

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке

ФГБОУ ВО

«РХТУ им Д.И. Менделеева»

Д.х.н.

А.А. Щербина

«01» 04 2022 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации

ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» на диссертационную работу Евдокимова Антона Андреевича на тему «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»

Использование технологии вакуумной инфузии для изготовления крупногабаритных изделий из ПКМ в последнее время является неотъемлемой частью производственного процесса в разных отраслях промышленности. Так в судостроении крупногабаритные корпуса морских судов изготавливаются достаточно давно, в авиации изготовление так называемого «черного крыла» для лайнера МС-21 осуществляется также методом вакуумной инфузии. На основании этого, описанная в диссертационной работе «Полимерный композиционный материал, изготавливаемый по технологии вакуумной инфузии с формообразованием при температурах до 40°C» Евдокимовым Антоном Андреевичем технология изготовления крупногабаритных арочных несущих строительных конструкций методом вакуумной инфузии является **актуальной**.

Представленная к рассмотрению диссертация содержит введение, литературный обзор, объекты и методы исследования, результаты исследований и их обсуждение, основные выводы и список используемых источников. Работа изложена на 116 страницах, содержит 58 рисунков, 43 таблицы.

В работе раскрыта актуальность, определены цели и задачи исследования, сформулированы основные положения, практическая значимость и научная новизна; проведен анализ технологических методов, позволяющих изготавливать большеразмерные конструкции в нестационарных «полевых» условиях, что позволило автору сформулировать направление исследований. Приведены характеристики используемых объектов исследования, а также описание методов и методик, применяемых для решения поставленных задач.

Работа выполнена с применением современных методов исследования— динамический механический анализ, дифференциальная сканирующая калориметрия, конфокальная сканирующая лазерная микроскопия, методы проведения климатических испытаний и определения физико-механических свойств, поэтому **достоверность** полученных результатов не вызывает сомнений. Следует также отметить большой объем экспериментальной работы и аккуратность её оформления.

Основные результаты работы изложены в четырех отдельных главах работы, которые неразрывно связаны с решением поставленной цели исследования и выполнением поставленных для этого задач. Исследовано влияние температуры на кинетику процессов формообразования и отверждения эпоксивинилэфирного связующего ВСВ-43 и определены оптимальные температурно-временные режимы его переработки. Корректность выбора режимов переработки подтверждена исследованиями влияния эксплуатационных факторов на физико-механические характеристики отвержденных образцов связующего. Кроме этого подтверждена стойкость связующего ВСВ-43 к воздействию эксплуатационных факторов, что подтверждает правильность выбора данного связующего для решения поставленной цели.

Эмпирически подобран оптимальный тип наполнителя для изготовления ПКМ, применимого для формования крупноразмерных арочных полых оболочек – плетеная преформа на основе углеродных жгутов марки Rapex 35 с количеством филаментов 48К. Математически рассчитано, что ориентация жгутов в преформе должна составлять 30° к оси направления плетения для обеспечения максимальных значений упруго-прочностных свойств ПКМ.

Разработан и всесторонне исследован углепластик марки ВКУ-51 на основе изученных ранее в работе компонентов. Исследована зависимость прочности углепластика от угла ориентации армирующих волокон в нем и установлено, что для использования арочной конструкции из него в строительном объекте, угол ориентации армирующих волокон не должен превышать 40 градусов. Подтверждена стойкость углепластика ВКУ-51 к воздействию эксплуатационных факторов, что подтверждает надёжность разработанного углепластика.

Разработана технология изготовления арочной полый оболочки из углепластика ВКУ-51 и исследована её работоспособность в качестве несущей строительной конструкции. Для этого были изготовлены арочные элементы с несколькими типами укладок жгута в преформе – 30 и 40 градусов. Установлено, что несущая способность арочных элементов с укладкой 30 градусов выше 1,8 раз и соответствует 27 тоннам. При испытаниях арочной оболочки с укладкой 30 градусов большей толщины, установлено, что средняя несущая способность составила 30,34 т. Полученные данные подтверждают высокий уровень несущей способности арочной конструкции, изготовленной из углепластика ВКУ-51.

На разработанную технологию изготовления арочного элемента из углепластика был получен патент РФ № 2633719 «Способ изготовления полого конструктивного элемента из композиционного материала».

Арочные элементы из углепластика ВКУ-51 применены в качестве несущих конструкций автомобильного моста в р.п. Языково Ульяновской области, построенного в 2016 году. Мост длиной 19,6 м, шириной 12 м способен выдерживать нагрузку до 100 тонн, что подтверждает применимость разработанных технологических решений для использования в строительной отрасли.

