

На правах рукописи

**Тусов Алексей Геннадьевич**

**ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ  
СТЕКЛОПЛАСТИКОВ КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ  
МОДИФИКАЦИЕЙ ЭПОКСИАНГИДРИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО  
ДОБАВКОЙ БОРПОЛИМЕРА**

**Специальность 05.02.01 – Материаловедение в машиностроении**

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Барнаул – 2009

Работа выполнена в Бийском технологическом институте (филиале) Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова»

Научный руководитель: кандидат технических наук, доцент  
Ананьева Елена Сергеевна

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор  
Старцев Олег Владимирович

кандидат технических наук  
Русских Геннадий Иванович

Ведущая организация: Томский политехнический университет

Защита состоится «19» февраля 2009 года в 12 часов на заседании диссертационного совета Д 212.004.07 в ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» по адресу: 656066, Барнаул, пр. Ленина, 46. E-mail: [berd50@mail.ru](mailto:berd50@mail.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет имени И.И. Ползунова».

Автореферат разослан 19 января 2009 года.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
к.т.н., доцент

Бердыченко А. А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** Стеклопластики конструкционного назначения широко внедряются в различных областях промышленности. Важнейшим применением стеклопластиков конструкционного назначения в области машиностроения является использование их в качестве силовых элементов в стержневых конструкциях стеклопластиковых насосных штанг, корпусах электродвигателей, резинотканевых лентах и гусеницах. Кроме того, стеклопластики могут обладать уникальными свойствами, которые не присущи традиционным материалам, что делает их незаменимыми при использовании в особо ответственных конструктивных элементах.

Известно, что свойства композиционного материала в направлении армирования определяются свойствами наполнителя, а свойства в трансверсальном направлении, его трещиностойкость и долговечность - материалом матрицы. Поэтому важно, чтобы выбранное связующее обеспечивало необходимые упругие, прочностные и деформационные свойства. С этой точки зрения, перспективным направлением повышения прочности стеклопластиков является модификация полимерной матрицы. В настоящее время исследования по данному научному направлению развиваются очень активно. Широкое распространение получили различные эластомерные добавки и активные разбавители эпоксидных смол. Однако, применение данных модифицирующих добавок приводит одновременно к повышению технологических и снижению прочностных свойств связующего. Таким образом, для достижения высоких прочностных свойств стеклопластиков необходимо применение качественно новых модифицирующих добавок, способных химическим путем встраиваться в структуру полимера и, тем самым, обеспечивать заданные прочностные свойства.

Анализ литературных данных свидетельствует, что в качестве модифицирующих термостойких добавок для эпоксидных композиций возможно использование борсодержащих полимеров. Поэтому изучение вопроса модификации эпоксиангидридного связующего, используемого в производстве стеклопластиков, добавкой нового синтезированного борполимера (полиметилена-трифениловый эфир борной кислоты – ПТЭБК), представляет собой весьма актуальную проблему материаловедения.

**Целью работы является:** повышение прочности стеклопластиков конструкционного назначения путем модификации эпоксиангидридного связующего добавкой ПТЭБК и разработка технологии создания стеклопластиков на основе модифицированного эпоксиангидридного связующего с улучшенными физико-механическими и технологическими свойствами.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Исследовать растворимость ПТЭБК в компонентах эпоксиангидридного связующего с целью получения насыщенных растворов.

2. Оценить влияние модификации эпоксиангидридного связующего на структуру полимерной композиции и стеклопластиков, полученных на основе модифицированного связующего.

3. Экспериментально исследовать влияние модификации эпоксиангидридного связующего добавкой ПТЭБК на физико-механические и технологические свойства полимерной композиции на его основе. Определить интервал содержания добавки ПТЭБК в составе эпоксиангидридного связующего, обеспечивающий положительный эффект от модификации.

4. Экспериментально исследовать комплекс прочностных и эксплуатационных свойств стеклопластика на основе эпоксиангидридного связующего с добавлением ПТЭБК. Определить оптимальную степень содержания ПТЭБК в составе трехкомпонентного эпоксиангидридного связующего, используемого в производстве стеклопластиков.

5. Разработать технологию изготовления стеклопластиков на основе эпоксиангидридного связующего, модифицированного добавкой ПТЭБК, обеспечивающую достижение воспроизводимого стабильного эффекта от модификации стеклопластиков.

**Объект и предмет исследования.** Объектом исследования является процесс получения стеклопластика на основе эпоксиангидридного связующего, модифицированного добавкой ПТЭБК. Предметом исследования – эпоксиангидридные композиции, с добавлением ПТЭБК.

#### **Научная новизна работы**

1. Впервые показана возможность эффективного применения нового синтезированного полимера ПТЭБК в качестве модифицирующей добавки для эпоксиангидридных композиций, применяемых в производстве стеклопластиков. Установлено, что при содержании ПТЭБК в количестве порядка 0,50 % (масс.) происходит увеличение прочностных характеристик матрицы (предела прочности при растяжении на 20 %, при изгибе на 15 %).

