

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 403.001.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ АВИАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ» РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА
НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «7» июня 2022 г. № 3

О присуждении Евдокимову Антону Андреевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Полимерный композиционный материал, изготавливаемый по технологии вакуумной инфузии с формообразованием при температурах до 40°C» по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов» принята к защите 31 марта 2022 г. (протокол заседания № 2) диссертационным советом Д 403.001.01, созданным на базе федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (далее НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ), 105005, г. Москва, ул. Радио, 17, приказ Минобрнауки России № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

Соискатель Евдокимов Антон Андреевич, 23 февраля 1988 года рождения, в 2011 году окончил магистратуру государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «МАТИ» - Российский государственный технологический университет

имени К.Э. Циолковского по направлению «Материаловедение и технология новых материалов», в 2012 году получил квалификацию экономист-менеджер по специальности «Экономика и управление на предприятии (машиностроение)» в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «МАТИ» - Российский государственный технологический университет имени К.Э. Циолковского. Справка об обучении выдана в 2021 году НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

Евдокимов Антон Андреевич работает в должности инженера 2 категории лаборатории № 611 «Лаборатория углепластиков и органиатов» НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

Диссертация выполнена в лаборатории № 611 «Лаборатория углепластиков и органиатов» НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

Научный руководитель - доктор технических наук, профессор Петрова Алефтина Петровна – главный научный сотрудник лаборатории № 614 «Лаборатория клеев и клеевых препрегов» НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

Официальные оппоненты:

Люсова Людмила Ромуальдовна, доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации;

Пахомов Кирилл Сергеевич, кандидат технических наук, начальник отдела конструкционных композиционных материалов акционерного общества «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» Российской Федерации

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация - федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в своем положительном отзыве, подписанном доцентом кафедры «Технологии переработки пластмасс», кандидатом технических наук, доцентом, Олиховой Юлией Викторовной и утвержденном проректором по науке, доктором химических наук Анной Анатольевной Щербиной, указала, что в работе Евдокимова Антона Андреевича решены важные научные задачи:

1. на основе результатов собственных исследований установлено влияние температуры на кинетику процессов формообразования и отверждения на примере эпоксивинилэфирного связующего ВСВ-43 и определены оптимальные режимы его переработки;

2. на основе изучения имеющихся в научной среде подходов к изготовлению ПКМ, а также проведения математического моделирования, выявлена зависимость изменения упруго-прочностных характеристик углепластика ВКУ-51 на основе плетёной преформы и связующего ВСВ-43 и установлено, что наилучший угол ориентации армирующих волокон составляет 30 градусов;

3. путём систематизации и выбора наиболее оптимального технологического способа изготовления крупногабаритных конструкций из ПКМ, а также путём проведения математического моделирования процесса пропитки крупногабаритной арочной конструкции связующим ВСВ-43, разработана технология изготовления углепластика, компонентами которого являются эпоксивинилэфирное связующее ВСВ-43 и плетёная углеродная преформа; разработана технология изготовления из углепластика арочной конструкции длиной до 15 метров, обладающей высокой несущей способностью и стойкостью к воздействию факторов внешней среды.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа Евдокимова А.А. соответствует требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук п.п. 9-14 положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Евдокимов Антон Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов».

Соискатель имеет 13 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 8 – в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, 1 патент Российской Федерации.

В опубликованных работах содержатся основные научные и практические результаты, изложенные в диссертационной работе соискателя: экспериментально определены оптимальный температурный интервал переработки эпоксивинилэфирного связующего по технологии вакуумной инфузии - $20\div 25^{\circ}\text{C}$ и оптимальный режим отверждения связующего: 20°C – 24 ч., 80°C – 4 ч., позволяющие достигать максимальных характеристик при формовании ПКМ в «полевых» условиях; рассчитано и экспериментально подтверждено, что структура армирования углепластика под углом 30° к оси арочного элемента является оптимальной для изготовления крупногабаритных полых арочных конструкций по технологии вакуумной инфузии в «полевых» условиях и позволяет обеспечить увеличение прочности несущей конструкции моста без применения крупногабаритного оборудования.

