

УТВЕРЖДАЮ:  
Ректор ГОУ ВО ЛНР «Луганский  
государственный университет имени  
Владимира Даля», д.т.н., профессор  
Рябичев В.Д.



2021 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации Нефедова Владислава Васильевича на тему «Полимерный композиционный материал на основе вторичного полиэтилентерефталата и модифицированной золы тепловых электростанций», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - Строительные материалы и изделия

### Актуальность для науки и практики

Основными преимуществами полимерных композиционных материалов (ПКМ) являются высокая прочность и жёсткость, повышенная усталостная прочность, коррозионная стойкость, в сочетании с низкой средней плотностью. Это достигается, как правило, за счёт рационального соотношения полимерной матрицы и структурирующего наполнителя. Использование золошлаковых отходов ТЭС в качестве наполнителя матрицы из термопластичного полимера привлекает в последнее время повышенное внимание исследователей, что обусловлено доступностью, дешевизной и, как результат, низкой стоимостью композита – с одной стороны, а также возможностью регулирования физико-механических и эксплуатационных свойств ПКМ – с другой. Кроме того, все большее значение приобретает проблема утилизации и рационального использования бытовых полимерных отходов, в частности, полиэтилентерефталатного пластика, объёмы которого на свалках стремительно растут.

Высокие физико-механические и эксплуатационные свойства ПКМ во многом определяются прочностью адгезионной связи полимера и наполнителя, которая зависит от размеров, формы частиц и характеристик поверхности наполнителя, а также энергии взаимодействия на границе раздела фаз «полимер – наполнитель». Основными недостатками золы ТЭС в сравнении с коммерческими минеральными наполнителями в структуре полимерного композиционного материала являются её достаточно крупная гранулометрия, гладкая сферическая поверхность и присутствие силанольных, алюмоильных и других типов ОН -

групп, которые имеют слабое кислотно-основное взаимодействие с полярными группами вторичного полиэтилентерефталата (ВПЭТФ). Эту проблему можно преодолеть, модифицируя поверхность зола подходящими химическими реагентами, известными как связующие агенты, например, органосиланами, однако такие добавки усложняют технологический процесс и повышают стоимость готовой продукции. При модифицировании зола ТЭС растворами серной кислоты различной концентрации на поверхности частиц будет происходить разрушение связей кремнекислородных тетраэдров Si-O и Al-O, в результате чего повысится дисперсность частиц зола, а на их поверхности образуется множество дефектов. Кроме того, изменится состав функциональных групп на поверхности зола, ответственных за межфазное кислотно-основное взаимодействие и, как результат, повысится прочность адгезионного контакта на границе раздела фаз «полимер – наполнитель» и прочность ПКМ в целом.

Диссертация Нефедова Владислава Васильевича посвящена решению важной задачи - получения полимерных композиционных материалов на основе вторичного полиэтилентерефталата и модифицированной зола тепловых электростанций, характеризующихся высокой экономической эффективностью (рентабельность – 41,2%) .

#### **Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

##### **Основные научные результаты, полученные автором:**

– установлено, что химическое модифицирование зола гидроудаления ТЭС приводит к изменению её гранулометрического состава: уменьшение максимального ( $d_{98}$ ) (139,15 и 84,79 мкм – исходная и модифицированная зола, соответственно) и среднего ( $d_{50}$ ) (27,66 и 18,55 мкм) размеров частиц на 64,10 и 49,13 %, соответственно, а также увеличение содержания частиц меньше 2 мкм на 2,85 %; величина удельной площади поверхности повышается на 36,49 %;

– по результатам рентгенофазового и спектрометрического анализа установлено повышение степени кристалличности полимерной матрицы – вторичного полиэтилентерефталата, при введении модифицированной зола в сравнении с ненаполненным полимером на 24,39 %;

– установлено, что при обработке зола раствором серной кислоты с концентрацией 5 % кислотный и основной параметры поверхности повышаются в сравнении с параметрами для немодифицированной зола на 43,12 и 7,78 %, соответственно. При обработке наполнителя раствором с концентрацией 10 % параметры увеличиваются на 88,35 и 14,65 %, соответственно. При этом расчётное значение термодинамической работы адгезии при использовании в качестве адгерента зола, обработанной раствором  $H_2SO_4$  с концентрацией 5 и 10 %, имеет большую величину на 1,29 и 2,14 %, соответственно, в сравнении с показателем для немодифицированного наполнителя;

