



## АНАЛИЗ ВИБРОЗВУКО-ПОГЛАЩАЮЩИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ ИЗ НИХ

Хаминов Бурхон Тургунович<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Доктор философии в области технических наук (PhD)  
Бахриддинова Дилнора Шарифжон кизи<sup>2</sup>  
студентка

<sup>2</sup>Кокандский филиал Ташкентского государственного  
технического университета  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.7353827>

**Аннотация:** Выполнен обзор публикаций, рассмотрены Вибропоглощающие покрытия, их назначение, обработка и свойства, увеличения эффективных методов борьбы с вибрацией и шумом, вызываемым вибрацией.

**Ключевые слова:** вибропоглощения, Демпфирующее покрытие, температура, винилитовых эпоксиолигомера Э-181 и совмещенного эпоксиолигомера ЭД-20 с Э-18, диэтиленгликольадирина ПДЭА-4, поликапроамид

**Abstract:** A review of publications is made, vibration-absorbing coatings, their purpose, processing and properties are considered, and effective methods of combating vibration and noise caused by vibration are increased.

**Keywords:** damping coating, temperature, vinylite epoxy oligomer E-181 and combined epoxy oligomer ED-20 with E-18, diethylene glycol dirinate PDEA-4, polycaproamide

Одним из эффективных методов борьбы с вибрацией и шумом, вызываемым вибрацией, является метод вибропоглощения, заключающийся в нанесении на вибрирующие металлические поверхности специальных материалов с большими внутренними потерями колебательной энергии. В результате этого увеличивается коэффициент потерь колебательной энергии конструкции, подавляются ее резонансные колебания, уменьшается передача звуковой энергии от места возбуждения к месту излучения, улучшается звукоизоляция ограждающих конструкций.

состоят из одного или нескольких слоев специальных материалов, наносимых на поверхность демпфируемой поверхности.

Демпфирующее покрытие оценивается ее способностью увеличить потери энергии при вибрации конструкции и чаще всего характеризуется эффективным коэффициентом потерь  $\eta_3$  или эффективным логарифмическим декрементом  $\delta_3$

$$\delta_3 = \pi \eta_3 (1.3.1)$$

Исследования эффективности вибропоглощающих покрытия выполнены Б.Д. Тарковским [65;с.1-31,68;с.1-31], А.С. Никифоровым [66;с.1-31], Е. Кервином [69;с.1-31], Г. Оберстом [70;с.1-31] и др.

Эффективный коэффициент потерь зависит в основном от динамических свойств вибропоглощающего материала и толщины покрытия.

Известно [71;с.1-31], что мерой эффективности вибропоглощающего материала является модуль потерь  $E''$ , определеннқй как произведение динамического модуля упругости  $E'$  на коэффициент механических потерь.

В области температуры скольжения модуль потерь достигает максимум, а высота и ширина этого максимума зависит от химической природы и структуры связующего.

В таблице 14 даны динамические характеристики полимеров при 293 К и их температура стеклования по литературным данным [78;с.1-32-81;с.1-32].

Таблица 14

#### Динамические свойства полимеров при 293 К и их температура стеклования

| Полимеры  | $\eta$ | $E'$ , МПа | $\eta E'$ , МПа | $T_c$ , К |
|---|--------|------------|-----------------|-----------|
| Полиэтилен низкого давления   | 0,048  | 1960       | 94              | 213       |
| Пентопласт  | 0,13   | 1895       | 259             | 298       |
| Фторопласт-3  | 0,064  | 1960       | 125             | 323       |
| Фторопласт-4  | -      | -          | -               | 153       |
| Поливинилхлорид   | 0,016  | 3500       | 56              | 360       |
| Полистирол  | 0,016  | 3820       | 61              | 373       |
| Полиакрилонитрил  | -      | -          | -               | 364       |
| Эпоксидная композиция на основе ЭД-16 (без наполнителя и с пластификатором ДБФ) | 0,032  | 3250       | 104             | 383       |

Из таблицы видно, что высокая вибропоглощающая эффективность покрытия будет достигнута, если температура столкновения связующего находится внутри температурного диапазона эксплуатации полимера ниже температуры столкновения в области стеклообразного состояния главные полимерные цепи «замерзают», поэтому имеют подвижность большие участки молекул и боковые группы. При температуре



стеклования и выше нее в области высокоэластичного состояния, связанного с аморфной фазой полимера, начинается движение сегментов.