2. Изучено влияние модифицирующей добавки ПТЭБК на комплекс прочностных свойств стеклопластика. Установлено, что у стеклопластика, полученного на основе эпоксидного связующего с содержанием ПТЭБК в количестве порядка 0,75 % (масс.), наблюдается одновременное увеличение предела прочности при сжатии на 21 % (до 740 МПа) и изгибе на 6 % (до 1950 МПа).

3. При помощи методов «инфракрасной спектроскопии» экспериментально установлено влияние добавки ПТЭБК на структуру модифицированной матрицы и стеклопластика на ее основе.

4. Разработана технология изготовления стеклопластиков на основе эпоксиангидридного связующего, модифицированного ПТЭБК, включающая стадию приготовления связующего с дополнительной операцией растворения

добавки ПТЭБК в отвердителе Изо-МТГФА при температуре  $55\pm 2^\circ\text{C}$  в течение 20 часов.

**Научная и практическая значимость**

1. Получены теоретические основы процесса растворения ПТЭБК в Изо-МТГФА, определены оптимальные температурно-временные параметры растворения, свидетельствующие, что полное растворение происходит при температуре  $55\pm 2^\circ\text{C}$  в течение 20 часов. Изучены механизмы разрушения и факторы, определяющие прочность модифицированной эпоксиангидридной композиции и стеклопластиков, полученных на ее основе.

2. Разработана технология получения стеклопластиков на основе эпоксиангидридного связующего, модифицированного добавкой ПТЭБК, обеспечивающая достижение стабильного положительного эффекта, и дающая практическую возможность использовать результаты для получения стеклопластиков с улучшенными прочностными свойствами.

3. Разработанная технология совмещения борполимера с трехкомпонентным эпоксидным связующим была апробирована в условиях производства ООО «Бийский завод стеклопластиков». Экспериментальные данные подтвердили, что использование разработанной технологии позволяет повысить комплекс прочностных свойств стеклопластиков, изготовленных на основе эпоксидного связующего, модифицированного добавкой борполимера.

**Достоверность полученных результатов** подтверждается использованием современных экспериментальных методов исследования прочностных и технологических свойств материала, высокоточных и достоверных ИК-спектральных и рентгеноструктурных способов исследования структуры, достаточным количеством экспериментальных материалов для корректной статической обработки, сопоставимостью полученных результатов с подобными результатами у других авторов.

**На защиту выносятся:**

1. Результаты экспериментальных исследований получения оптимальных параметров растворения ПТЭБК в трехкомпонентном эпоксидном связующем и экспериментальные составы полимерной композиции.

2. Результаты экспериментальных исследований влияния добавки ПТЭБК на структуру и свойства эпоксиангидридного связующего и стеклопластика на его основе.

3. Технология получения эпоксиангидридного связующего и стеклопластиков, модифицированных добавкой ПТЭБК.

**Апробация результатов.** Основные результаты докладывались и обсуждались на VII Всероссийской научно-практической конференции «Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья» (Белокуриха, 22–24 мая 2007 г.); I Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них» («Полимер – 2007») (Бийск, 24–26 мая 2007 г.); Международной научной школе-конференции «Фундамен-

тальное и прикладное материаловедение” (Барнаул, октябрь 2007); Всероссийской научной конференции молодых ученых “Наука. Технологии. Инновации” (Новосибирск, декабрь 2007 г.); VIII Всероссийской научно-практической конференции “Техника и технология производства теплоизоляционных материалов из минерального сырья” (Белокуриха, 21–23 мая 2008 г.); II Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них” (“Полимер – 2008”) (Бийск, 23–25 мая 2008 г.).

По итогам I Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых “Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них” (“Полимер – 2007”) (Бийск, май 2007 г.), аккредитованной по Программе “Участник молодежного научно-инновационного конкурса” (“УМНИК”), работа по “Исследованию влияния модифицирующей добавки борполимера на физико-механические характеристики стеклопластиков” была одобрена для получения финансирования из Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере при поддержке Роснауки и Рособразования. Государственный контракт № 5285p/7742.

**Публикации.** По материалам выполненных в диссертации исследований 14 опубликованных работ; работ, опубликованных в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией – 4; статей в сборниках научных трудов и материалов научно – практических конференций – 10. Получен патент на изобретение. Личный вклад автора 75 %.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 109 наименований и содержит 114 страниц машинописного текста, 48 рисунков, 16 таблиц.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель, задачи работы и основные положения, выносимые на защиту, научная и практическая значимость работы.

**В первой главе** изложены теоретические основы создания стеклопластиков на основе эпоксидных связующих, анализ физико-химических основ длительной прочности и разрушения стеклопластиков, физико-химической совместимости компонентов и методов модификации полимерных связующих на основе эпоксидных смол.

