

УДК 666.9.017

**Яковлева Ксения Андреевна**

**Yakovleva Ksenia Andreevna**

Студент

Student

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

Москва, Россия

Moscow, Russian Federation

**Хлаинг Зо У**

**Hlaing Zaw Oo**

Аспирант

Graduate student

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

Москва, Россия

Moscow, Russian Federation

**Шишкинская Вероника Александровна**

**Shishkinskaya Veronika Alexandrovna**

Студент

Student

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева

D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia

Москва, Россия

Moscow, Russian Federation

**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ НА СВОЙСТВА  
НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ЭД-20**

**STUDY OF THE EFFECT OF CLIMATIC CONDITIONS ON THE  
PROPERTIES OF NANOCOMPOSITES BASED ON ED-20**

*Аннотация:* Целью работы является разработка композиционных материалов на основе эпоксидного олигомера путём совместного использования нанонаполнителей и

модификаторов, обеспечивающих комплексное воздействие на физико-механические и деформационные характеристики материала.

**Abstract:** The aim of the work is to develop composite materials based on an epoxy oligomer by combining nanofillers and modifiers that provide a complex effect on the physical, mechanical and deformation characteristics of the material.

**Ключевые слова:** эпоксидный олигомер, модификатор, нанонаполнитель, физико-механические свойства.

**Key words:** epoxy oligomer, modifier, nanofill, physical and mechanical properties.

Работа посвящена решению материаловедческих задач создания новых полимерных систем с улучшенными эксплуатационными и технологическими свойствами на основе эпоксидных смол. Актуальность работы обусловлена растущими темпами потребления и производства новых полимерных материалов, а также большим интересом к технологиям создания нанокompозитов.

В работе исследованы физико-механические и деформационные характеристики материала на основе эпоксидного олигомера ЭД-20 (в первую очередь, для работы при низких температурах и под действием УФ-воздействия) в зависимости от метода получения и эксплуатационных требований к изделиям [1].

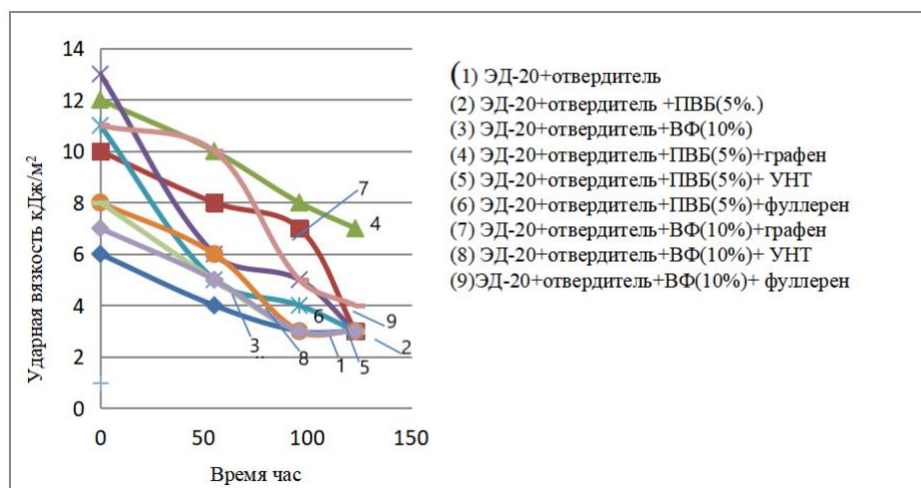
При разработке нанокompозитов исследовано влияние природы нанонаполнителя на интеркаляционную способность, а в результате на структуру и свойства материалов. Результаты электронной микроскопии позволили сделать важный вывод об эксфолиации нанодобавки графена при введении в матрицу ЭД-20. Показано, что такая структура наполненного олигомера позволяет получать материал с улучшенными технологическими, релаксационными свойствами, повышенной стойкостью к УФ-излучению, а также морозостойкостью [2].

Для формирования матрицы использовалась эпоксидиановая смола марки ЭД-20 с массовой долей эпоксидных групп 21.3. В качестве модификаторов использован поливинилацетали-винифлекс (ВФ) и поливинилбутираль (ПВБ). Отверждение эпоксидных олигомеров проводилось действием промышленного

аминного отвердителя. В качестве нанонаполнителей были использованы углеродные нанотрубки с удельной поверхностью 277 м<sup>2</sup>/г, графен с удельной поверхностью 1685 м<sup>2</sup>/г и фуллерен С<sub>60</sub> с удельной поверхностью 168 м<sup>2</sup>/г.

Из большого разнообразия композиционных материалов особый интерес представляют те материалы, свойства которых за 25–30-летний период эксплуатации снижаются не более чем на 10-20%. Известно, что основные необратимые изменения механических свойств полимерных композиционных материалов обусловлены их климатическим старением. В космосе на материалы космических летательных объектов наибольшее негативное влияние оказывает ультрафиолет (УФ), изменяя шероховатость поверхностей и, как следствие, их оптические характеристики.

Исследуемые композиты с разным содержанием модификаторов и нанонаполнителей помещались в экспериментальную установку, где проходило воздействие УФ-излучения. Эксперимент проводили в течение 55, 96 и 123 часов при комнатной температуре 20-22°С. Нанодобавки вводились в количестве 0,1 масс.%. Результаты представлены на рисунке 1.

