

## ОТЗЫВ

### официального оппонента

на диссертационную работу Дьяченко Павла Борисовича «Быстротвердеющие конструкционные композиционные материалы на основе акриловых связующих», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

**Актуальность работы.** Высоконаполненные полимерные композиты на основе акриловых связующих и минеральных природных наполнителей различной дисперсности являются одними из наиболее перспективных конструкционных химстойких материалов холодного отверждения для восстановления (ремонта) цементобетонных покрытий автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос аэродромов и других объектов. Однако современные темпы развития и эксплуатации транспортной инфраструктуры обуславливают ужесточение и расширение требований к применяемым материалам и, в первую очередь, относительно их использования при неблагоприятных природно-климатических условиях, эффективность которого определяется не только возможностью обеспечения требуемой скорости отверждения, но и надежностью и долговечностью восстановленных участков.

В этом свете актуальность диссертационной работы Дьяченко Павла Борисовича, направленной на разработку на основе мономерных акриловых связующих быстротвердеющих (вплоть до  $-25^{\circ}\text{C}$ ) композиционных материалов с высокими адгезионными и прочностными свойствами, сомнений не вызывает. Работа выполнена в рамках реализации ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России» на 2007-2013 и на 2014-2020 годы (Госконтракт № 16.513.11.3127, Соглашение № 14.574.21.0001).

**Анализ содержания диссертации, ее завершенности.** Диссертационная работа, изложенная на 269 страницах, состоит из введения, шести глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 172 наименований и пяти приложений. Работа логично структурирована и оформлена в соответствии с требованиями нормативных документов.

Во **введении**, традиционно, обозначены актуальность и степень разработанности темы, определены цели и задачи исследования, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, представлены сведения о методологии и методах исследования, сформулированы положения, выносимые на защиту, охарактеризованы степень достоверности и апробация результатов.



В литературном обзоре, представленном в **первой главе** диссертации, проанализированы как особенности плановых и аварийных ремонтно-восстановительных мероприятий (что позволило сформулировать основные требования к современным ремонтным материалам), так и технологические и эксплуатационные свойства известных композитов на основе различных типов связующих (в том числе и сертифицированных к применению на гражданских аэродромах России). Показана перспективность использования мономерных акриловых связующих для разработки быстротвердеющих в широком интервале температур конструкционных композитов с оптимальным сочетанием физико-механических свойств; оценены возможности модифицирования нанонаполнителями.

Во **второй главе** приведено описание исходных веществ, методик получения высоконаполненных полимерных композиционных материалов (ПКМ) на основе акриловых связующих (метилметакрилата (ММА) или его смесей с функционализированными акрилатами) и «модельных» полимеров радикальной полимеризацией ММА в массе в присутствии нанонаполнителей, а также методов их исследования. Перечень используемых в работе методов исследования свидетельствует об их достаточности для решения поставленных задач.

В **третьей главе** представлены результаты подробного исследования набора прочности высоконаполненными ПКМ на основе ММА на сжатие и её предельной величины в зависимости от содержания компонентов инициирующей окислительно-восстановительной системы пероксид бензоила (ПБ) – N,N-диметиланилин (ДМА) при отверждении при температурах +25, +4 и –25°C, выбранных автором на основании среднесезонных температур различных регионов России. В результате анализа полученных данных разработан комплекс статистически эффективных моделей, установлены оптимальные для низкотемпературного отверждения количества ПБ и ДМА, позволяющие использовать разработанные композиты и при аварийных работах, когда необходим быстрый (не более 1,5-2 ч) ввод отремонтированных участков в эксплуатацию.

