

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу  
*Ткаченко Эллы Владимировны*  
*на тему «Разработка армированных композитов на основе*  
*полиамида 6 и фенилона С-1»,*  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности  
05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов

**Актуальность работы.** В последние годы в машиностроении большое внимание уделяется внедрению полимерных композиционных материалов. Однако широкое применение конструкционных пластиков зачастую сдерживается из-за отсутствия информации о полном комплексе характеристик новых конструкционных материалов, их поведении в различных трибологических системах, хотя их применение при изготовлении изделий для машиностроения существенно расширит область и условия эксплуатации, повысит ресурс работы изделия, узла, механизма или конструкции.

К одним из важнейших конструкционных материалов относятся полиамиды. Усиление полиамидов волокнистыми наполнителями является основным направлением получения инженерных композитов на основе термопластов.

Так, например, для улучшения физико-механических характеристик полиамиды армируют волокнистыми материалами (стекловолокном, углеродным волокном и т. д.), для улучшения антифрикционных свойств в полимер вводят твердые смазки (графит, дисульфид молибдена, и т. д.). Поэтому, диссертационная работа Ткаченко Э.В., посвященная разработке и исследованию свойств композитов на основе полиамидов алифатического – ПА 6 и ароматического – фенилона С-1, является **актуальным** научным исследованием.

**Цель работы.** Разработка новых композиционных материалов конструкционного назначения на основе матриц из фенилона С-1 и полиамида 6, армированных полиимидным волокном.

**Структура и объем работы.** Диссертация построена по традиционной схеме и состоит из введения, литературного обзора, пяти глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка использованной литературы, включающего 235 наименований и приложений. Работа изложена на 173 страницах печатного текста и содержит 32 таблицы, 43 рисунка.

Во «Введении» автор объясняет выбор полимерных связующих и армирующего волокна, определяет актуальность и цели поставленного

исследования. Литературный обзор построен на изучении и сравнении различных композиционных материалов на основе полиамида 6 и фенилона С-1, что дает достаточно полное представление об изучаемой проблеме.

В обзоре приведена информация о влиянии дисперсных и волокнистых наполнителей на основные эксплуатационные характеристики полимерных композитов на основе алифатических и ароматических полиамидов. Исследован опыт применения полиамидных композитов в различных отраслях промышленности. Показана перспективность использования разработанных материалов в машиностроении.

В литературном обзоре последовательно анализируются: методы получения полиамидов, работы, посвященные модификации полимеров введением различных наполнителей. Подробно рассмотрено влияние наполнителей на эксплуатационные свойства композитов на основе полиамидов.

Анализ приведенных в обзоре литературных данных позволяет автору достаточно обосновано подойти к выбору объектов и методов исследования в своей работе.

Вторая глава посвящена описанию объектов исследования, экспериментального оборудования и методикам проведения исследований.

Как видно из информации, представленной в главе 2, Ткаченко Э.В. освоены современные методы изучения структуры композитов, теплофизических, механических и трибологических характеристик композитов. Совокупность всех методов позволили диссертанту использовать комплексный подход в исследованиях, получить достоверные результаты и сформулировать выводы, соответствующие поставленным целям и задачам исследования.

Основное содержание работы достаточно полно отражено в рисунках и таблицах. Полученные результаты подробно обсуждены в соответствующих разделах и обобщены в выводах.

В главе 3 приведены результаты по подготовке составов композиций и способу их переработки. Наполнение матриц волокнами проводили одним из альтернативных способов совмещения, а именно, во вращающемся электромагнитном аппарате. Применение данного способа совмещения позволяет получить изотропные материалы, доказательством которого являются результаты исследования микроструктуры композитов, полученной с помощью оптического микроскопа «Нефот-30». Изучение надмолекулярной структуры, полученной с помощью электронного микроскопа «УЭМВ-100 К» позволило подтвердить, что данный способ совмещения позволяет сохранить фибриллярную структуру волокна. Переработку композиций осуществляли достаточно традиционным способом – методом компрессионного прессования.

В главе 3 представлены результаты математического планирования выбора режимов переработки составов в изделия, что позволило оптимизировать технологические параметры получения композитов на основе фенилона С-1.

В главе 4 представлены результаты исследований влияния арамидного волокна на структуру и свойства композитов на основе ароматического полиамида – фенилона С-1 и алифатического полиамида – полиамида 6.

В главе излагаются полученные автором экспериментальные данные по исследованию структуры, физико-химических, теплофизических, физико-механических и трибологических свойств разработанных композитов.

Обращает на себя внимание достаточно полное изучение структуры с использованием ИК-спектроскопии, а также применение различных методов оценки межфазного взаимодействия на границе раздела полимерное связующее – волокнистый наполнитель.

Важное место занимают теплофизические исследования, направленные на исследование межфазного взаимодействия на границе раздела фаз связующее – наполнитель. Полученные результаты свидетельствуют об образовании граничных слоев, способствующих улучшению прочностных свойств, что, в свою очередь, подтверждено параллельными экспериментальными методами.

