуационных неточностей.

Указанные замечания не снижают положительную оценку проведенной работы и не ставят под сомнение научную новизну, выводы и в целом полученные результаты.

4. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Институт №11 «Материаловедения и технологии материалов», подписан доцентом кафедры «1103 Технология композиционных материалов, конструкций и микросистем», кандидатом технических наук Червяковым А.А. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- автору стоило уточнить, рассматривались ли другие варианты расплавных полиимидных связующих и почему в данной работе выбор пал именно на полиимидное связующее ВС-51;

- с чем связан выбор в разрабатываемом стеклопластике армирующего наполнителя, стеклоткани Т-10-14, отличного от армирующего наполнителя, Т-10-80, применяемого в сравниваемом стеклопластике СП-97С? Связаны ли с этим отличия в смачиваемости, адгезионном взаимодействии компонентов и уровне показателей эксплуатационных свойств сравниваемых в дальнейшем стеклопластиков;

- в объекты исследования целесообразно было бы добавить (написать), не только связующее марки ВС-51 и стеклоткань Т-10-14, но и стеклопластик на основе этих компонентов;

- не указана объемная или массовая доля компонентов в препреге и разрабатываемом стеклопластике (в тексте автореферата автор ограничивается только точностью нанесения связующего  $\pm 2$  масс.%);

- в тексте автореферата не объяснено, зачем на рисунке 3 на стр. 10 приведена ДСК-кривая для препрега на основе эпоксидного связующего ЭДТ-69;

- на рисунках 5-7 непонятно на столбчатых диаграммах приведены средние значения выборки? Сколько образцов было испытано каждого типа? Проводилась ли статическая обработка этих результатов испытаний? Возможно, наглядным

было бы указать на диаграммах интервалы разброса значений или указать коэффициент вариации в подрисуночной подписи;

- стр.11, рисунок 5: в чем причина повышения пористости стеклопластика, полученного автоклавным формованием по режиму 2, по сравнению с прессованием по этому же режиму 2? Каким методом определялась пористость;

- в подрисуночной подписи рисунков 8, 10-12, 16 – целесообразно написать, что на них приведены не микроструктуры, а микрофотографии микроструктуры, и может быть каким методом они были получены;

- каким методом получены топографические модели поверхности образца стеклопластика, представленные на рисунке 18;

- в автореферате отсутствуют результаты определения диэлектрических характеристик, а также характеристик пожаробезопасности, заявленных в главе 2 «Объекты и методы исследования».

5. Публичное акционерное общество «Таганрогский авиационный научно-технический комплекс имени Г.М. Бериева», пописан исполняющим обязанности начальника опытно-конструкторского бюро Хунцария И.В. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- допущены опечатки в нумерации рисунков и страниц;

- в разделе №3.3 хотелось бы видеть более подробное описание технологических режимов формования разработанного стеклопластика;

- в автореферате не приведены результаты исследования радиотехнических характеристик разработанного стеклопластика.

6. Общество с ограниченной ответственностью "Специальное Конструкторско-Технологическое Бюро «Пластик», подписан заместителем главного конструктора по научной работе, кандидатом технических наук Лайковой О.Г. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- в работе представлены сравнительные результаты исследований прочностных характеристик стеклопластиков на основе связующих расплавного и растворного типа, однако представляет интерес анализ упругих характеристик

материалов в связи с безусловным влиянием данных свойств ПКМ на жесткостные показатели и работоспособность авиационной техники;

- с целью анализа возможности применения разработанного композиционного материала в изделиях авиационного назначения рекомендуется проведение опробования технологических приемов переработки препрега стеклопластика ВПС-72 при изготовлении сложнопрофильных элементов конструкций.