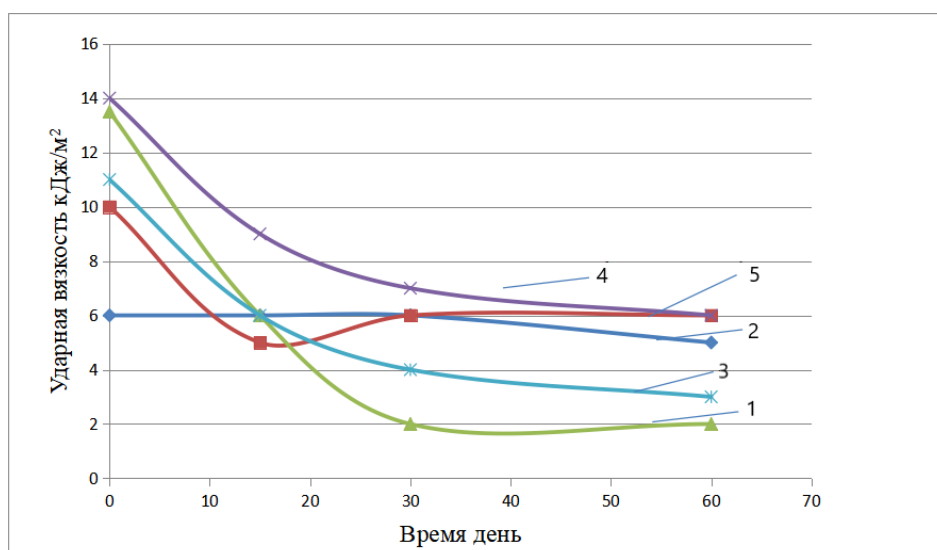


**Рис. 1. Ударная вязкость композитов на основе ЭД-20 при воздействии УФ- излучения**

Как и следовало ожидать, значительный свободный объем и большая удельная поверхность графена способствуют диссипации механической энергии,

т.е. повышению ударной вязкости. Как видно из представленного рисунка, при воздействии УФ-излучения происходит снижение ударной вязкости всех композиций, однако в меньшей степени данное снижение наблюдается при введении графена и нанотрубок в модифицированную поливинилацетальными эпоксидную смолу (кривые 4 и 5).

Те же закономерности наблюдаются при изучении стойкости эпоксикомпозитов к действию отрицательных температур (рис. 2). Как известно, увеличение термостойкости полимеров и их морозостойкости путем выбора подходящего наполнителя является важной в технологическом отношении задачей.



**Рис. 2. Ударная вязкость композиций на основе ЭД-20+отвердитель и углеродных нанонаполнителей после выдержки при -30°C: 1 - ЭД-20, 2 - ЭД-20 +ПВБ(5%), 3 - ЭД-20+ВФ(10%), 4 – ЭД-20+ПВБ(5%)+графен, 5 - ЭД-20 +ВФ(10%)+графен**

Как видно из рисунка 2 введение графена позволяет увеличить ударную стойкость композиционных материалов на основе модифицированной эпоксидной смолы к отрицательным температурам.

Таким образом в работе показано, что механизм действия добавок поливинилацеталей (ПВБ и ВФ), вводимых для улучшения совместимости фаз, основан на физическом взаимодействии или на образовании химических связей

на границе раздела, за счёт регулирования которой удаётся получать готовый композит с необходимыми, заранее заданными свойствами [3,4]. Введение углеродных нанодобавок не всегда даёт положительный результат, очень важно подобрать тип нанонаполнителя с высокой удельной поверхностью и определенной протяженностью графитовых плоскостей. К таким нанонаполнителям, как показано в нашей работе, относится графен, введение которого в ЭД-20 позволило существенно повысить физико-механические свойства. По всей видимости, подобные результаты можно объяснить препятствиями со стороны углеродных нанонаполнителей, обладающих высокой собственной прочностью и жесткостью, образованию и развитию трещин, что проявляется в более высокой ударной вязкости композита.

Разработанные материалы имеют повышенную морозостойкость, стойкость к УФ-излучению, пониженную вязкость и способны перерабатываться при технологических режимах, характерных для исходного полимера.

#### **Библиографический список:**

1. Кочнова, З.А. Эпоксидные смолы и отвердители: промышленные продукты / З.А. Кочнова, Е.С. Жаворонок, А.Е. Чалых. - М.: Химия, 2006. – 200 с.
2. Малаховский, С.С. Модифицированные связующие на основе эпоксидного олигомера, устойчивые к повышенным ударным нагрузкам / С.С. Малаховский, Зо. У. Хлаинг, А.А. Репина, Н.В. Костромина // Успехи в химии и химической технологии. - 2019. – Т. 33. – № 6 (216). – С. 59-61.
3. Губин, С.П. Графен и родственные наноформы углерода / С.П. Губин, С.В. Ткачев. Изд. 4-е, доп. – М.: ЛЕНАНД, 2015. – 112 с.
4. Богатов, В.А. О механизме усиления эпоксидных смол углеродными нанотрубками / В.А. Богатов, С.В. Кондрашов, И.А. Мансурова, В.Т. Минаков, И.В. Аношкин // Все материалы. Энциклопедический справочник. – 2012. – №4. – С. 7-11.