Результаты работы способствуют развитию модельных представлений о механизме усиления полиамидов полиимидными волокнами, а именно, о физико-химических процессах, происходящих на границе полимер-наполнитель.

Автором представлены результаты исследования физико-механических свойств композитов, показано влияние армирующей добавки на увеличение следующих характеристик: прочности при сжатии, твердость по Роквеллу, модуль упругости. Установлена симбатная зависимость между прочностными характеристиками, толщиной граничных слоев и структурными изменениями композитов.

Изучение трибологических свойств композитов на основе фенилона С-1 и ПА 6 в режиме сухого трения, показало, что армирование приводит к увеличению износостойкости и снижению коэффициента трения. Изучено влияние режимов эксплуатации (скорость скольжения, удельная нагрузка) на износ и коэффициент трения, позволяющие определить оптимальные условия эксплуатации изделий из разработанных композитов.

В результате исследований диссертантом установлено, что износ разработанных композитов при использовании в качестве смазки масла меньше, нежели при трении водой, что связано с низкой гидролитической устойчивостью полиамидного связующего, а наименьшим износом обладают композиты на основе фенилона С-1, содержащие 15 масс. % наполнителя.

В четвертой главе автор приводит сравнительную характеристику свойств известных полимерных композитов на основе фенилона С-1 и ПА 6, содержащих термостойкие волокна с аналогами, что позволяет сделать заключение о перспективности разработанных материалов.

Стоит отметить, что при разработке технологической схемы получения изделий из разработанных композитов диссертант использовал результаты математического планирования, позволяющие достичь достоверности результатов.

В пятой главе обсуждаются результаты апробации композитов в различных отраслях машиностроения: сельскохозяйственных машинах, металлургии и троллейбусах. Показано, что разработанные материалы прошли успешные испытания в ОАО «Мариупольский опытно-экспериментальный завод», фермерском хозяйстве «Костенко», коммунальном предприятии «Днепропетровский электротранспорт».

**Научная новизна** результатов, представленных в диссертации, основывается на экспериментальных результатах, основными из которых являются следующие:

- разработаны полимерные композиты на основе полиамида 6 и фенилона С-1, наполненные полиимидными волокнами;
- изучены физико-химические особенности структуры композитов на основе полиамидов, армированных полиимидными волокнами;
- исследовано влияние содержания армирующего наполнителя на физико-механические, теплофизические и трибологические свойства композитов;
- исследовано влияние длины армирующего наполнителя на физико-механические свойства композитов;
- определены особенности взаимодействия матрицы с армирующим компонентом на границе раздела фаз, определена доля молекул, перешедших в граничные слои. Рассчитана толщина граничных слоев, показано их влияние на изменение физико-механических характеристик компонентов.

**Практическая значимость** полученных соискателем результатов заключается в создании новых композиционных материалов на основе полиамидов, обладающих улучшенными физико-механическими и трибологическими свойствами. Новизна решений подтверждена 3 патентами на полезную модель. Практическая значимость работы не вызывает сомнений. Проведенные исследования позволили диссертанту разработать конструкционные армированные материалы на основе термопластов с улучшенным комплексом эксплуатационных и технологических свойств, которые успешно прошли испытания, о чем свидетельствуют акты испытаний, приложенные к диссертации.

Результаты представленной работы могут быть использованы при проведении научно-исследовательских и поисковых работ в научных организациях, занимающихся созданием новых полимерных композитов, разработкой и рационализацией технологических процессов получения изделий из них: СПбО институт химической физики им. Н.Н.Семенова РАН, Институт синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова РАН, Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Институт неметаллических материалов СО РАН, Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов, ОАО "Научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячкина", Донской государственный технический университет, Волгоградский государственный технический университет, Омский государственный технический университет и в других научных центрах России.

Полученные результаты и рекомендации также могут быть использоваться в преподавании курсов лекций по технологии переработки полимерных композитов и полимерному материаловедению в профильных Российских ВУЗах.

**Достоверность и обоснованность результатов.** Достоверность полученных результатов, выдвинутых соискателем на защиту, подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, выполненных по методикам согласно ГОСТ, а их обоснованность основывается на согласованности данных эксперимента и научных выводов.

Достоверность экспериментальных данных обоснована взаимодополняющими методами исследований, так, например, результаты изучения структуры коррелируют с результатами теплофизических и прочностных свойств композитов.

#### **Публикации.**

Основное содержание работы отражено в публикациях и изложено в виде 7 статей в журналах, рекомендованных ВАК Украины и России, 1 статьи в прочих журналах, и 12 тезисов докладов на конференциях различных уровней.

#### **Личный вклад автора.**

Диссертант, безусловно, обладает хорошей квалификацией химика-технолога, т.к. поставленные цели и задачи, а также объекты, с которыми он работал, очень непростые по технологии получения и требуют широких знаний и умений в области исследования их свойств.