Обеспечение высокой адгезии между ПКМ и ремонтируемой цементобетонной поверхностью является одной из основных задач полимерного материаловедения при разработке композитов такого назначения, решению которой посвящена **четвертая глава** диссертации. Автором исследована прочность адгезионного контакта ПКМ – цементобетонный субстрат на растяжение при раскалывании в зависимости от температурно-влажностных условий отверждения. Изучены возможности модифицирования метилметакрилатного связующего функционализированными



акрилатами и показано, что использование метакриловой кислоты и гидроксипропилметакрилата не только приводит к повышению прочности адгезионного контакта, но и позволяет нивелировать отрицательное влияние понижения температуры отверждения и повышения влажности субстрата, а также увеличить сопротивление к совместному действию агрессивных сред и знакопеременных температур. Подробно исследовано влияние температуры отверждения (в диапазоне от  $-25$  до  $+25^{\circ}\text{C}$ ) и содержания компонентов иницирующей системы на набор прочности высоконаполненными ПКМ, модифицированными наиболее эффективной метакриловой кислотой, и выявлены оптимальные рецептуры.

В **пятой главе** рассмотрено влияние наноразмерных наполнителей различного строения и природы как, на примере ненаполненных систем, на радикальную полимеризацию метилметакрилата в массе и свойства формирующейся полимерной матрицы, так и на прочностные показатели высоконаполненных ПКМ. Показано, что использование таких нанонаполнителей как углеродные нанотрубки, графеновые частицы, нанопорошки кремния и оксидов титана и алюминия приводит к значительному (на  $16-25^{\circ}\text{C}$ ) увеличению температуры стеклования полиметилметакрилата, полученного в их присутствии. Установлено, что значимое положительное влияние на прочность высоконаполненных ПКМ на сжатие оказывают графеновые частицы, нанопорошки оксидов титана и алюминия; а для повышения прочности высоконаполненных ПКМ на растяжение при изгибе наиболее эффективным является использование углеродных нанотрубок с высокими значениями удельной поверхности ( $1250 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Немаловажно, что разработанные материалы сохраняют необходимую для эксплуатации прочность на сжатие (не менее  $40 \text{ МПа}$ ) и при  $+90^{\circ}\text{C}$ .

Результаты апробации высоконаполненных ПКМ при восстановлении цементобетонных аэродромных покрытий в разное время года при температурах от  $0$  до  $+25^{\circ}\text{C}$  обобщены в **шестой главе**. Выполненные работы и последующий мониторинг отремонтированных участков однозначно подтвердили соответствие разработанных материалов установленным требованиям, что отражено в отзывах таких организаций как АО «Аэропорт Внуково», ЗАО «Трест Камдорстрой», ОАО «Аэропорт Туношна», АО «РСК МиГ».

Автореферат диссертации Дьяченко П.Б. в полной мере отражает содержание, основные научные факты, выводы и положения, представленные в диссертации.



**Научная новизна исследований, достоверность и обоснованность полученных результатов, выводов и рекомендаций.** В ходе выполнения работы Дьяченко П.Б. получены экспериментальные модели изменения прочности высоконаполненных ПКМ на сжатие и кинетики ее набора при различных температурах в зависимости от содержания компонентов отверждающей системы и выявлен эффект повышения скорости набора прочности при низких положительных и отрицательных температурах за счет оптимизации соотношения ПБ – ДМА. Установлены закономерности влияния состава мономерного связующего, модифицированного функционализированными акрилатами, и температурно-влажностных условий отверждения на прочность и долговечность адгезионного контакта высоконаполненных ПКМ с цементобетонным субстратом. Показаны перспективы практического использования наноразмерных наполнителей для повышения как молекулярной массы и температуры стеклования полиметилметакрилатной матрицы, так и основных эксплуатационных показателей высоконаполненных ПКМ (прочности на сжатие и на растяжение при изгибе).

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов по работе обеспечена методически обоснованным применением комплекса современных, преимущественно стандартизованных методов исследования полимеров и материалов на их основе, использованием статистических методов обработки и анализа экспериментальных данных, положительным практическим эффектом при опытной апробации разработанных материалов на реальных объектах.

