

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора ИНХС РАН

к.х.н.

Волков А.В.

2016 г.

## ОТЗЫВ

ведущей организации - Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева

Российской академии наук

на диссертационную работу

**Сопотова Ростислава Игоревича «Связующие для композиционных материалов на основе эпоксидного олигомера, модифицированного смесями термопластов»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук

по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и

КОМПОЗИТОВ

### Актуальность работы

Модификация эпоксидных связующих термопластами является одним из основных направлений улучшения их характеристик, в первую очередь – трещиностойкости. Несмотря на то, что эпоксиполисульфонные композиции уже получили промышленное применение, поиск новых модификаторов, несомненно, является актуальным. При этом поскольку эффект от модификации определяется в значительной мере морфологией отвержденной композиции, которая, в свою очередь, определяется соотношением скоростей отверждения эпоксидного олигомера и фазового распада, а также вязкостью формирующихся фаз. Поэтому данные реокинетических исследований, а также их сопоставление с фазовыми превращениями в системе углубляют понимание возможностей управления морфологией системы и поэтому, безусловно, являются весьма ценными. Установление связи между морфологическими особенностями эпоксидных связующих, модифицированных термопластами и комплексом их механических и

адгезионных характеристик – еще одна важная проблема, затронутая в работе Р.И. Сопотова.

### **Научная новизна**

Автором впервые исследованы и описаны особенности кинетики структурирования связующих на основе эпоксидного олигомера, модифицированного двумя термопластами с различной совместимостью с эпоксидной смолой. Эти данные подкреплены исследованиями структуры отверждённых образцов, что позволяет сформировать комплексное представление о закономерностях влияния модификаторов различной природы на ход реакции структурирования и свойства образующихся связующих. Также автором разработаны композиции на основе эпоксидного олигомера, термопластичных модификаторов (полиэфирмида и поликарбоната), и отвердителя (диаминодифенилсульфона), обладающие повышенными прочностными характеристиками (в т.ч. ударной вязкостью и трещиностойкостью) и теплостойкостью, заметно превышающей характеристики ненаполненных связующих.

### **Практическая значимость**

На основе разработанных автором связующих и стеклянного волокна методом мокрой намотки были получены композиционные материалы, испытанные в лаборатории армированных пластиков ИХФ РАН. Значения трещиностойкости увеличились на ~40-65% в зависимости от концентрации того или иного модификатора в связующем. Таким образом, показана перспективность использования термопластов для модифицирования полимерной матрицы для композиционных материалов.

Экспериментальный и теоретический материал хорошо изложен, степень обоснованности научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в диссертации, удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Выбор экспериментальных методов адекватен поставленным задачам.

Достоверность результатов подтверждена воспроизводимостью экспериментальных данных, использованием стандартов РФ и типовых методик при проведении экспериментов.

Диссертация построена традиционным образом и содержит обзор литературы, описание объектов и методов исследования, обсуждение результатов. главы, посвященной практической значимости и реализации полученных в диссертационной работе результатов), выводов, библиографического списка, содержащего 134 наименований. Работа изложена на 190 страницах, содержит 138 рисунков и 20 таблиц.

В литературном обзоре большое место занимает описание кинетики отверждения реакционноспособных олигомеров и особенностей модификации эпоксидных полимеров термопластами.

Глава 2 содержит описание объектов и методов исследования.

Глава 3 содержит описание процесса отверждения исследуемых материалов вискозиметрическим методом, методом дифференциальной сканирующей калориметрии, динамического механического анализа. В разделе 3.3 приводятся физико-механические свойства связующих, значения ударной вязкости сопоставляются с размером частиц дисперсной фазы.

Далее рассматривается влияние термопластичных модификаторов на адгезионную прочность эпоксидного связующего, измеренную различными методами и свойства стеклопластиков, полученных на основе разработанных автором связующих.