#### **Замечания и рекомендации по работе:**

1. Последний пункт научной новизны целесообразнее было бы отнести в раздел «Практическая значимость работы».
2. В лит. обзоре не представлены работы зарубежных ученых по теме диссертации за последние 10-15 лет. Анализ таких работ несомненно не только

украшил бы работу, но и позволил определить мировой уровень представленных исследований диссертанта. При этом более трети источников в списке использованной литературы изданы до 1980 года.

3. В гл. 2 отсутствует общая методика работы, та часть, в которой должна быть показана цепочка исследований для получения результатов, должен быть показан ожидаемый результат и пути его достижения. А различные формулы расчета, например, теплофизических свойств пересыщают гл. 4 и могли быть представлены в гл. 2.

4. В описании технологии подготовки композитов указано, что «продукты износа ферромагнитных частичек удаляли магнитной сепарацией». А как удалялись сами ферромагнитные частицы и как это влияло на распределение волокон в матрице?

5. Описание в тексте к рис. 3.1. не совпадает с пояснительными данными в подписи рисунка.

6. Согласно представленным микроструктурам не очевидно заявленное автором «достижение однонаправленной ориентации» при смешении компонентов.

7. Не указан режим механического нагружения образца при термомеханическом анализе, поэтому утверждение, что «отклонение горизонтального участка термомеханической кривой в сторону отрицательных деформаций свидетельствует о релаксации внутренних напряжений» не очевидно.

8. Заключение, что «наиболее интенсивно термостойкость (С-1) возрастает, таблица 4.5, при содержании волокна 15 масс. %, после чего этот рост замедляется» не подтверждается значениями в табл. 4.5 и опровергается автором на с.78: «таким образом, установлено, что термостойкость фенилона при введении волокна арамид-Т в количестве 5–20 масс. % возрастает на 12 – 47 градусов, причем наиболее существенно в случае 20%-ного наполнения».

9. Из объяснений диссертанта не ясно, чем обусловлено противоречие в значениях теплопроводности с увеличением содержания волокна более 10 %: в композитах с фенилоном она снижается, а с ПА – повышается. Такие изменения вероятно обусловлены не только низкой теплопроводностью волокна, т.к. его содержание в композитах одно и то же.

10. Значения максимумов удельной теплоемкости на рис. 4.9 должны очевидно совпадать с кривой 1 на рис. 4.10? Но максимум пика теплоемкости, например, для исходного С-1 на рис. 4.9 – около 4 кДж/кг·К, а на рис. 4.10 – 1,458 кДж/кг·К. Для композиций значения также не совпадают.

По результату рецензирования представленной к защите работы **Ткаченко Эллы Владимировны** можно сделать следующее заключение – диссертация является законченной научно-квалификационной работой, которая

позволила разработать новые композиционные материалы на основе ароматического и алифатического полиамидов, наполненных органическими волокнами и достаточно полно изучить их свойства и области возможного применения, что имеет определенное значение для науки и практики.

Автореферат диссертации отражает содержание и выводы диссертационной работы.

Рецензируемая диссертационная работа по тематике, методам и объектам исследования, представленным, на защиту новым научным положениям соответствует паспорту заявленной 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов – в части: п. 1 «технологии получения и переработки полимеров, композитов и изделий на их основе, включающие стадии смешения композиций, изготовление заготовок или изделий»; п. 2 «исследование физико-химических свойств материалов на полимерной основе, их структуры химическими, механическими, оптическими, термическими-механическими и др. методами».

По актуальности, новизне, уровню выполнения, объему, научной и практической ценности полученных результатов диссертация полностью отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в «Положении о порядке присуждения ученых степеней», утвержденном постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (пункты 9-14), а ее автор Ткаченко Элла Владимировна, безусловно заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

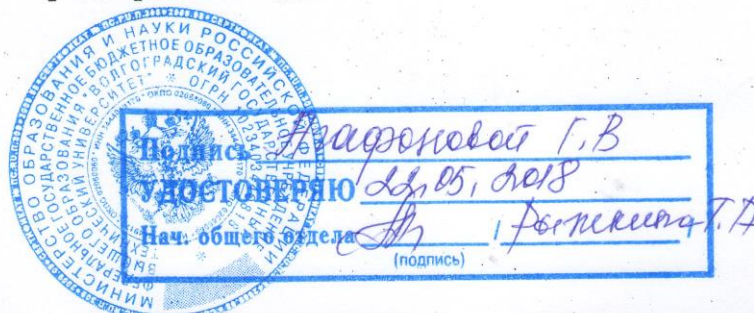
Официальный оппонент,  
доцент кафедры «Материаловедение и  
композиционные материалы»  
ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный  
технический университет»,  
кандидат технических наук  
(05.02.01 –Материаловедение)



Агафонова Галина Викторовна

22 мая 2018 г.

Почтовый адрес: 400005, г. Волгоград, пр. Ленина, д.28  
Телефон (8442) 24-80-62  
E-mail: inet-agv@mail.ru



Official blue stamp of the Volgograd State Technical University (ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»). A blue rectangular stamp contains the signature of Galina Viktorovna Agafonova, the date 05.05.2018, and the text 'Нач. общего отдела' (Head of the General Department) and '(подпись)' (Signature).