Температура стеклования зависит от строения и полярности полимера, например, полиэтилен, обладают высокой гибкостью цепи и поэтому у них низкая температура стеклования. Наличие редко расположенных полярных групп повышает температуру стеклования вследствие усиления межмолекулярных взаимодействия. Например, у полиакрилонитрила, имеющего полярную группу CN, температура стеклования выше, чем у неполярного полиэтилена. Однако, если полярные группы расположены симметрично, то цепи обладают гибкостью и, следовательно, низкой температурой стеклования (у фторпласта-4 температурой стеклования заметно ниже, чем у фторпласта-3). Кроме того, сильная разветвленность цепей, объемистые боковые группы (например, полистирол), а также их полярность повышает жесткость главной цепи, поэтому температура стеклования передвигается в сторону высоких температур.

Повышение температуры стеклования с ростом молекулярного веса прекращается при определенных степенях полимеризации, характерных для каждого полимергомологического ряда [76;с.1-33].

На динамические свойства полимеров также оказывают влияние наличие двойных связей (в основном характер их расположения) и гетеро атомов в главной цепи, термообработка, ориентация и кристалличность полимера [80;с.1-33].

Введение пластификаторов существенно изменяет весь комплекс свойств полимера. Снижение температуры стеклования при пластификации полимера позволяет целенаправленно ее изменить, то есть максимально приблизить температуру стеклования к температурной зоне эксплуатации и тем самым повысить эффективность вибропоглощающей полимерной композиции, предназначенной для покрытия.

Эффективность пластифицирующего действия определяются количеством введенного в полимер пластификатора, его химической природой, формой, размером молекул. А также типом полимера [73;с.1-33].

Изменение температуры стеклования пластифицированных систем  $T_c$  при разных значениях температуры стеклования полимера  $T_c^{PM}$  и пластификатора  $T_c^{ПЛ}$  в зависимости от концентрации пластификатора  $C$  (в массовых концентрациях) и типа взаимодействия может быть описано с

помощью формул [74;с.1-33] для пластификаторов, обладающих средством к полимеру.

$$T_c = (T_c^{PM} - T_c^{PL} + 1)^{1-C} + T_c^{PL} - 1 \quad (1.3.2)$$

для инертных полимеров

$$T_c = T_c^{PL} + (1-C)T_c^{PM} \quad (1.3.3)$$

Пластификаторы оказывают глубокое влияние на вязкоупругие свойства полимеров. Так, в работе [73;с.1-34] показано, что с увеличением количества низко- и высокомолекулярных пластификаторов от 0 до 100 об.ч. в поливинилхлоридных и винилитовых композициях коэффициент механических потерь увеличивается, динамический модуль упругости падает, а модуль потерь проходит через максимум.

В случае применения высокомолекулярного пластификатора максимум модуля потерь приходится на более высокое его содержание в материале.

В работе показано [85;с.1-34] динамические характеристики эпоксиолигомера Э-181 и совмещенного эпоксиолигомера ЭД-20 с Э-18 при содержании пластифицирующих добавок, соответствующем пределу совместимости, показало, что природа модификаторов (метакрилаттриэтиленгликоля ТГМ-3, дибутилового эфира этилендиэтиленгликольадирина ПГА-5, дибутилового эфира диэтиленгликольадирина ПДЭА-4, жидкого тиокола и МГФ-9) оказывают существенное влияние. Все указанные модификаторы повышают коэффициент механических потерь и модуль потерь и снижают динамический модуль упругости. Лучшие вязкоупругие показатели имеет композицию с олигоэфироакрилатом МГФ-9.

В общем случае для описания изменения динамического модуля упругости, при фиксированной температуре можно использовать формулу [74;с.1-34]:

$$E' = E_{PM}^1 \cdot 10^{\lambda_P} \quad (1.3.4)$$

где  $E_{PM}^1$  – модуль упругости не пластифицированного полимера

$P$  – содержание пластификатора

$\lambda_P$  – коэффициент, учитывающий степень совмещения пластификатора и полимера и зависящий от природы обоих компонентов.

Как было выше указано, что симбатно изменению динамического модуля упругости при пластификации меняется и величина основного

максимума коэффициента механических потерь. При этом следует отметить, что уменьшение высоты максимума сопровождается его

$$\Delta\eta = \text{const} \quad (1.3.5)$$

где  $\Delta$  - параметр полуширины, равный протяженности интервала температур на полувисоте.