7. Акционерное общество «ОДК-Авиадвигатель», Акционерное общество «ОДК-Авиадвигатель», подписан управляющим директором- генеральным конструктором АО «ОДК-Авиадвигатель», академиком РАН, профессором А.А. Иноземцевым. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- в четвертой главе, посвященной практической реализации результатов работ, не представлены рекомендации по серийному изготовлению крупногабаритных деталей из материала ВПС-72, требующего отверждения при 320 °С, которое на данный момент отсутствует на большинстве предприятий;

- также работа получила бы дополнительное преимущество в случае рассмотрения экономической составляющей перехода на новый тип расплавных связующих.

8. Акционерное общество «Обнинское научно-производственное предприятие «Технология» им. А.Г. Ромашина», подписан начальником научно-исследовательского сектора разработки и испытаний электроизоляционных полимерных материалов, связующих и клеев Мосиук В.Н. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- в работе не обусловлен выбор связующего и не описан его состав.

9. Акционерное общество «Объединенная двигателестроительная корпорация», подписан руководителем группы композиционных материалов, кандидатом технических наук Сорокиным А.Е. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- в автореферате (стр. 9) оценку влияния режима отверждения стеклопластика автор проводит по результатам ИК-спектроскопии, которая дает только

качественную картину, при этом данные по определению степени отверждения и температур стеклования образцов не приводятся.

10. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет», подписан заведующей кафедрой «Химия и технологии композиционных материалов», доктором химических наук Бузаевой М.В. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- в своей работе автор приводит результаты исследований диэлектрических характеристик стеклопластика и делает вывод о потенциальной возможности его применения в качестве материала радиотехнического назначения. Интересно было бы провести более обширные исследования в данном направлении, в т.ч. при различных температурах испытаний и после воздействия внешних воздействующих факторов;

- в автореферате не приведены результаты поиска армирующего наполнителя.

Чем обусловлен выбор стеклоткани сатинового переплетения Т-10-14?

11. Акционерное общество «Ульяновский НИАТ», подписан генеральным директором, доктором химических наук Марковцевым В.А. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- в автореферате не приведены результаты по определению пожаробезопасности разработанного материала. Были ли проведены данные исследования;

- имеются незначительные орфографические ошибки по тексту, допущены опечатки в нумерации рисунков.

12. Акционерное общество "Национальный центр вертолетостроения им. М.Л. Миля и Н.А. Камов", подписан начальником формирования и координации ИТП, кандидатом технических наук Слизовым А.К. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- не указан способ нанесения растворного связующего (пропитка вручную или в пропиточной машине с промежуточной сушкой), поскольку будут разные значения пористости и, как следствие, физико-механические характеристики.

13. Акционерное общество «ГосМКБ «Радуга» им. А.Я. Березняка», подписан ведущим конструктором, кандидатом технических наук Макаровым А.Ф. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- отсутствует номер контактного телефона.

14. ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт» (Национальный исследовательский университет), подписан доцентом кафедры 104, кандидатом технических наук Кривоносом Валерием Васильевичем. Отзыв на автореферат. Замечаний нет

15. Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» - Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей», подписанный доктором технических наук Анисимовым А.В. Отзыв на автореферат.

Имеются замечания:

- на стр. 8 автореферата описываются методики по определению пожаробезопасности на горючесть огнестойкость и огнестойкость. Результаты таких испытаний не приведены;

- недостаточно полно описан и обоснован выбор режима термообработки (стр. 13 автореферата, в т.ч. рисунок 9);

- в выводах на стр. 22 автореферата указывается, что «Показана возможность применения стеклопластика ВПС-72 в диапазоне температур от  $-60$  до  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ ». Сохранение основных механических свойств стеклопластика ВПС-72 после воздействия отрицательной температуры ( $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) остается на уровне исходных значений, а сохранение свойств после воздействия повышенных температур ( $280$  и  $320\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) составляет в среднем  $70-90\%$ , при этом по тексту автореферата нет ни единого упоминания про какие-либо испытания, выполненные при отрицательных температурах.