Глава **вторая** содержит описания объектов исследования, экспериментальных методов исследования технологических свойств связующего: условной вязкости (ГОСТ 8420–74), времени гелеобразования и времени “жизни”(ТУ 2296–009–20994511–03). Также в главе представлены экспериментальные методы исследования прочностных свойств полимерных связующих и стеклопластиков: испытаний на растяжение (ГОСТ 11262–80), испытаний на

сжатие (ГОСТ 4651–82), испытаний на поперечный изгиб (ГОСТ 25.604), испытаний на ударную вязкость по Шарпи (образцы без надреза по ГОСТ 4674–80). Описание ИК–спектрального анализа для исследования структуры полимерных материалов.

Глава **третья** посвящена определению оптимальных параметров растворения ПТЭБК в эпоксиангидридном связующем, исследованию свойств и структуры полимерной композиции, а также оценке эффективности модификации и определению оптимального содержания ПТЭБК в составе связующего.

Растворение модификатора в компонентах связующего производили в термощкафе при температуре  $50 \pm 2$  °С течение 20 суток при содержаниях модифицирующей добавки в количестве от 1 масс. % до 6 масс. % от массы растворителя. Степень растворения модификатора оценивали путем сравнения значения условной вязкости чистого раствора и раствора с добавлением модификатора ПТЭБК. За условную вязкость принимали время непрерывного истечения в секундах определенного объема испытуемого материала через калиброванное сопло вискозиметра.

На основе результатов исследования растворимости ПТЭБК в компонентах эпоксидного связующего было установлено, что растворение ПТЭБК возможно только в отвердителе – Изо–МТГФА, о чем свидетельствует зависимость содержания ПТЭБК в Изо–МТГФА от условной вязкости смеси при температуре 40 °С.

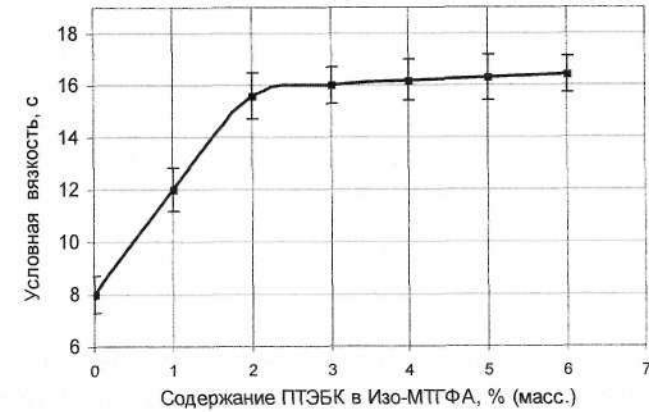


Рисунок 1 – Зависимость содержания ПТЭБК в Изо–МТГФА от условной вязкости смеси при температуре 40 °С

Приведенная выше зависимость свидетельствует о том, что максимум растворимости ПТЭБК в Изо-МТГФА определяется точкой порядка 2 % (масс.), т.е. в 100 % (масс.) растворе ПТЭБК и Изо-МТГФА растворимо до 2 % (масс.) ПТЭБК. Исходя из вышепредставленного и того, что чистое трехкомпонентное эпоксиангидридное связующее содержит порядка 42,5 % (вес.) Изо-МТГФА, содержание модифицирующей добавки ПТЭБК в составе эпоксидной композиции будет составлять до 1 % (вес.) от массы эпоксидного связующего. Таким образом, для исследования влияния модификации эпоксиангидридного связующего добавкой ПТЭБК на структуру и свойства полимерной композиции были выбраны следующие составы, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Составы эпоксиангидридных связующих

Состав №	Компоненты, вес. %			
	Эд-22	Изо-МТГФА	Агидол 53	ПТЭБК
1*	56,70	42,50	0,80	0
2	56,56	42,40	0,79	0,25
3	56,42	42,29	0,79	0,50
4	56,28	42,18	0,79	0,75
5	56,10	42,10	0,79	1,00

- рецептура чистого эпоксидного связующего, без добавления ПТЭБК

Известно, что одной из особенностей растворов полимеров является то, что полное смешение полимера с растворителем возможно лишь в определенных температурно–временных интервалах и концентрациях. Вне этих интервалов и концентраций взаимная растворимость компонентов становится ограниченной, и происходит разделение раствора полимера на две фазы, сосуществующие в равновесии. Исходя из вышесказанного, для определения оптимальных температурных условий растворения ПТЭБК в Изо-МТГФА была получена следующая зависимость, показанная ниже. Во время проведения исследования, при рассмотрении каждого температурно–временных условий в качестве критерия растворимости была выбрана условная вязкость раствора (при температуре 40 °С), т.е. ПТЭБК считался растворенным в отвердителе Изо-МТГФА только при достижении раствором условной вязкости равной 16 с.