Пластификация существенно изменяет не только вязкоупругие, но и другие физико-механические характеристики покрытия: адгезионную прочность, разрывную прочность пленки, внутренние напряжения, твердость, ударную прочность, теплостойкость [77;с.1-35-78;с.1-35].

Работы, посвященные изучению влияния отвердителей на вибропоглощающие свойства полимерных композиций, почти отсутствуют. В работе [86;с.1-35] изучались динамические свойства композиций на основе эпоксидного олигомера Э-181 в зависимости от природы отвердителей: метафенилендиамина (МФДА), полиамида С-18 и полиэтиленполиамида (ПЭПА).наилучшей вибропоглощающей эффективностью обладает эпоксидная композиция, отвержденная метафенилендиаминном. В работе [84;с.1-35] исследовано демпфирующие свойства эпоксидных композиций на основе олигомера ЭД-16 и установлено, что логарифмический декремент колебаний композиций, отвержденных ПЭПА, выше, чем композиции, отвержденной малеиновым ангидридом (МА).

Следует отметить, что в работах [83;с.1-35, 84;с.1-35] не рассматривалось влияние количества отвердителя на динамические свойства эпоксидных композиций.

Для получения полимеров требуемых свойств вводят наполнители в виде частиц дисперсной фазы. При этом наполнитель выполняет две функции. Во-первых, уменьшения расхода дорогого и дефицитного полимера, а во-вторых – улучшение физико-механических свойств.

В качестве наполнителей применяют различные природные и искусственные материалы: зернистые или порошковые (мел, диатомит, маршалит, кварц, аэросил, полимеры, цемент, металлы и окислы металлов), пластинчатые (тальк, графит, слюда, алюминиевая пудра, каолин, дисульфид молибден) волокнистые (асбест, синтетические волокна, рубленые стекловолокна и стеклоткань) и др. [89;с.1-36-91;с.1-36].

По своему действию наполнители могут быть подразделены на активные, инертные и занимающие промежуточное положение. Введение активных наполнителей значительно улучшает те или иные свойства

полимера. Инертные наполнители применяют для снижения стоимости изделия без ухудшения его качества. Такое разделение наполнителей условно, так как и активность, и инертность их зависят. Во-первых, от химической природы полимера, во-вторых, определяются тем, какое свойство наполненного полимера принимается во внимание, потому что, улучшая одно из них, наполнитель может не оказывать влияние на другое [86;с.1-36].

Введение в полимеры наполнителей, как известно, приводит к изменению свойств полимера и в слое, непосредственно, примыкающем к поверхности наполнителя. Показано [86;с.1-36], что в результате адсорбционного взаимодействия полимера с поверхностью наполнителя и изменения молекулярной подвижности в граничном слое, а так же из-за влияния поверхности на формирование молекул при реакциях отверждения химическая и структурная неоднородность полимера в композиционном материале увеличиваются по сравнению с олигомером, полученных в тех же условиях в отсутствие наполнителя. Изменение структуры полимера приводит к изменению механических свойств.

Введение в одно- или многокомпонентную полимерную систему наполнителя, физико-химические свойства которого резко отличаются от свойств полимера, приводит к значительному изменению демпфирующих [93;с.1-37] и диэлектрических [94;с.1-37] свойств.

В работе [87;с.1-37] исследованы вязкоупругие свойства при увеличении содержания графита от 0 до 159 вес.ч. в композиции на основе эпоксиолигомера Э-181 и совмещенного ЭД-20С, Э-181, и установлены, что коэффициент механических потерь и модуль потерь изменяются экстремально с одним максимумом, а модуль упругости – двумя максимумами. Максимум модуля потерь для композиции на основе олигомера Э-181и совмещенного ЭД-200 и 150 вес.ч. графита. Вибропоглощающая эффективность не наполненной композиции более чем в 5 и 3 раза соответственно.

Увеличение концентрации кварцевого порошка в эпоксидной смоле до 40 объемн.% ведет к монотонному падению логарифмического декремента, повышению модуля упругости и модуля потерь [84;с.1-37]. Увеличение модуля потерь при 40% содержании кварцевого порошка по сравнению с модулем потерь не наполненной эпоксидной композиции составляет в 1,5 раза.