– на основе анализа прочностных свойств полимерного композиционного материала с различным содержанием немодифицированного наполнителя (55...75 %) определён концентрационный оптимум – 65,5 %. В случае модифицирования наполнителя раствором серной кислоты с концентрацией 4,7 %, значения предела прочности при сжатии и изгибе при содержании наполнителя 65,5 % выше в сравнении с образцами композита, содержащего немодифицированный наполнитель, на 18,96 и 12,29 %, соответственно. Повышение концентрации раствора  $H_2SO_4$  до 10 и 15 % приводит к резкому снижению прочностных свойств полимерного композиционного материала;

– теоретически обосновано повышение прочности адгезионного контакта на границе раздела фаз «полимерная матрица (ВПЭТФ) – минеральный наполнитель (зола гидроудаления ТЭС)» в результате усиления межфазного кислотно-основного взаимодействия при использовании метода химического модифицирования (обработка раствором серной кислоты) поверхности наполнителя;

– разработан и оптимизирован состав полимерного композиционного материала, сырьевыми компонентами которого являются местные коммунальные (ПЭТФ-тара) и промышленные отходы (зола гидроудаления ТЭС), что позволяет производить конкурентоспособные мелкоштучные изделия строительного назначения – плиты тротуарные (фигурные элементы мощения);

– установлено, что разработанный состав полимерного композиционного материала удовлетворяет требованиям по физико-механическим свойствам для тротуарных плит согласно ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия».

Значимость полученных для науки результатов исследований заключается в том, что они развивают установленные ранее исследователями закономерности формирования структуры и свойств полимерного композиционного материала на основе вторичного полиэтилентерефталата и модифицированной золы тепловых электростанций.

**Практическое значение полученных результатов состоит в следующем:**

– разработан «Технологический регламент производства изделий из полимерного композиционного материала»;

– составлен бизнес-план производства композитной тротуарной плитки с производительностью технологической линии 41472 м<sup>2</sup> /год. Себестоимость продукции составляет 337,04 руб., прибыль предприятия в сутки при 100 %-ной реализации составляет 28475,05 руб., валовая выручка за сутки – 69120,00 руб.;

– результаты исследования внедрены в учебный процесс ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» при

подготовке бакалавров и магистров по направлению 08.03.01 (08.04.01) «Строительство», профили «Производство и применение строительных материалов, изделий и конструкций» и «Перспективные строительные материалы, изделия, конструкции и технологии их производства» в курсах дисциплин «Технология полимерных строительных материалов» и «Модифицированные композиционные материалы общестроительного и специального назначения».

**Достоверность результатов работы** обеспечивается проведением экспериментов на современном исследовательском оборудовании с достаточной воспроизводимостью результатов; применением стандартных методик, обеспечивающих достаточную точность полученных результатов; статистической обработкой полученных данных с заданной вероятностью и необходимым количеством повторных испытаний; сопоставлением результатов с аналогичными результатами, полученными другими авторами; положительными результатами опытного внедрения составов и технологии изготовления полимерного композиционного материала.

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

Считаем целесообразным использовать результаты диссертационной работы Нефедова В. В. на предприятиях, занимающихся производствам изделий из полимерного композиционного материала - плитки тротуарной.

#### **Общие замечания**

1. Во втором разделе диссертационной работы, пункт 2.1 - Характеристика принятых для исследования материалов (стр. 47) указано, что измельчение ВПЭТФ-тары осуществляется до флексов размером 5-10 мм, но в пятом разделе пункт 5.1.3.1 - Связующее, таблица 5.1 (стр. 112) указано, что массовая доля флексов размером 2-8 мм должна составлять не менее 95%, эти данные вводят в заблуждение и не ясно до какого же размера должны быть измельчены флексы ВПЭТФ-тары.