Результаты работы прошли серьезную апробацию на научных международных конференциях и отражены согласно данным автореферата в 8 публикациях, из которых 6 статей опубликованы в ведущих рецензируемых журналах перечня ВАК (в базах данных Scopus и Web of Science зарегистрировано 3 статьи). Однако, следует отметить, что уже после опубликования автореферата вышла из печати еще одна статья по теме диссертации в журнале, рекомендованном ВАК (Регулирование адгезионных свойств высоконаполненных полиметилметакрилатных композитов / В.П. Рыбалко, А.И. Никитюк, Е.И. Писаренко, П.Б. Дьяченко, А.С. Корчмарек, В.В. Киреев // Клеи. Герметики. Технологии. –2016. – №4. –С. 20-24). Основные положения, новизна и выводы диссертационной работы содержатся в опубликованных автором статьях.

**Значимость для науки и практики полученных автором диссертации результатов.** Установлены научно-обоснованные способы регулирования скорости набора прочности, адгезионных и прочностных свойств высоконаполненных ПКМ на основе акриловых связующих. Разработаны и успешно апробированы при ремонте



поверхностного слоя аэродромных покрытий быстротвердеющие в широком интервале температур высокопрочные композиты с высоким эксплуатационным ресурсом.

#### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации.**

Результаты работы могут быть рекомендованы для изучения и внедрения в научных и образовательных организациях, а также, после проведения соответствующих сертификационных испытаний, на предприятиях, специализирующихся на производстве полимерных ремонтных материалов и выполнении ремонтно-восстановительных работ на объектах транспортной инфраструктуры.

#### **Замечания по диссертации и автореферату.**

1. В Заключение диссертации и, соответственно, автореферата не приведены рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы.

2. При представлении результатов исследований важнейших эксплуатационных показателей разрабатываемых высоконаполненных ПКМ – прочности на сжатие и на растяжение при изгибе, прочности адгезионного контакта с цементобетонной подложкой – за исключением отдельных случаев не указаны доверительные интервалы (ни на графических зависимостях, ни в тексте диссертации).

3. Описание использованных статистических методов обработки и анализа экспериментальных данных следовало представить не в посвященных собственным исследованиям автора разделах, а в главе 2 «Объекты и методы исследования».

4. При изучении влияния нанонаполнителей на прочностные свойства высоконаполненных ПКМ было бы целесообразным исследовать морозостойкость, а также изменение модуля упругости и коэффициента термического расширения.

Сделанные замечания носят в основном уточняющий характер и, безусловно, не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, выполненной с большим объемом экспериментальных исследований на актуальную тему.

#### **Заключение.**

Диссертация Дьяченко П.Б. «Быстротвердеющие конструкционные композиционные материалы на основе акриловых связующих» соответствует п. 3 Формулы специальности и п. 2 Области исследований паспорта специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов и является законченным научно-квалификационным исследованием. По своей актуальности, научной новизне и практической значимости рецензируемая работа, в которой решена важная научно-техническая задача по разработке



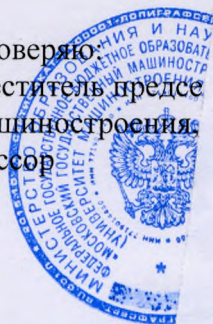
импортозамещающих быстротвердеющих конструкционных композиционных материалов для планового и аварийного ремонта цементобетонных покрытий и объектов при температурах от минус 25°C и выше, полностью отвечает требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор – Дьяченко Павел Борисович заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

### Официальный оппонент

Заведующий кафедрой «Полимерное машиностроение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»  
(Университет машиностроения),  
кандидат технических наук

Игорь Викторович Скопинцев

Подпись Скопинцева И.В. удостоверено  
Главный ученый секретарь (заместитель председателя)  
ученого совета Университета машиностроения,  
доктор технических наук, профессор



И.И. Колтунов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)»  
(Университет машиностроения)

107023 г. Москва, ул. Большая Семеновская, д. 38  
Телефон: +7(495) 223-05-23 доб. 2110  
E-mail: iskopincev@mail.ru