Наиболее значительные работы:

1. Евдокимов А.А., Имаметдинов Э.Ш., Малаховский С.С. Усиление строительных конструкций из бетона системой внешнего

армирования из углепластика // Труды ВИАМ. 2020. №10, DOI: 10.18577/2307-6046-2020-0-10-73-80.

2. Евдокимов А.А., Ильичёв А.В., Михалдыкин Е.С. Растяжение анизотропных слоистых полимерных композиционных материалов на основе углеродных преформ с биаксиальным плетением // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2016. №7. С.72-79.

3. Евдокимов А.А., Петрова А.П., Павловский К.А., Гуляев И.Н. Влияние климатического старения на свойства ПКМ на основе эпоксивинилэфирного связующего // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн., 2021. №3. Ст.12. URL: <http://www.viam-works.ru>. DOI: 10.18577/2307-6046-2021-0-3-128-136.

4. Мурашов В.В., Слюсарев М.В., Евдокимов А.А. Контроль качества оболочек арочных элементов надземных частей опор быстровозводимых мостовых сооружений из ПКМ // Труды ВИАМ. 2016 г. №7. Ст.10 DOI:10.18577/2307-6046-2016-0-7-10-10.

5. Ткачук А.И., Загора А.Г., Донецкий К.И., Евдокимов А.А. Применение современных полимерных композиционных материалов при строительстве быстровозводимых мостовых сооружений // Авиационные материалы и технологии. 2021 г. №2. DOI:10.18577/2713-0193-2021-0-2-43-50

6. Мишкин С.И., Раскутин А.Е., Евдокимов А.А., Гуляев И.Н. Технологии и основные этапы строительства первого в России арочного моста из композиционных материалов // Труды ВИАМ. 2017 г. №6. Ст. 5. DOI:10.18577/2307-6046-2017-0-6-5-5.

7. Патент РФ 2633719 «Способ изготовления полого конструктивного элемента из композиционного материала» опубл. 17.10.2017.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Отзыв на диссертацию ведущей организации - федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего

образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». Отзыв положительный.

Имеются замечания:

– желательно на рисунках 40-43 отобразить распределение рельефа, представленного на микрофотографиях в виде графика.

– не представлены значения разброса характеристик на рисунках, иллюстрирующих зависимости вязкости связующего от температурно-временных параметров его отверждения (в главе 3 –рис. 12, 15), зависимость упруго-прочностных свойств углепластика ВКУ-51 при разных видах нагружения (в главе 5 – рис. 36, 39).

– допущена ошибка в таблице 27 в указании сроков экспозиции при температуре 60 °С, влажность 85% и в воде при температуре 60°С.

– не указан тип аппретирующего состава, нанесенного на углеродное волокно марки Panex 35.

2. Отзыв на диссертацию официального оппонента Люсовой Людмилы Ромуальдовны - доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет». Отзыв заверен первым проректором ФГБОУ ВО «МИРЭА - Российский технологический университет», д.х.н. Прокоповым Н.И. Отзыв положительный. Имеются замечания:

– полный количественный состав связующего ВСВ-43 не раскрывается, детали оптимизации состава отсутствуют;

– не понятно, каким образом был установлен коэффициент запаса в 10-15% при расчетах минимальных требований физико-механических характеристик углепластика (глава 4);

– в разделе 4.1, посвященном анализу и выбору армирующего наполнителя для изготовления преформы, нечетко описано

сложнонапряженное состояние оболочки из углепластика и то, что оптимальным углом плетения рукава преформы является именно угол 30° ;

– не представлены значения разброса характеристик на рисунках, иллюстрирующих зависимости вязкости связующего от температурно-временных параметров его отверждения (в главе 3 –рис. 12, 15), зависимость упруго-прочностных свойств углепластика ВКУ-51 при разных видах нагружения (в глава 5 – рис. 36, 39);

– не даётся объяснений, почему для контроля качества арочных элементов используется акустический импедансный метод;

– некоторые технические термины используются некорректно, например, «сильная усадка» (с.20); «полярных растворителей» (вода, нефтепродукты)» (с.21); «это может быть объяснено образованием зародышей кристаллов в полимерной матрице материала» (с. 85);

– в работе имеются опечатки.

