

DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876

¹Волоцкой А.Н., аспирант,
¹Юркин Ю.В., канд. техн. наук,
²Черкасов В.Д., д-р техн. наук, проф.,
¹Авдонин В.В., канд. техн. наук,
¹Мансурова И.А., канд. техн. наук, доц.
¹Вятский государственный университет
²Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОЛЯРНОСТИ ПЛАСТИФИКАТОРА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНВИНИЛАЦЕТАТА

Данная работа посвящена проблеме разработки вибропоглощающих полимерных материалов, эффективных в широком температурно-частотном диапазоне. В связи с тем, что эффективность демпфирования колебаний в композите главным образом определяется свойствами полимерной матрицы, изучение ее свойств в зависимости от типа и количества структурообразующих параметров является актуальной задачей. Цель статьи заключается в определении изменений динамических свойств этиленвинилацетата при добавлении в него пластификаторов различной полярности и концентрации. Ведущим методом к исследованию данной проблемы является метод динамического механического анализа, позволяющий получить информацию об изменении механических характеристик под действием динамической нагрузки и контролируемой температуры и частоты. С помощью выявленных закономерностей удалось определить тип пластификатора, существенно снижающего температуру стеклования этиленвинилацетата. Установлено процентное соотношение системы этиленвинилацетат/пластификатор и, соответственно выявлен тип пластификатора, при котором максимум механических потерь принимает наибольшие значения. Определена степень полярности пластификатора, при которой эффективность пластификатора на этиленвинилацетат наибольшая. Полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования динамических механических свойств композитов.

Ключевые слова: этиленвинилацетат, диоктилфталат, хлорпарафин, индустриальное масло, модуль упругости, тангенс угла механических потерь, температура.

Введение. Современное развитие техники и технологии негативно влияет на окружающую нас биосферу. Одним из негативных факторов является увеличение вибрационной нагрузки. Данная проблема наиболее остро стоит в авто-, авиа-, судо-, вагоно-, машиностроении и строительстве. Для снижения уровня воздействия вибрации наиболее целесообразно применение современных полимерных композиционных материалов, эффективно работающих в широком температурном диапазоне. Эффективность вибропоглощения вне зависимости от природы источников энергетических потерь оценивается следующими динамическими механическими характеристиками: тангенс угла потерь $tg \delta$, коэффициент потерь η , логарифмический декремент колебаний δ , относительное рассеяние или коэффициент поглощения ψ . Все эти характеристики связаны между собой следующим соотношением:

$$tg \delta = \eta = \frac{E''}{E'} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{\psi}{2\pi} \quad (1)$$

где E'' – модуль потерь материала, МПа; E' – модуль накопления или динамический модуль упругости материала, МПа.

Разработка полимерных композиционных материалов с высокими вибропоглощающими свойствами является актуальной проблемой современного материаловедения. Одним из эффективных способов разработки таких материалов является использование аналитических моделей, которые позволяют предсказать свойства будущего материала, тем самым сократив расходы на экспериментальные исследования. Независимо от принятого метода прогнозирования, полученные аналитические зависимости должны позволить связать динамические свойства композита со свойствами отдельных его компонентов и параметрами образующейся структуры. Известно, что в вибропоглощающих композиционных материалах, как правило, одна компонента ответственна за вибропоглощающие свойства, вторая является упрочняющей [1]. На уровне макроструктуры, при упругом недиссипативном наполнителе, потери в композите обусловлены в основном рассеянием энергии в матрице, а на уровне микроструктуры – рассеянием энергии в полимерном вяжущем [1]. Следовательно, эффективность демпфирования колебаний в композите главным образом определяется

свойствами полимера. На эти свойства значительное влияние оказывает пластификатор, который добавляют к полимеру для снижения вязкости и улучшения обрабатываемости. Пластификаторы снижают силы сцепления между полимерными цепями и, следовательно, повышают гибкость цепей [2–4]. Влияние взаимодействия пластификатор-полимер на динамические свойства изменяется от полимера к полимеру и от пластификатора к пластификатору. Поэтому большое внимание всегда уделяется анализу и выбору подходящего пластификатора для каждого полимера. Таким образом, для прогнозирования демпфирующих свойств полимерных композиционных материалов необходимы экспериментальные данные о свойствах матрицы, состоящей из базового полимера и пластификатора. Несмотря на большое число работ по оценке влияния пластификаторов на динамические свойства полимеров [2–8] во всех из них исследования проводятся на наполненных композитах, тем самым исключая возможность применения полученных зависимостей для прогнозирования.