В зависимости от природы полимера вибропоглощающая эффективность одного и того же не наполнителя разная. Так, введение 40

вес.ч. барита в поликапроамид и эпоксидную композицию на основе ЭД-20 показывает [83;с.1-37], что если модули потерь у наполненного и не наполненного поликапроамида почти одинаковы, то у эпоксидной композиции модуль потерь при наполнении падает в 1,5 раза.

В работах [88;с.1-37,95;с.1-37] изучено влияние каолина на вибропоглощающие свойства композиции на основе полиформальдегида полиметилметакрилата. При увеличении содержания каолина до 20 вес.ч. модуль упругости и модуль потерь существенно повышается, коэффициент механических потерь при этом изменяется незначительно. По мнению авторов [95;с.1-37], это связано тем, что присутствие каолина в качестве наполнителя, например, в полиметилметакрилате уменьшает подвижность крупных структурных образований и мало влияет на подвижность боковых привесков макромолекул полиметилметакрилата.

В работе [88;с.1-38] исследованы вязкоупругие свойства полипропилена с 40 вес.ч. асбеста и установлено, что по сравнению с ненаполненным полипропиленом коэффициент механических потерь снизился незначительно, а динамический модуль упругости и модуль потерь заметно повысились.

По вибропоглощающей эффективности наполнителя в эпоксидной композиции они располагают в следующий нисходящий ряд: чешуйчатый графит > каолин > слюдяная мука > алюминиевая пудра > асбест > тальк > поликапроамид > графит зернистый > железный порошок [75;с.1-38].

Следует также отметить, что очень мало работ, посвященных изучению вибропоглощающей эффективности применяемых в качестве наполнителя полимеров, металлических порошков, смесей различных наполнителей, синтетических волокон.

В работах [86;с.1-38,87;с.1-38] показано, что зависимость вибропоглощающих свойств от содержания наполнителя носит экстремальный характер, достигая максимума при значении концентрации наполнителя, близкой к его критической объемной концентрации.

Кроме природы и количества наполнителя, на динамические свойства полимерных композиций оказывает существенное влияние дисперсность наполнителя. Так, введение активных наполнителей большей дисперсности приводит к большому усилению полимеров, что обусловлено развитой поверхностью взаимодействующего наполнителя. Для инертных наполнителей эффект усиления, в первую очередь,

обусловлен упругопрочностными свойствами ингредиента, поэтому диспергирования наполнителей нерационально [74;с.1-38].

### Список использованной литературы:

- 1.Негматов С.С Основы процессов контного взаимодействия композиционных полимерных материалов с волокнистой массой. Ташкент, Фан,1984. С.296.
- 2.Негматов С.С. Условия эксплуатации основных рабочих органов машин и механизмов для уборки и переработки хлопка-сырца Ташкент,Узбекистан, 1980, С.1
- 3.Негматов С.С., Абед Н.С.,Хаминов Б.Т., Икрамов Н.А.,Халимжонов Т.С.,Бозорбоев Ш.А., Жовлиев С.С.. «Исследование антифрикционно-виброзвукопоглощающих композиционных полимерных материалов и покрытий на их основе» Является печатной версией сетевого журнала Universum: технические науки. Выпуск: 8(89) Август 2021. Часть 1. г. Москва,2021, С. 11-15,
- 4.Негматов С.С., Бозорбоев Ш.А., Абед Н.С.,Гулямов Г.,Хаминов Б.Т.,Наврузов Ф.М.,Эшкobilов О.Х.. »Исследование долговечности и износостойкости колков композиционных полимерных материалов рабочих органов хлопковых машин и механизмов, работающих в условиях трения и износа» Международная научно - техническая конференция «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение» 16-17 сентября 2021 годаМатериалы конференцииТашкент, 2021, С. 70-72.
- 5.Негматов С.С., Улмасов Т.У., Абед Н.С., Собирова О.Ш., Хаминов Б.Т.,Наврузов Ф.М., Абдуллаев С.Х.,Машарипова М.М.,Жовлиев С.С.,Иксанов Ф.Р.. » Консольный метод определения внутренних напряжений в полимерных, эмалевых и лакокрасочных покрытиях» Международная научно - техническая конференция «Композиционные материалы на основе техногенных отходов и местного сырья: состав, свойства и применение»16-17 сентября 2021 года Материалы конференции Ташкент, 2021, С. 126-128.