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, решающей важную материаловедческую задачу по разработке новых ПКМ и методов повышения комплекса их свойств, и соответствует

требованиям и критериям «Положения о порядке присуждения научных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842, предъявленным к диссертациям на соискание степени кандидата наук, а ее автор Курносков Артем Олегович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.17 – «Материаловедение».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

- доктор технических наук, генеральный директор акционерного общества «Научно-произведённое объединение Стеклопластик» Трофимов Александр Николаевич, является одним из ведущих ученых в области разработки и применения полимерных композиционных материалов на основе стеклянных наполнителей. Под непосредственным руководством Трофимова А.Н. и при его участии выполнен большой комплекс научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, были организованы уникальные производства различных видов многофункциональных стеклянных волокон, тканей и стеклопластиков, обладающих высокими физико-механическими характеристиками, которые нашли применение во многих изделиях авиационно-космической техники;

- кандидат технических наук, ведущий технолог отдела научно-исследовательского отделения технологии публичное акционерное общество «Объединенная авиастроительная корпорация» опытно-конструкторское бюро Сухого Насонов Федор Андреевич, автор более 70 научных трудов. Насонов Ф.А. является одним из ведущих специалистов отрасли в области полимерных композиционных материалов авиационного назначения. Под руководством и участие Насонова Ф.А. проводятся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, направленные на создание, исследование и применение полимерных композиционных материалов на основе различных типах армирующих наполнителей и полимерных связующих;

- акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» является ведущим предприятием России в области проектирования и производства конструкций из современных полимерных композиционных материалов для транспортного, энергетического, нефтехимического машиностроения и других отраслей промышленности. Заключение по диссертационной работе было подготовлено учеными, которые непосредственно занимаются вопросами исследования и создания новых полимерных композиционных материалов (главный химик – заместитель главного конструктора по материаловедению, к.х.н. Ю.В. Антипов и заместитель главного конструктора по прочности, к.т.н. В.О. Каледин).

Список основных публикаций сотрудников ведущей организации за последние 5 лет:

1. Каледин В.О., Страхов В.Л., Кульков А.А. Оптимальное проектирование и изготовление напряжённых композитных конструкций с теплозащитой // Вопросы оборонной техники. Серия 15. 2018. выпуск 2(189);
2. Страхов В.Л. Разделы в книге «Технология производства ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе» 2.4. «Теплозащитные материалы, применяемые для композитных корпусов». 2018. Книга «Технология производства ракетно-прямоточных двигателей на твердом топливе» под редакцией А.А. Сорокина, Серия «Технология ракетно-космического машиностроения», МКБ «Искра», МГТУ им. Н.Э. Баумана, ЦИАМ им. П.И. Баранова, НПО «Композит», АО «ЦНИИСМ», издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана;
3. Хавалкин П.М., Киркина Л.Ф., Антипов Ю.В. Исследование взаимодействия углеродных волокон и эпоксидных связующих при изготовлении элементов конструкций // Вопросы оборонной техники. Серия 15. 2019. Выпуск 2(193). С. 58-62;
4. Пахомов К.С., Антипов Ю.В., Круглов Е.В. Экспериментальное исследование влияния релаксации волокнистых полимерных композитов на их упруго-прочностные свойства // Вопросы оборонной техники. Серия 15. 2020. Выпуск 2(197);

5. Каледин В.О., Страхов В.Л. Определение высокотемпературных теплофизических характеристик углепластиков // Вопросы оборонной техники. Серия 15. 2020. Выпуск 3-4(198-199);

6. Анискович В.А., Будадин О.Н., Далинкевич А.А., Разин А.Ф. Прогнозирование сроков эксплуатации изделий из ПКМ // Вопросы оборонной техники. Серия 15. 2021. Выпуск 3(202).