Научная новизна работы заключается в установлении зависимости температуры на кинетику процессов формообразования и отверждения на примере эпоксивинилэфирного связующего ВСВ-43 и определены оптимальные температурно-временные режимы его переработки; зависимости прочности углепластика ВКУ-51 на основе связующего ВСВ-43 от угла ориентации армирующих волокон в нем и установлено, что угол ориентации армирующих волокон не должен превышать 40 градусов; выявлении наилучшего угла ориентации армирующих волокон в арочном

элементе – 30 градусов для обеспечения максимальной несущей способности арочной конструкции из углепластика ВКУ-51.

Практическая значимость работы очевидна. Показано, что использование установленных зависимостей и разработанных технологий для изготовления углепластиковых несущих арочных элементов позволяет увеличить несущую способность конструкций и стойкость к воздействию эксплуатационных факторов внешней среды, что в конечном итоге повышает срок службы сооружения.

Все научные положения, сформулированные в работе Евдокимова А.А. и сделанные на их основе выводы и рекомендации, вполне обоснованы и **достоверны**, т.к. базируются на экспериментальном материале, выполненном на высоком научном уровне с привлечением надёжных современных методов исследования. Обоснованность и достоверность результатов диссертационной работы подтверждается применением различных независимых и надёжных методов исследований, согласованностью экспериментальных данных, а также соответствии тенденциям, описанным в научной литературе.

Полученные результаты можно использовать в организациях занимающихся как изготовлением изделий из полимерных композиционных материалов, так и организациях, непосредственно связанных со строительной отраслью, в частности:

- в федеральных государственных бюджетных образовательных учреждениях высшего образования, а именно Российском химико-технологическом университете им. Д.И. Менделеева, Московском авиационном институте, Российском технологическом университете МИРЭА, Московском автомобильно-дорожном государственном техническом университете, Национальном исследовательском московском государственном строительном университете.

- на предприятиях, изготавливающих крупногабаритные конструкции из ПКМ, а именно АО «Аэрокомпозит», АО «НИИГрафит», НИЦ «Курчатовский институт» - ЦНИИ КМ «Прометей», а также строительным и проектным организациям, такими как ГК «Автодор» и иными.

Результаты проведённых испытаний достаточно полно отражены в публикациях автора – 7 в журналах, рекомендованных ВАК, и материалах конференций различного уровня.

Приведённые в диссертации результаты исследований в достаточном объёме отражены в автореферате.

Замечания по диссертации:

1. Желательно на рисунке отобразить распределение рельефа, представленного на микрофотографиях (рис. 40-43) в виде графика.
2. Не представлено значений 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).
3. Допущена ошибка в таблице 27 в указании сроков экспозиции при температуре 60°C, влажность 85% и в воде при температуре 60°C.
4. Не указан тип аппретирующего состава, нанесенного на углеродное волокно марки Panex 35.

Диссертационная работа Евдокимова А.А. соответствует п. 3 Физико-химические основы процессов, происходящих в материалах на стадии изготовления изделий, а также их последующей обработки, в процессе эксплуатации (деструкции, старения). Экологические проблемы технологии синтеза полимеров и изготовления изделий из них паспорта специальности 05.17.06 – «Технология и переработка полимеров и композитов».

Диссертация Евдокимова А.А. является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные новые технологические решения разработки полимерного композиционного материала и конструкции из него, имеющие важное значение для химической промышленности. Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года №842.

Автор диссертационной работы Евдокимов Антон Андреевич, достоин присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – «Технология и переработка полимеров и композитов».

Отзыв подготовлен доцентом кафедры технологии переработки пластмасс ФГБОУ «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева» Олиховой Юлией Викторовной. Отзыв рассмотрен и

утвержден на заседании кафедры технологии переработки пластмасс № 5 от 01.04.2022 г.

Председатель собрания, к.т.н., доцент

Ю.В. Олихова

Секретарь собрания, к.т.н., доцент

Л.Ф. Клабукова

Подпись доцента Олиховой Ю.В.. и доцента Клабуковой Л.Ф. заверяю.

Ученый секретарь

РХТУ им. Д.И. Менделеева



Н.К. Калинина

01.04.2022 г.

Адрес 125047 Москва, Миусская пл.,9 Тел. (499)978-97-96

e-mail: pochta@muctr.ru