К основным достижениям автора следует отнести проведенное исследование реокинетики отверждения эпоксидных связующих в присутствии двух различных термопластичных модификаторов, в том числе в случае разной совместимости этих модификаторов с эпоксидной смолой. Показано, что присутствие совместимого модификатора (поликарбонат) приводит к ухудшению совместимости другого модификатора и его более полному выделению в отдельную фазу. Представляют большой интерес данные о влиянии совместного модифицирования эпоксидного связующего двумя модификаторами на их механические свойства. Можно

отметить большую практическую ценность работы, приведшей к созданию конкретных эпокси-полимерных композиций с улучшенными свойствами.

Вместе с тем по диссертационной работе следует сделать ряд замечаний:

1. Основной массив литературы, проанализированной в литературном обзоре, имеет довольно почтенный возраст. Литература последних лет представлена довольно слабо.
2. Кинетические уравнения применяются к описанию экспериментальных данных довольно некритически. Авторам выбран ряд уравнений для описания массива полученных данных, причем выбор не обоснован. Было бы интересно сравнить степень адекватности описания экспериментальных данных различными уравнениями.
3. К огромному сожалению, в работе практически не рассмотрен вопрос фазового состояния и фазовых превращений в исследуемых системах. А ведь этот вопрос имеет самое прямое отношение и к реокинетике, и к морфологии отвержденных систем, и к механическим характеристикам.
4. При представлении физико-механических данных не указаны характеристики экспериментального разброса (стандартное отклонение, доверительный интервал), что не позволяет однозначно говорить о значимости обсуждаемых тенденций в поведении систем. В ряде случаев расчетные данные приводятся с избыточной точностью.
5. Нет данных, объясняющих выбор режима отверждения и данных модификаторов.
6. В работе встречаются неудачные фразы и выражения, например: «лучше подходит кинетическое уравнение второго порядка, так как оно учитывает влияние степени конверсии на константу скорости реакции»

Отмеченные недостатки не снижают общей научной и практической ценности работы.

Содержание автореферата полностью отражает положения диссертации.

Основные положения диссертации прошли апробацию на 4 международных и всероссийских конференциях, а также полно отражены в 8 публикациях, из которых 4 статьи опубликовано в журналах, рекомендованных ВАК.

Результаты работы могут быть использованы специалистами, работающими в области получения связующих для композиционных материалов. С работой следует ознакомить ОАО «Институт пластмасс» им. Г.С. Петрова, Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), ФГУП ВИАМ, ОАО «ЦНИИСМ», г. Хотьково, ФГУП «Федеральный центр двойных технологий «Союз».

Диссертационная работа Сопотова Р.И. соответствует следующим пунктам паспорта специальности 05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов: пункту 2 формулы специальности «Физико-химические основы технологии получения и переработки полимеров, композитов и изделий на их основе, включающие стадии синтеза полимеров и связующих, смешение и гомогенизацию композиций, изготовление заготовок или изделий, их последующей обработки с целью придания специфических свойств и формы» и пункту 3 области исследований: «Физико-химические основы процессов, происходящих в материалах на стадии изготовления изделий, а также их последующей обработки, в процессе эксплуатации».

Диссертация Сопотова Р.И. является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой разработаны модифицированные термопластами связующие для композиционных материалов с повышенной трещиностойкостью и теплостойкостью. Диссертация соответствует критериям, установленным п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842 и содержит научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для получения композиционных материалов с улучшенными свойствами.

Автор диссертационной работы, Сопотов Ростислав Игоревич, достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.06 – Технология и переработка полимеров и композитов.

Отзыв подготовлен заведующим лабораторией Полимерных композитов и адгезивов Антоновым С.В. Отзыв рассмотрен и утвержден на заседании

коллоквиума лаборатории Полимерных композитов и адгезивов № 49 от 16 сентября 2016 г.



Зав. лабораторией Полимерных  
Композитов и адгезивов, к.х.н.  
Антонов Сергей Вячеславович

Подпись Антонова С.В. заверяю

Ученый секретарь ИНХС РАН



И.С. Калашникова



Адрес: 119991, Ленинский проспект, д. 29.  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена Трудового Красного Знамени  
Институт нефтехимического синтеза им. А.В.Топчиева Российской академии наук, лаборатория  
полимерных композитов и адгезивов  
Телефон: (495) 6475927, доб. 219  
e-mail: [Antonov@ips.ac.ru](mailto:Antonov@ips.ac.ru)