7. Каледин В.О., Страхов В.Л., Гусев К.И., Федорова М.В. Расчет оптимальных параметров температурного режима термообработки отверждаемых заготовок композитных конструкций сложной геометрической и неоднородной структуры // Вопросы оборонной техники. Серия 15. 2023. Выпуск юбилейный.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработан стеклопластик ВПС-72 на основе полиимидного связующего ВС-51 полимеризационного типа и конструкционной стеклоткани Т-10-14, работоспособный при температурах до 320 °С;

- экспериментально установлены и научно обоснованы технологические параметры формования стеклопластика ВПС-72, обеспечивающие при подаче избыточного давления при температуре свыше 240 °С равномерность микроструктуры полимерной матрицы и высокий уровень физико-механических свойств стеклопластика в широком диапазоне температур (от 20 до 320 °С);

- показано, что пониженная (в 2 раза) пористость и повышенный (до 30 %) уровень механических характеристик разработанного стеклопластика ВПС-72 по сравнению с применяемым в промышленности стеклопластиком СТП-97С обусловлены высокотемпературной полимеризацией линейных олигоимидов по ненасыщенным концевым группам с образованием сетчатого полиимида без выделения летучих продуктов;

- установлено, что термовлажностное воздействие ( $T = (60 \pm 2) ^\circ\text{C}$  и  $\varphi = (85 \pm 3)$ ) на разработанный стеклопластик ВПС-72 в течение 3-х месяцев и воздействие повышенной температуры (280 и 320 °С) не приводят к значительному снижению его характеристик механической прочности: значения пределов прочности при сдвиге и изгибе составляют не менее 70% от уровня исходных значений характеристик; при воздействии низких температур (до -60 °С) показатели механических характеристик остаются на уровне исходных значений.

- подтверждена и обоснована возможность применения стеклопластика ВПС-72 в условиях повышенных температур (до 320 °С).

Теоретическая значимость научной работы заключается в том, что полученные в работе закономерности влияния температурно-временных параметров формования на микроструктуру, пористость и характеристики прочности разработанного стеклопластика могут быть использованы при дальнейших разработках полимерных композиционных материалов нового поколения с высоким уровнем физико-механических и эксплуатационных характеристик в широком диапазоне температур с целью обеспечения надежности и долговечности материалов и изделий для различных отраслей промышленности. Результаты исследовательской части диссертационной работы расширяют представления о комплексном влиянии повышенной температуры и влажности на микроструктуру и характеристики полимерного композиционного материала на основе высокотемпературного полиимидного связующего полимеризационного типа.

Значение полученных соискателем результатов исследований для практики подтверждаются тем, что:

- определены температурно-временные и реологические параметры переработки полиимидного связующего ВС-51 полимеризационного типа, обеспечивающие прецизионный характер нанесения связующего на армирующий наполнитель;
- показано, что разработанная расплавная технология изготовления препрега (ТИ 1.595-10-1370-2020) стеклопластика ВПС-72 на основе полиимидного связующего полимеризационного типа позволяет обеспечить меньший разброс объемно-массовых характеристик полуфабриката (точность нанесения связующего  $\pm 2$  масс.%) по сравнению с растворной технологией изготовления препрега стеклопластика на основе полиимидного связующего СП-97С поликонденсационного типа (точность нанесения связующего  $\pm 5$  масс. %).
- разработанная технология изготовления стеклопластика ВПС-72 оформлена соответствующей технологической рекомендацией (ТР 1.2.2841-2020);
- получен комплекс сведений о стеклопластике ВПС-72 (паспорт №2028), необходимый для выбора материала на стадии проектирования и модернизации изделий, устанавливающий возможность использования в конструкции авиационной

и специальной техники и его преимущества перед ранее разработанными материалами с указанием области применения;

- проведено технологическое опробование стеклопластика ВПС-72 на предприятиях авиационно-космической отрасли ПАО НПО «Наука» и ОКБ Сухого ПАО «ОАК», свидетельствующее о перспективности применения разработанного материала в составе теплонагруженных элементов конструкций изделий авиационной техники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- достоверность полученных результатов и выводов диссертации обеспечена использованием аттестованного, поверенного оборудования и современных стандартизованных методик при проведении экспериментов, а также большим объемом выполненных экспериментов и испытаний.