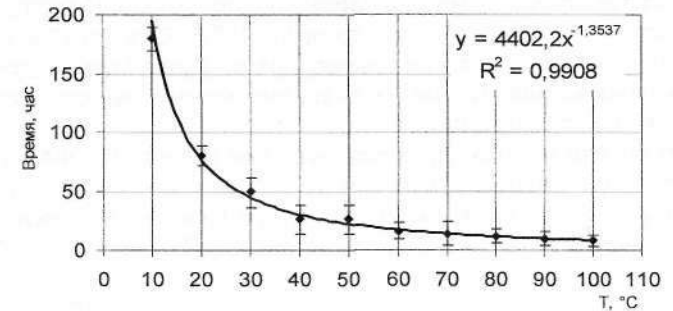


Рисунок 2 – Зависимость времени растворения от температуры раствора, состоящего из 98 % масс. Изо-МТГФА и 2 % масс. ПТЭБК

Исходя из полученной зависимости, следует, что при достижении раствором температуры 40–50 °С, зависимость растворимости ПТЭБК в Изо-МТГФА начинает быстро возрастать. В связи с тем, что верхней критической температурой нагрева Изо-МТГФА является температура 55–60 °С, то оптимальными температурно-временными условиями растворения будут являться температура  $55 \pm 2$  °С и время растворения 20 часов.

Для исследования влияния модифицирующей добавки ПТЭБК на технологические свойства полимерной композиции у полученных составов эпоксидных связующих с различным содержанием ПТЭБК (рецептуры согласно таблицы 1) были определены: условная вязкость, время гелеобразования и время “жизни”.

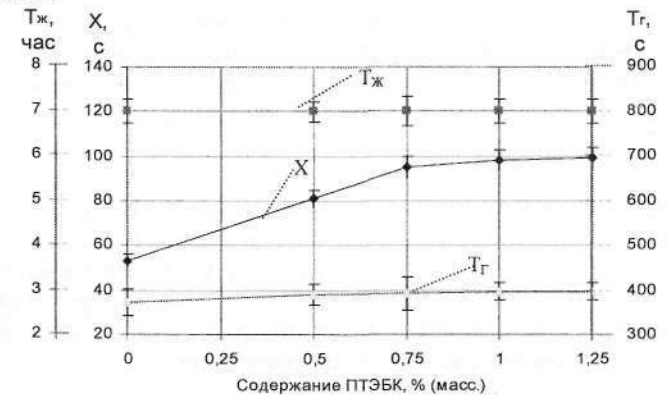


Рисунок 3 – Зависимость технологических характеристик не отвержденного эпоксидангидридного связующего, модифицированного ПТЭБК, где Tж – время “жизни”; X – условная вязкость; Tг – время гелеобразования

Представленные данные показывают, что трехкомпонентные эпоксидные связующие с модифицирующей добавкой ПТЭБК имеют практически одинаковые значения времени гелеобразования и “жизни” связующего, т. е. модифицирующая добавка ПТЭБК не оказывает влияния на технологические свойства эпоксидного связующего.

Для оценки модифицирующего влияния добавки ПТЭБК на прочностные свойства эпоксидного связующего была проведена серия физико-механических испытаний на прочность при поперечном изгибе, при растяжении и ударной вязкости по Шарпи (см. рисунок 4).

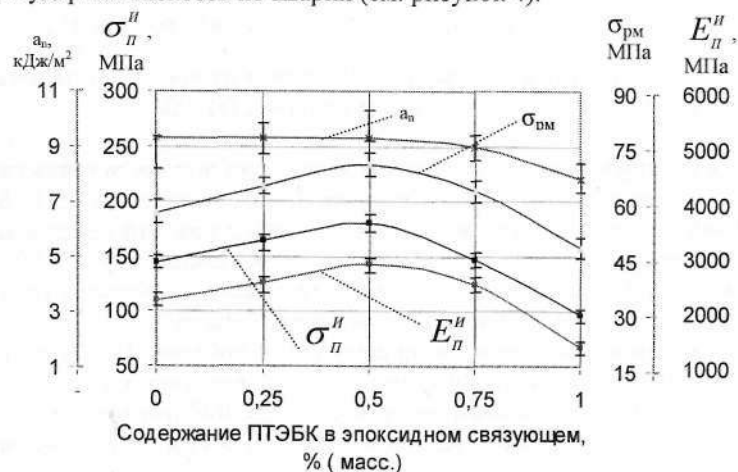


Рисунок 4 – Зависимость физико-механических характеристик отвержденного эпоксидангидридного связующего, модифицированного ПТЭБК, где  $a_n$  – ударная вязкость (по Шарпи);  $\sigma_{рм}$  – прочность при растяжении;  $\sigma_{II}^H$  – предел прочности при поперечном изгибе;  $E_{II}^H$  – модуль упругости при поперечном изгибе

Из представленных исследований видно, что положительный эффект модификации осуществляется при содержаниях ПТЭБК в количестве порядка 0,25 и 0,5 % (масс.), и дальнейшее ее увеличение приводит к снижению прочностных показателей. Совокупность всего спектра полученных данных позволяет сделать вывод, что оптимальным содержанием в составе эпоксидангидридного связующего является содержание ПТЭБК в количестве порядка 0,5 % (масс.) от массы связующего.