3. Отзыв на диссертацию официального оппонента Пахомова Кирилла Сергеевича - кандидата технических наук, начальника отдела конструкционных композиционных материалов АО «ЦНИИСМ». Отзыв заверен секретарем научно-технического совета АО «ЦНИИСМ», Г.В. Красновой. Отзыв положительный. Имеются замечания:

– в автореферате работы в практической значимости указано, что на основе результатов исследования были разработаны технические условия и технологическая инструкция на связующее ВСВ-43, при этом ни в тексте автореферата, ни в тексте диссертации каких-либо исследований по выбору состава связующего обнаружено не было;

– на стр. 50 диссертации – «ПКМ должны обладать наилучшей укрывистостью и наименьшей стоимостью для минимизации затрат на производство ПКМ» - не понятно «наилучшей» и «наименьшей» по сравнению с чем? Кроме того, термин укрывистость означает способность пигмента или пигментированного лакокрасочного материала перекрывать

цвет поверхности. В связи с чем, некорректно применять термин укрывистость для ПКМ;

– на стр. 62 диссертационной работы описана подготовка связующего к пропитке одним из этапов которой является совмещение компонентов А и Б, при этом на стр. 28 в объектах исследования компонентный состав связующего состоит из 10 наименований;

– на стр. 62 диссертационной работы имеется ссылка на формулу (2) со стр. 31, с помощью которой определяется влагопоглощение, но никак не для определения соотношения компонентов А и Б связующего;

– в работе не исследована возможность использования углеродных преформ с разной укладкой слоёв в них. Изменение схемы армирования арочной конструкции позволило бы увеличить прочность конструкции в поперечном направлении при сохранении прочности в осевом;

– не приведено объяснений, почему при изготовлении арочной оболочки оптимальным является диаметр 300 мм;

– на рис. 36 значения упруго-прочностных свойств углепластика ВКУ-51 от угла армирования при 0° ниже теоретически рассчитанных по правилу «смеси». Пояснений автор не даёт.

4. Акционерное общество «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита «НИИГрафит», подписан заместителем директора по науке и инновациям, к.т.н. А.Р. Гареевым. Присутствуют замечания:

– не указан тип аппетирующего состава, нанесенного на углеродное волокно марки Rapex 35;

– в таблице 4 имеется ошибка в сроках экспозиции при температуре 60°C , влажность 85%, и в воде при температуре 60°C .

5. Акционерное общество «Юматекс», подписан директором по развитию инвестиционных проектов, к.т.н. Е.С. Михалдыкиным. Присутствуют замечания:

– в тексте автореферата не представлена информация о методике моделирования данных, приведенных в таблице 3;

– в тексте автореферата на рисунке 2 приведен график изменения механических свойств, предположительно предела прочности материала при 3-х видах испытаний. На самом графике не подписано какая именно характеристика на нем представлена, что и заставляет выдвигать предположения, а название графика «Зависимость упруго-прочностных свойств..» дополнительно вводит в заблуждение. В то же время с учётом того, что далее на основании этого графика делается вывод о необходимом угле плетения преформы для создания эффекта трубобетона, более правильно привести график изменения модуля упругости.

6. НИЦ «Курчатовский институт» - ИРЕА, подписан руководителем Центра трансфера научных технологий и разработок, к.х.н., А.С. Егоровым. Имеются замечания:

– автору диссертационной работы целесообразно было бы представить значения минимальных и максимальных характеристик на рисунках, отображающих зависимость упруго-прочностных характеристик углепластика ВКУ-51 от ориентации армирующего наполнителя и от экспозиции в разных климатических зонах в течение 1,3 и 5 лет;

– в тексте диссертации нет пояснений, почему для изготовления арочной оболочки использовался диаметр только 300 мм.

7. ФГБОУ ВО «МАДИ» деканом факультета «Дорожные и технологические машины», профессором кафедры «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин», подписан д.т.н., профессором Н.И. Бауровой. Имеются замечания:

– не описан механизм нелинейного описания прочности при растяжении (рис. 3 а, стр. 14 автореферата) после экспозиции на климатических станциях Москвы и Геленджика;

– непонятно какое программное обеспечение использовано автором при проведении математического моделирования, результаты которого приведены в табл. 3 (стр. 11 автореферата).