Личный вклад соискателя состоит в анализе и обобщении данных в области высокотемпературных полимерных композиционных материалов и технически грамотной постановке объёмного эксперимента, направленного на решение конкретных научных и прикладных задач. Курносов А.О. непосредственно участвовал в получении исходных данных и научных экспериментах, разработке прецизионной технологии изготовления препрега стеклопластика ВПС-72, разработке технологии формования стеклопластика ВПС-72, исследовании комплекса физических и механических характеристик разработанного материала, обобщении и анализе полученных данных, представлении результатов работы и подготовке публикаций.

В ходе защиты диссертации были заданы вопросы и высказаны следующие критические замечания:

1. Чем подтверждается оригинальность разработанного стеклопластика?
2. Насколько разработанный стеклопластик адаптирован к производству в условиях санкций с точки зрения компонентной базы (химии) или есть проблемы?
3. Есть ли какие-то требования к волокнам, которые используются при изготовлении стеклоткани Т-10?
4. В автореферате, глава 2, не указано, какой аппрет имеет стеклянное волокно, входящее в состав стеклоткани. Стеклянное волокно имеет аппрет отличный от химической природы используемого в работе полиимидного связующего, как вы справляетесь с этой проблемой?

5. Была ли рассмотрена смачиваемость стекловолокна полиимидным связующим?

6. Возможно ли использование полиимидного связующего для изготовления семипрегов?

7. В чем заключается преимущество расплавной, в сравнении с и растворной, технологий? Каковы энергозатраты? Автоклавное формование это дорогая технология, какие плюсы у предлагаемой технологии?

8. Насколько корректно сравнение растворного и расплавного стеклопластиков в работе, так как они выполнены на разных тканях, с разными аппретами, на разных связующих, не один компонент в составах сравниваемых стеклопластиков не повторяется.

9. Термообработка приводит к доотверждению, возможно следует включить эту стадию в общий технологический процесс?

10. Какая природа пористости (1-2 %) у материала на основе расплавного связующего? Летучих продуктов нет или все же есть?

11. После выдержки образцов стеклопластика в воде температура стеклования повышается на 20 °С. С чем связан такой эффект?

12. Почему согласились, что препрег – это полуфабрикат, а не материал?

Соискатель Курносов А.О. согласился с замечаниями на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

1. Оригинальность состава стеклопластика марки ВПС-72 подтверждается тем, что на связующее, входящее в состав разработанного стеклопластика выпущен патент, а на производство самого стеклопластика разработана соответствующая нормативно-техническая документация, в частности технологическая инструкция (ТИ) на изготовление препрега стеклопластика и технологическая рекомендация (ТР) на формование стеклопластика, в которых были выявлены «ноу-хау» (секреты производства).

2. Материал (стеклопластик) состоит из двух основных компонентов: это стеклянная ткань отечественного производства, выпускаемая по ГОСТ, и полимерного связующего, производства НИЦ «Курчатовский институт – ВИАМ». Полимерное связующее ВС-51 при его разработке содержало импортные компоненты производства КНР, однако были проведены работы по замене импортных компонентов на отечественные.

3. Дополнительных требований к используемым алюмоборосиликатным волокнам, входящих в состав выбранного наполнителя не предъявляется ввиду многолетнего положительного опыта применения армирующих материалов на основе данных волокон в изделиях авиационной техники.

4. Различие химической природы аппретирующего вещества и используемого полимерного связующего не является существенной проблемой. При изготовлении большинства стеклянных волокон применяются аппретирующие составы или активные замасливатели на основе силановых компонентов, при этом опыт работы со стеклопластиковыми на основе связующих различной химической природы (эпоксидные, полиимидные и др) показывает достаточно высокую адгезию на границе наполнитель/матрица, негативных факторов не выявлено.

5. Реологические характеристики выбранного расплавленного связующего затрудняют определение смачиваемости волокна. При этом оценка качества изготовленных образцов проводилась по его физико-механическим характеристикам и микроструктуре.