Для определения взаимосвязи изменения свойств и структуры эпоксидного связующего с добавлением ПТЭБК были исследованы образцы с опти-

мальным содержанием ПТЭБК (в количестве порядка 0,5 % (масс.) от массы связующего) и без содержания ПТЭБК методам ИК-спектрального анализа.

ИК – спектры немодифицированного связующего и с связующего с добавлением ПТЭБК регистрировали на приборе “Vector-22” в таблетках с KBr.

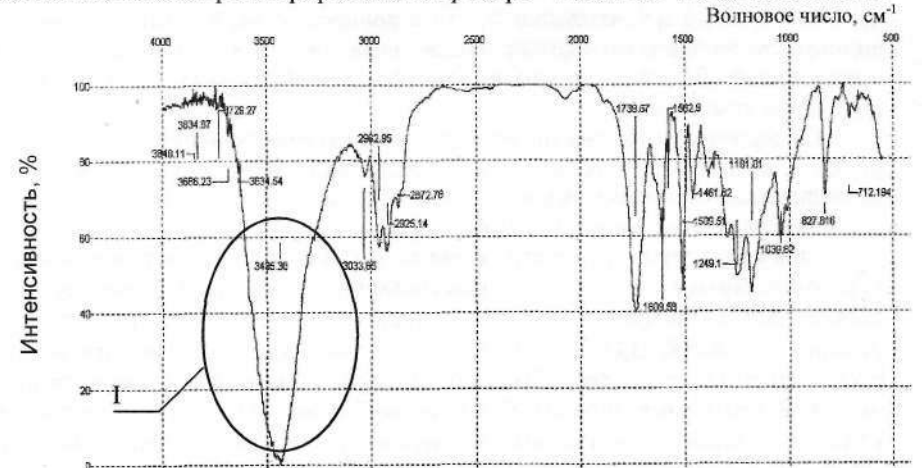


Рисунок 5 – ИК-спектр эпоксиангидридного связующего без добавления ПТЭБК

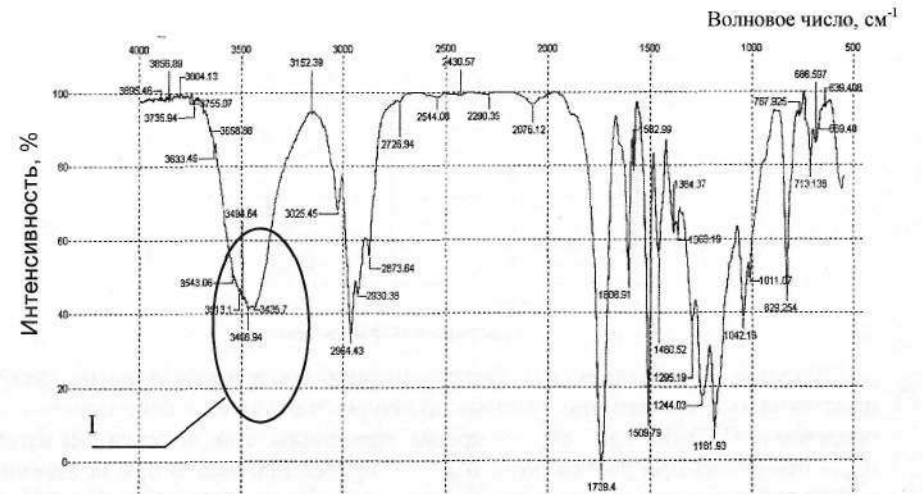


Рисунок 6 – ИК-спектр эпоксиангидридного связующего с добавлением ПТЭБК в количестве 0,5 % (масс.)

Из данных ИК-спектров (рисунок 5, 6) видно, что при добавлении ПТЭБК в состав эпоксиангидридного связующего наблюдается снижение интенсивности полосы в области 3013,3–3600,0 см<sup>-1</sup> с вершиной при 3435,38 см<sup>-1</sup> (область I), характеризующей межмолекулярную водородную связь эпоксиангидридного связующего и указывающей, что в процессе отверждения эпоксиангидридного связующего модифицирующая добавка ПТЭБК химически реагирует с эпоксидной смолой и, тем самым, способствует образованию новой сетчатой структуры композиции.

Глава четвертая посвящена установлению изменения структуры, экспериментальным физико-механическим исследованиям и оценке эффективности модификации стеклопластиков, полученных на основе эпоксиангидридного связующего с добавлением ПТЭБК.