8. ФГБОУ ВО «МАДИ», подписан доцентом кафедры «Мосты, тоннели и строительные конструкции», к.т.н. Ш.Н. Валиевым. Имеются замечания:

– не представлено значение разброса характеристик на рисунках, иллюстрирующих зависимости вязкости от температурно-временных параметров его отверждения (рис.1), зависимость упруго-прочностных свойств углепластика ВКУ-51 при разных видах нагружения (на рис. 2 и 3);

– ошибка в сроках экспозиции при температуре 60 °С, влажность 85%, и в воде при температуре 60 °С.

9. ФГБОУ ВО «МАИ», подписан доцентом кафедры «Технология композиционных материалов, конструкций и микросистем», к.т.н. А.А. Червяковым. Имеются замечания:

– в 1-й главе не указано по каким именно критериям в результате рассмотрения установлено, что наиболее подходящим для изготовления ПКМ методом вакуумной инфузии является эпоксивинилэфирное связующее;

– для некоторых исследований и проведённых испытаний не указано оборудование, приборы, на которых они проводились и по каким стандартам (ГОСТ, ASTM и т.п.);

– не понятно, что за математическое моделирование было проведено в главе 4: аналитическое, численное, компьютерное, с помощью какого пакета программ;

– отсутствие значений разброса характеристик на рисунках 1-3;

– не указано как определяется коэффициент проницаемости изготавливаемой преформы, который необходим для моделирования процесса пропитки в РАМ-RTM.

10. ФГБОУ ВО «МГТУ им. Н.Э. Баумана», подписан профессором кафедры «Ракетно-космические композиционные конструкции», д.т.н. П.В. Просунцовым. Имеются замечания:

– из текста автореферата не ясно, почему, кроме широкого распространения на рынке, для создания нового композиционного материала выбраны именно данные компоненты;

– непонятно, как автор планирует обеспечить защиту элементов металлических конструкций, находящихся в контакте с углепластиком

Все отзывы положительные. В отзывах отмечено, что диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, решающей важную материаловедческую и технологическую задачу по разработке нового ПКМ и технологии его переработки, и соответствует требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Евдокимов Антон Андреевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

- доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Химии и технологии переработки эластомеров им. Ф.Ф. Кошелева» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА - Российский технологический университет» Люсова Людмила Ромуальдовна, является одним из ведущих ученых в России в области полимерных материалов и их переработки, разработки эластомерных материалов с комплексом заданных специальных свойств, теоретических и

экспериментальных методов исследования полимерных композиционных материалов и процессов их переработки;

- кандидат технических наук, начальник отдела конструкционных композиционных материалов АО «ЦНИИСМ» Пахомов Кирилл Сергеевич, является одним из ведущих ученых в России в области современных способов изготовления изделий из ПКМ методом намотки, а также исследования физико-механических свойств ПКМ;

- федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» является одной из ведущих организаций в области полимерных композиционных материалов, предназначенных для использования в разных сферах промышленности.

Список основных публикаций сотрудников ведущей организации за последние 5 лет:

1. Onuchin D.V., Sirotin I.S., Pavlova G.A., Filatov S.N., Kireev V.V., Kerber M.L., Gorbunova I.Y. Features of Curing of a Diane Epoxy Oligomer Modified with Epoxyphosphazene // Polymer Science.-2018.-Vol.60.№2.-P.182-187.

2. Sirotin I.S., Sarychev I.A., Vobobyeva V.V., Kuzmich A.A., Bornosuz N.V., Onuchin D.V., Gorbunova I.Y., Kireev V.V. Synthesis of Phosphazene-Containing, Bisphenol A-Based Benzoxazines and Properties of Corresponding Polybenzoxazines // Polymers. Molecular Diversity Preservation International.-2020.Vol.12.№6.P.1225.

3. Vartanyan M.A., Voytovich I., Gorbunova I.Y., Makarov N.A. Preparation and Structural Characterization of Complex Oxide Eutectic Precursors from Polymer – Salt Xerogels Obtained by Microwave-Assisted Drying // Materials. – 2020.- №13.P.1808-1823.

4. Bornosuz N.V., Gorbunova I.Yu., Kireev V.V., Bilichenko Y.V., Onuchin D.V., Shutov V.V., Petrakova V.V., Kolenchenko F.F., Nguyen D.T.,

Pavlov N.V., Sirotin I.S., Shursova L.V., Orlov A.V., Grebeneva T.A., Svistunov Y.S. Synthesis and Application of Arylaminophosphazene as a Flame Retardant and Catalyst for the Polymerization of Benzoxazines // *Polymers*. -2021.- Vol.13.№2.-P. 1-15.