2. В диссертационной работе дублируются результаты экспериментальных исследований, представленные в графической, рис. 3.13-3.14 (стр. 88-89) и табличной форме, табл. 3.17 (стр. 89)

3. На чертеже в разделе 2 (рис. 2.5 стр. 49) следовало бы указать единицы измерения размеров пресс-форм.

4. В диссертационной работе не исследована прочность на разрыв ПКМ.

5. В пятом выводе по четвертому разделу (стр. 108) сказано, что область применения разработанного полимерного композиционного материала - это изготовление мелкоштучных изделий, в частности, изготовление тротуарных плит. Установлено, что ПКМ удовлетворяет требованиям по физико-механическим свойствам ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные

тротуарные. Технические условия», но не были проведены исследования на морозостойкость.

6. В технологическом регламенте производства изделий из полимерного композиционного материала, пункт 5.1.7 – Требования к изделиям, таблица 5.5 – Строительно-технические характеристики изделий (стр. 120), следовало бы внести требования по истираемости.

7. В задачах исследования последним пунктом сказано – осуществить опытно-промышленное внедрение результатов исследования и оценить их технико-экономическую эффективность (стр. 8). Не понятно, в чем именно выражается экономический эффект и сколько он составляет, а также с чем сравнивается разработанный ПКМ.

8. В технологическом регламенте производства изделий из полимерного композиционного материала, пункт 5.1.7 – Требования к изделиям, таблица 5.5 – Строительно-технические характеристики изделий (стр. 120), предъявляются требования по прочности при сжатии 60-80 МПа и при изгибе 50-70 МПа. По ГОСТ 17608-2017 «Плиты бетонные тротуарные. Технические условия» максимальная прочность при сжатии плит тротуарных – 52 МПа. Зачем для тротуарных плит из ПКМ такие высокие показатели прочности?

9. В разделе 4, пункт 4.2 – Оптимизация состава полимерного композиционного материала, таблица 4,3 – параметры оптимизации и их граничные значения в качестве параметра оптимизации указан предел прочности при сжатии – 70 МПа, почему именно 70 МПа? Возможно, необходимо было бы в качестве параметров оптимизации добавить истираемость или атмосферостойкость.

Сделанные замечания не влияют на общую положительную оценку работы и могут стать основой для дальнейшего развития выбранного автором направления исследований.

### **Заключение**

Диссертация представляет собой завершённую научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему получения полимерных композиционных материалов на основе вторичного полиэтилентерефталата и модифицированной золы тепловых электростанций. Новые научные результаты, полученные Нефедовым В. В., имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы. Автореферат диссертации и публикации автора в полной мере отражают содержание диссертации.

Содержание диссертационной работы соответствует паспорту научной специальности 05.23.05 - Строительные материалы и изделия.

Работа отвечает требованиям п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Нефедов Владислав Васильевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - Строительные материалы и изделия.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры городского строительства и хозяйства Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Государственного образовательного учреждения высшего образования Луганской Народной Республики «Луганский государственный университет им. Владимира Даля» 24 марта 2021 г., протокол № 8.

К.т.н., заведующий кафедрой  
городского строительства и хозяйства,  
ИСА и ЖКХ ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. Даля»

С.В. Сороканич

Настоящим я, Сороканич Станислав Васильевич, даю согласие на автоматизированную обработку персональных данных с указанием фамилии, имени, отчества.

К.т.н., заведующий кафедрой  
городского строительства и хозяйства,  
ИСА и ЖКХ ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. Даля»,  
91016, ЛНР, г. Луганск, ул. Октябрьская, 4,  
тел.: +38 (072) 140-44-19; +38 (0642) 34-55-10,  
e-mail: isaikh.lnu@yandex.ru  
сайт: www.dahluniver.ru

С.В. Сороканич

Личные подписи к.т.н., зав. кафедрой ГСХ Сороканича Станислава Васильевича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета  
ГОУ ВО ЛНР «Луганский государственный  
университет имени Владимира Даля»,  
д.т.н., проф.



И.Г. Дейнека

ГОУ ВО ЛНР «ЛГУ им. В. Даля», 91034, ЛНР, г. Луганск, кв. Молодежный, 20-а, тел. +38 (0642) 34-48-18, e-mail: dal.univer@yandex.ru