Оценка модифицирующего влияния ПТЭБК на прочностные свойства стеклопластиковых стержней осуществлялась путем нагружения образцов стеклопластика на сжатие (ГОСТ 4651-82), растяжение (ГОСТ 11262-80) и поперечный изгиб (ГОСТ 25.604). Для оценки влияния агрессивных сред стеклопластиковые стержни были подвергнуты химическому старению в среде NaOH при температуре 80 °С в течение 7 суток. Прочность стеклопластиковых стержней, подверженных химическому старению, определяли нагружением образцов методом поперечного изгиба.

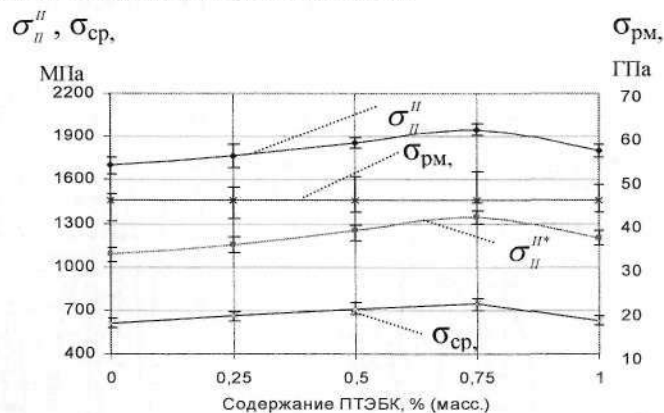


Рисунок 7 – Зависимость физико-механических характеристик стеклопластиковых стержней, полученных на основе эпоксидного связующего с добавлением ПТЭБК, где  $\sigma_{II}$  – предел прочности при поперечном изгибе;  $\sigma_{рм}$  – прочность при растяжении;  $\sigma_{II}^*$  – предел прочности при поперечном изгибе, образцов стеклопластика подверженных хим. старения в среде NaOH при температуре 80 °С в течение 7 суток;  $\sigma_{ср}$  – разрушающее напряжение при сжатии

Исходя из рисунка 7, видно, что в отличие от исследований модифицированного эпоксидного связующего, где наилучшие прочностные значения достигаются при концентрации ПТЭБК в связующем порядка 0,5 % (масс.), полученные данные по исследованию стеклопластиковых стержней показывают, что наибольшее возрастание прочностных характеристик стеклопластиковых стержней наблюдается при применении эпоксигидридного связующего с модифицирующей добавкой ПТЭБК в количестве порядка 0,75 % (масс.) от массы связующего.

Смещение концентраций модифицирующей добавки ПТЭБК от 0,5 масс. % (от массы связующего) для эпоксидного связующего до 0,75 масс. % (от массы связующего) для системы “эпоксидное связующее – стекловолокно”, связано с тем, что борсодержащие вещества, в частности ПТЭБК, имеют склонность к взаимодействию с алюмоборсилкатами, и, как следствие, имеют высокую адгезию к ним. Увеличение концентрации добавки ПТЭБК указывает на то, что часть модифицирующей добавки ПТЭБК участвует в образовании сетчатой структуры эпоксигидридной композиции, а часть взаимодействует со стекловолокнистым наполнителем.

**В пятой главе** на основе проведенных исследований разработан технологический процесс изготовления стеклопластиковых стержней на основе эпоксигидридного связующего с добавлением ПТЭБК.

Важной стадией производства стеклопластиковых стержней является стадия приготовления эпоксидного связующего. Смешение компонентов связующего (эпоксидной смолы ЭД-22, отвердителя Изо-МТГФА и ускорителя Агидол 53) происходит при температуре 40–55 °С.

Исходя из того, что наилучшие прочностные результаты достигаются у образцов стеклопластиковых стержней на основе эпоксигидридного связующего с содержанием модифицирующей добавки ПТЭБК в составе эпоксидного связующего в количестве порядка 0,75 % (масс.) от массы связующего, то рецептура эпоксидного связующего для стеклопластиков соответствует составу №4, приведенному в таблице 1.

Проведенные ранее экспериментальные исследования показали, что стадия приготовления эпоксидного связующего должна дополнительно включать растворение модификатора ПТЭБК в отвердителе Изо-МТГФА. Стадия растворения осуществляется в заранее нагретом до температуры 55±2°С растворе Изо-МТГФА в течение 20 часов. Примерная технологическая схема, учитывающая процесс растворения ПТЭБК в Изо-МТГФА, представлена на рисунке 8.