5. Шибряева Л.С., Горбунова И.Ю., Кербер М.Л., Повернов П.А. Особенности термоокислительной деструкции композиций на основе эпоксидного олигомера с термопластичными наполнителями // *Высокомолекулярные соединения*. – 2021. – Т.63. №4. – С.231-250.

6. Malakhovsky S.S., Kostormina N.V., Olikhova Y.V., Kravchenko T.P., Gorbunova I.Y. Carbon Plastic Binders Based on Epoxy Oligomers Modified by Thermoplast // *Polymer Science*.- 2021. – Vol.14.#4. – P.513-516.

7. Olikhova Y.V., Loban O.I., Kolybanov K.Y., Kravchenko T.P. Curing of an Epoxy Composition in the Presence of Functionalized Diene Rubber // *Polymer Science*. – 2021. – Vol. 14. №2. – P. 208-212.

8. Osipchik V.S., Egorov A.S., Anokhin A.S., Olikhova Y.V., Okipchik V.V., Binder and polymeric-ceramic material filled with nanosized AlO₃ // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021/ - Vol. 1758. №1.

9. Osipchik V.S., Khlaing Zo U, Kostormina N.V., Kravchenko T.P., Mezhev Y.O. Dependent of Corrosion-Resistant Materials Using ED-20 Epoxy Resin Modified with Viniflex // *Polymer Science*/ 2021. Vol.14. #2. – P.205-207.

10. Kostormina N.V., Olikhova Y.V., Malakhovskii S.S., Gorbunova I.Yu. Modified epoxy resins for prepreg technology // *Key Engineering Materials*. - 2021. – Vol. 899. –P. 733-738.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- сформирован комплекс научно-технических и технологических разработок, обеспечивающих создание в «полевых» условиях, без применения тяжелого строительного оборудования несущей конструкции арочного элемента дорожного моста с требуемым уровнем

эксплуатационных характеристик;

- всесторонне исследован терморезистивный состав олигомерного связующего по их хим-реологическим и поверхностным (смачивание и адгезия к поверхности армирующих волокон) свойствам, условиям и рациональным параметрам отверждения и показателям механических свойств сетчатых полимерных матриц на их основе в условиях воздействия климатических факторов эксплуатации;

- рекомендован тип волокна и параметры формирования плетельных преформ с требуемой схемой армирования, определенной из анализа напряженно-деформированного состояния материала в процессе эксплуатации и ее подготовкой к технологическому процессу;

- рекомендованы рациональные параметры инфузионного метода совмещения исходных компонентов, определенных моделированием процесса в программе PAM-RTM в соответствии с законом Дарси определяющим расход однородной жидкости через пористую среду при ламинарном режиме потока и формования требуемой композитной заготовки на их основе (патент РФ № 2633719 «Способ изготовления полого конструктивного элемента из композиционного материала»).

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработан углепластик марки ВКУ-51, прошедший общую квалификацию;

- разработана технология изготовления крупногабаритного арочного элемента из углепластика ВКУ-51;

- с использованием арочных элементов из углепластика ВКУ-51 построен первый в Российской Федерации двухполосный автомобильный мост в посёлке Языково Карсунского района Ульяновской области с двумя пешеходными переходами длиной 20 метров и максимальной нагрузкой 100 тонн.

Теоретическая значимость заключается в том, что результаты проведенных в работе исследований расширяют представления о комплексном влиянии температуры, влаги и агрессивных сред на характеристики разработанного на основе эпоксивинилэфирного связующего марки ВСВ-43 и плетеной преформы из углеродного волокна Zoltek 48K (Panex 35) углепластика марки ВКУ-51. Полученные в работе экспериментальные данные доказывают эффективность метода вакуумной инфузии при изготовлении в «полевых условиях» из углепластика марки ВКУ-51 несущих крупногабаритных полых арочных конструкций.

Достоверность полученных результатов и выводов диссертации основана на применении современных экспериментальных методов анализа, комплексном характере работы, системном подходе к проводимым исследованиям. Результаты экспериментальных исследований получены современными взаимодополняющими методами с использованием метрологически аттестованных и поверенных приборов и оборудования.