6. Да, семипреги – это перспективное направление, однако в первую очередь семипреги используются для вакуумного формования, а для отверждения разработанного стеклопластика необходимо высокое давление порядка 10 атм., что может обеспечить только автоклавно-вакуумное или прессовое формование.

7. При сравнении растворной и расплавной технологий следует отметить, что при удалении летучих продуктов необходимо занижать скорость пропитки, повышать температуру в сушильной камере для удаления летучих, соответственно расплавная технология будет более выигрышной, производительность у нее выше, чем у растворной. При применении вакуумно-автоклавного или прессового формования для отверждения материалов на основе растворного или расплавленного полиимидного связующего энергозатраты будут в целом равными.

8. Считаю, что сравнение данных материалов более чем корректно. Выбранный для сравнения материал (стеклопластик марки СТП-97с) – это наиболее близкий аналог к разработанному стеклопластику марки ВПС-72. Близкий, прежде всего по температуре эксплуатации, по температурам отверждения и по химической природе связующего (класс полиимиды). Также в обоих материалах применен один и тот же армирующий наполнитель – стеклоткань Т-10, но с разными аппретирующими составами. Для разрабатываемого стеклопластика была выбрана ткань Т-10-14, а не Т-

10-80 виду того, что в настоящее время замасливатель № 80 выведен из ГОСТ 19170 ввиду повышенной токсичности. При этом в замасливателях №14 и №80 применяется одно и то же химическое адгезионное вещество и физико-механические свойства стеклонитей на основе данных замасливателей являются равнозначными.

9. Потенциально стадию термообработки можно включить в единый технологический цикл, однако при этом общее время формования материала будет превышать продолжительность рабочей смены на предприятии потребителе (более 8 часов).

10. Пористость на уровне 1-2 % в образцах материала образуется за счет удаления остаточного растворителя используемого при синтезе связующего, а также за счет выделения низкомолекулярных продуктов на первой стадии отверждения материала.

11. Данный эффект может быть вызван пластификацией полимерной матрицы под действием повышенной влажности и температуры.

12. В целом данный вопрос достаточно дискуссионный, но во многих литературных источниках используется термин «полуфабрикат» применительно к препрегу.

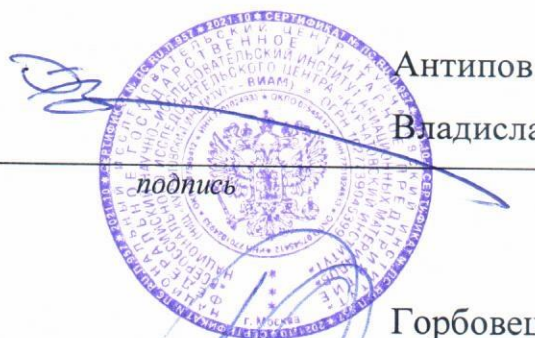
13. Соискатель указал, что все высказанные замечания будут учтены в дальнейшей научной работе.

В диссертационной работе все заимствованные источники представлены со ссылками на автора или источник.

На заседании «20» сентября 2023 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Курносова А.О. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание степени кандидата технических наук, и принял решение присудить Курносову Артему Олеговичу степень кандидата технических наук по научной специальности 2.6.17. – «Материаловедение» за новые научно-обоснованные решения по разработке стеклопластика на основе расплавленного полиимидного связующего полимеризационного типа для деталей авиационной техники с повышенной надежностью эксплуатации при температурах до 320°C, имеющие важное значение для развития отечественной авиационно-космической отрасли.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 6 докторов наук по научной специальности 2.6.17. – «Материаловедение», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 15, против – 0.

Председатель  
диссертационного совета  
д.т.н.

  
подпись

Антипов  
Владислав Валерьевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
к.т.н.

Горбовец  
Михаил Александрович

Дата оформления заключения: «20» сентября 2023 г.