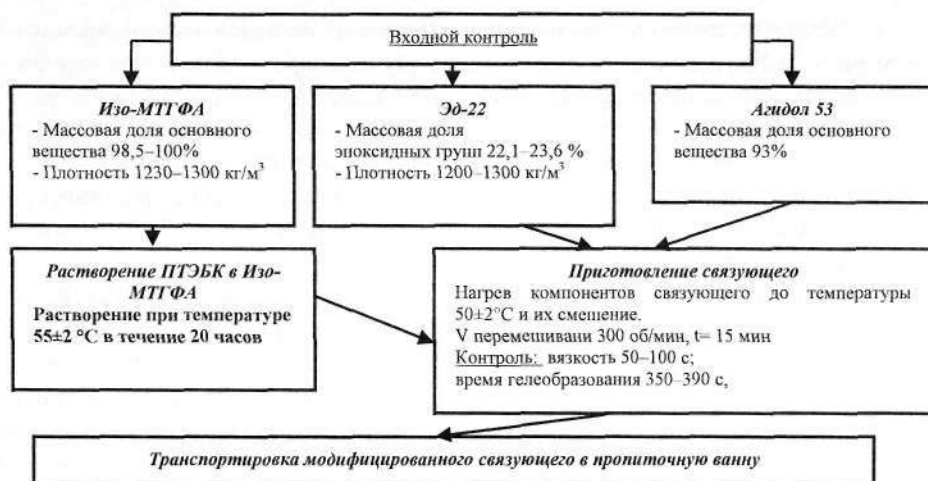


Рисунок 8 – Технологическая схема приготовления модифицированного эпоксиангидридного связующего

Таким образом, для применения эпоксидного связующего с добавлением ПТЭБК в любой существующий технологический процесс необходимо дополнительно ввести стадию растворения ПТЭБК в Изо–МТГФА, которая протекает при температуре  $55\pm 2$  °С в течение 20 часов.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Получены оптимальные параметры растворения полиметилена-трифенилового эфира борной кислоты в трехкомпонентном эпоксиангидридном связующем. Растворение модификатора в изометилтетрагидрофталевоангидриде происходит в течение 20 часов при температуре  $55\pm 2$  °С и последующим смешением с эпоксидной смолой ЭД-22 и 2,4,6-трисдиметиламинометилфенолом.

2. Анализ экспериментальных исследований прочностных свойств эпоксидного связующего с добавлением полиметилена-трифенилового эфира борной кислоты показал, что оптимальным содержанием модификатора в составе эпоксидного связующего является содержание в количестве порядка 0,5 % (масс.). Добавление порядка 0,5 % (масс.) приводит к увеличению предела прочности при поперечном изгибе на 15 % (до 180 МПа), модуля упругости при поперечном изгибе на 15 % (до 3000 МПа), прочности при растяжении на 20 % (до 0,73 МПа).

3. Экспериментальные исследования технологических характеристик модифицированного эпоксиангидридного связующего показали, что добавление полиметилена-*p*-трифенилового эфира борной кислоты не снижает технологические характеристики эпоксиангидридного связующего.

4. Результаты экспериментальных физико-механических испытаний стеклопластиковых стержней показали, что оптимальным содержанием полиметилена-*p*-трифенилового эфира борной кислоты в составе эпоксидного связующего для стеклопластиков, является содержание порядка 0,75 % (масс.) от массы связующего. При содержании порядка 0,75 % (масс.) в составе эпоксидного связующего для стеклопластиков увеличивается разрушающее напряжение при сжатии на 21 % (до 740 МПа), предел прочности при поперечном изгибе до воздействия агрессивных сред на 6 % (1950 МПа), предел прочности при поперечном изгибе образцов подверженных химическому старению в среде NaOH на 23 % (до 1342 МПа), по сравнению с образцами стеклопластика на основе эпоксидного связующего без добавления ПТЭБК.

5. На основе данных ИК-спектрального анализа установлена взаимосвязь структуры и свойств образцов эпоксидного связующего с добавлением полиметилена-*p*-трифенилового эфира борной кислоты. Об этом свидетельствует, снижение интенсивности полосы в области 3013,3–3600,0 см<sup>-1</sup> с вершиной при 3435,38 см<sup>-1</sup>, по мере увеличения ПТЭБК в составе связующего, характеризующее межмолекулярную водородную связь эпоксиангидридного связующего.

6. Разработан технологический процесс изготовления стеклопластиков на основе эпоксиангидридного связующего, модифицированного добавкой полиметилена-*p*-трифенилового эфира борной кислоты. Установлено, что любая технология изготовления стеклопластиков на основе модифицированного эпоксиангидридного связующего с добавлением ПТЭБК должна иметь стадию растворения добавки ПТЭБК, включающую нагрев ПТЭБК и Изо-МТГФА до температуры 55±2 °С, и последующее растворение при данной температуре в течение 20 часов.

#### СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Туисов, А. Г. Исследование влияния типа замазливателя на прочностные свойства стеклопластикового стержня / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2008. – №1–2. – С. 97–99.