Личный вклад автора состоит в методической постановке работы, исследовании температурно-временной зависимости формообразования и определении оптимального температурного интервала переработки и отверждения связующего ВСВ-43 по технологии вакуумной инфузии, построении математической модели расчета зависимости упруго-прочностных характеристик ПКМ от направления армирования углеродных жгутов в преформе и определении оптимального угла армирования углеродной преформы, в разработке технологии изготовления углепластика на основе связующего ВСВ-43 и плетеной преформы из углеродного волокна Zoltek 48K (Panex 35), исследовании влияния структуры армирования углепластика на его упруго-прочностные свойства и влияния факторов внешней среды на физико-механические характеристики углепластика-разработке технологии изготовления полого конструкционного арочного элемента из углепластика марки ВКУ-51 и исследовании его несущей

способности.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- 1) Указанный на слайде 13 коэффициент проницаемости преформы установлен в каком направлении (x, y или z)?;
- 2) Устанавливался ли коэффициент проницаемости по толщине преформы в направлении z?
- 3) Сколько точек подачи вакуума было размещено на заготовке длиной 12,5 м при пропитке её связующим способом вакуумной инфузии?
- 4) Где изготавливаются жгуты марки Rapex 35, применённые для изготовления преформы? Рассматривалось ли возможность использования углеродных жгутов отечественного производства для изготовления плетёных преформ?
- 5) Применены ли разработки, полученные при выполнении данной работы для изготовления авиационной техники?
- 6) Чем объясняется большее сохранение физико-механических характеристик после экспозиции в щелочном растворе по сравнению с экспозицией в воде?

Соискатель Евдокимов А.А. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию:

- 1) Указанный коэффициент проницаемости преформы установлен для направлений x и y;
- 2) Да, устанавливался и был применен при моделировании процесса пропитки арочного элемента, состоящего из 10 слоёв преформы, но на слайде он не представлен;
- 3) На заготовке арочного элемента было установлено 4 точки подачи связующего, расположенных равноудалённо друг от друга вдоль заготовки. Точки подачи связующего устанавливались на распределительной ленте, уложенной вдоль заготовки арочного элемента для ускорения

распределения фронта связующего при пропитке. Точки подачи вакуума были расположены с диаметрально противоположной стороны от точки подачи связующего в шахматном порядке;

4) Жгуты марки Rapex 35 производятся в Венгрии. Выпускаемые отечественными компаниями углеродные жгуты имеют номинал меньший, чем 48К, поэтому для изготовления преформы не рассматривались. В настоящее время на рынке РФ имеются волокна, изготовленные отечественными предприятиями номиналом 24К и возможно изготовление из них волокон номиналом 48К путем переплетения их в один жгут. Однако, для их использования при изготовлении арочных углепластиковых конструкций требуется проведение отдельного исследования;

5) Нет, пока не применены, но в настоящий момент, например, ведутся разработки трансмиссий авиационных тяг с применением разработок, полученных при выполнении данной работы;

6) Больше сохранение физико-механических характеристик углепластика после экспозиции в щелочном растворе по сравнению с экспозицией в воде обусловлено меньшим сроком экспозиции в щелочном растворе. Проведение более длительной экспозиции в щелочном растворе не имеет смысла, так как процессы гидратации бетонной смеси происходят в первые семь суток после смешения, после чего начинается процесс набора прочности бетона.

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

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылками на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п. 14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 7 июня 2022 г. диссертационный совет принял решение за новые научно-обоснованные решения по разработке технологии изготовления полимерного композиционного материала на основе

эпоксивинилэфирного связующего и плетёной углеродной преформы и технологии изготовления конструктивного арочного элемента из него для развития строительной отрасли и материаловедения в целом в части повышения несущей способности строительных конструкций, изготовленных с использованием полимерных композиционных материалов присудить Евдокимову А.А. учёную степень кандидата технических наук по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов».

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 6 докторов технических наук по специальности 05.17.06 «Технология и переработка полимеров и композитов», участвующих в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 16 , против – 0, недействительных бюллетеней – «нет».

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.т.н.



Ночовная
Надежда Алексеевна

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., доцент



Славин
Андрей Вячеславович

07.06.2022 г.