2. Туисов, А. Г. Модификация эпоксидного связующего для стеклопластиков активным разбавителем Э181 / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2007. - №4. – С. 183–186.

3. Туисов, А. Г. Исследование влияния модификации эпоксидного связующего для стеклопластиков активным разбавителем ДЭГ-1 / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2007. – № 4. – С. 186–191.

4. Ефанова, Т. В. Исследование влияния отвердителей 4,4'-диаминодифенилметана и Этал-450 на прочностные свойства стеклопластиковых стержней / Т. В. Ефанова, А. Г. Туисов, А. М. Белоусов, Р. Г. Машев // Ползуновский вестник. – Барнаул, 2008. – №1–2. – С. 22–24.

5. Туисов, А. Г. Исследование влияния модификации эпоксидного связующего для стеклопластиков активным разбавителем Лапроксид 301Г и Лапроксид 603 / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов, О. В. Быстрова // Пластические массы. – М., 2008. – №6. – С. 29–31.

6. Туисов, А. Г. Модифицирование эпоксидного связующего для стеклопластиков, эпоксидированным бутадиеновым каучуком ЕРИКОТЕ 877 / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов // Известия высших учебных заведений. Серия химия и химическая технология. – Иваново, 2008. Т. 51. – № 9. – С.96–97.

7. Белоусов, А. М. Влияние модифицирующей добавки борполимера на физико-механические характеристики и химическую стойкость стеклопластиков / А. М. Белоусов, А. Г. Туисов, В. А. Башара // Ползуновский альманах. – Барнаул, 2007. – №1–2. – С.23–26.

8. Башара, В. А. Влияние модифицирующих добавок на физико-механические свойства стеклопластиков / В. А. Башара, Т. В. Ефанова, А. М. Белоусов, А. Г. Туисов // Доклады VII Всероссийской научно-практической конференции «Техника и технология производства из минерального сырья». – М.: ЦЭИ «Химмаш», 2007. – С. 144–147.

9. Туисов, А. Г. Влияние модифицирующей добавки борполимера на физико-механические характеристики стеклопластиков / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов, В. А. Башара // Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них («Полимер 2007»): материалы I-ой Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во АлтГТУ. – 2007. – С. 74–76.

10. Туисов, А. Г. Исследование влияния полиметилена-трифенилового эфира борной кислоты на физико-механические характеристики стеклопластиков / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов // Наука. Технологии. Инновации. Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых. – Новосибирск: Изд-во НГТУ. – 2007. – С. 198–200.

11. Туисов, А. Г. Влияние активных разбавителей Лапроксид 301Г и Лапроксид 603 на технологические свойства эпоксидного связующего и прочностные свойства стеклопластиковых стержней / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов, В. А. Башара, О. В. Быстрова, Т. В. Ефанова // Доклады VIII Всероссийской научно-практической конференции «Техника и технология производства из минерального сырья». – Бийск: БТИ АлтГТУ, 2008. – С. 174–176.

12. Туисов, А. Г. Исследование влияния полиметилена-трифенилового эфира борной кислоты на структуру и технологические свойства эпоксидного связующего / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов, В. А. Ба-



шара, Т. В. Ефанова, О. В. Быстрова // Доклады VIII Всероссийской научно-практической конференции «Техника и технология производства из минерального сырья». – Бийск: БТИ АлтГТУ, 2008. – С. 179–182.

13. **Ефанова, Т. Е. Исследование влияния аминных отвердителей типа Полиам для эпоксидных смол на прочностные свойства стеклопластиковых стержней** / Т. Е. Ефанова, А. М. Белоусов, А. Г. Туисов // Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них («Полимер 2008»): материалы II-ой Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во АлтГТУ. – 2008. – С. 16–19.

14. **Туисов, А. Г. Исследование структуры и прочностных свойств стеклопластиковых стержней на основе эпоксидного связующего с добавлением полиметилена-п-трифенилового эфира борной кислоты** / А. Г. Туисов, А. М. Белоусов, Т. Е. Ефанова // Полимеры, композиционные материалы и наполнители для них («Полимер 2008»): материалы II-ой Региональной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Бийск: Изд-во АлтГТУ. – 2008. – С. 93–97.

15 **Эпоксидное связующее для стеклопластиков**: пат. 2339662 Рос. Федерация: МПК С 08 L 63/02, С 08 G 59/42, С 08 G 79/08, В 32 В27/38/ Туисов А.Г, Белоусов А.М., Башара В.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего и профессионального образования “Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова” - № 2007120230/04; заявл. 30.05.07; опубл. 27.11.08, Бюл. № 33. - 4 с: ил.





---

Подписано в печать 15. 01. 2009 г. Печать – ризография.  
Заказ 2009–5 . Усл. печ. л. – 1,44. Тираж 100 экз.  
Отпечатано в ИИО БТИ АлтГТУ  
659305, Алтайский край, г. Бийск ул. Трофимова, 27