Данная работа посвящена исследованию динамических свойств в широком диапазоне темпе-

ратур ($-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$) бинарных смесей этиленвинилацетата (ЭВА) с пластификатором различного типа (диоктилфталат, хлорированный парафин, масло индустриальное). Такой подход позволит оценить влияние типа и количества пластификатора на ЭВА, исключив при этом влияние прочих компонент композита. Кроме того, полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования.

Методика. В настоящей работе в качестве полимерной основы был использован этиленвинилацетат марки LG EVA ES 28005 (LG Chem, Южная Корея), содержание винилацетатных звеньев составляет 28 %.

В роли пластификатора при изготовлении экспериментальных образцов выступали различные материалы: диоктилфталат (ДОФ) ГОСТ 8728-88 (BINA Group, Россия); хлорпарафин ХП-470 (ХП) ТУ 2493-379-05763441-2002 (ВитаХим, Россия); масло индустриальное И-40 (МИ) ГОСТ 20799-88. Объемное содержание этиленвинилацетат/пластификатор – 80/20; 60/40.

Составы и марки исследуемых композитов в процентном содержании компонентов по объему приведены в таблице 1.

Таблица 1

Составы и марки исследуемых композитов

Марка смеси	Полимер	Пластификатор		
	ЭВА	МИ	ДОФ	ХП
E100	100	-	-	-
EM2	80	20	-	-
EM4	60	40	-	-
ED2	80	-	20	-
ED4	60	-	40	-
EX2	80	-	-	20
EX4	60	-	-	40

Для перевода объемных долей в массовые части использовали следующие значения истинной плотности материалов: ЭВА – $0,931\text{ г/см}^3$; МИ – $0,900\text{ г/см}^3$; ДОФ – $0,984\text{ г/см}^3$; ХП – $1,235\text{ г/см}^3$.

Полимерные смеси изготавливали при помощи лабораторного смесителя периодического действия с тангенциальными роторами. Первоначально перемешивали полимер при температуре $120\text{ }^{\circ}\text{C}$ при числе оборотов 44 об/мин в течение 10 минут. Далее полимер совмещали с пластификатором при аналогичных параметрах смешения. Полученную смесь затем раскатывали на вальцах до получения материала в виде листов толщиной 2 мм.

Для получения динамических свойств исследуемых композитов применяли динамический механический анализ (ДМА). ДМА эксперимен-

тальных образцов в виде диска толщиной и диаметром 2 мм был выполнен с использованием прибора Netzsch DMA 242 C. Динамический модуль упругости и тангенс угла механических потерь определяли в диапазоне температур от $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ при частоте 1 Гц, 10 Гц.

Основная часть. Зависимости тангенса угла механических потерь ($tg\delta$) и динамического модуля упругости (E') ЭВА от типа пластификатора с объемным содержанием ЭВА/пластификатор 80/20 при разных частотах показаны на рис. 1–2.

Этиленвинилацетат представляет собой сополимер этилена и винилацетата. Полярные винилацетатные звенья случайным образом располагаются по длине макромолекул. С ростом содержания винилацетатных звеньев в цепях увеличивается полярность макромолекул, интенсивность внутри- и межмолекулярных взаимодействий. Это отражается увеличением значения

тангенса угла механических потерь в полимере в ходе циклического деформирования [10, 11, 12]. Таким образом, этиленвинилацетат с 28 % содержанием винилацетатных звеньев можно отнести к средне полярным каучукам.

Положение максимума тангенса угла механических потерь не пластифицированного ЭВА (Е100) с содержанием винилацетатных звеньев 28 % соответствует температуре стеклования $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ (частота 1 Гц), при этом величина тангенса угла механических потерь составляет 0,374 (см. рис.1 а).

Эффективность действия пластификаторов определяется степенью совместимости с полимером. В данном случае важную роль играет полярность полимера и пластификатора. Как правило «полярное» растворяется в «полярном», и наоборот «неполярное» в «неполярном» [24]. Используемые в данной работе пластификаторы имеют

различную полярность. ДОФ и ХП относятся к полярным пластификаторам за счет содержания в своей структуре кислорода и хлора соответственно [13]. МИ относится к нефтяным маслам. Полярность нефтяного масла зависит от того, какая фракция в нем преобладает: алкановая, нафтеновая или ароматическая. В структуру молекулы нефтяного масла могут входить парафины, предельные циклические углеводороды (нафтены), ароматические углеводороды [14]. Из таблицы 2 видно, что в масле И-40А доминирует алкановая фракция, поэтому данный пластификатор можно отнести к парафиновым нефтяным маслам. По данным [14] парафиновые масла имеют самую низкую полярность среди нефтяных масел. Таким образом, промышленное масло И-40А относится к слабополярным пластификаторам по сравнению с ДОФ и ХП.

Таблица 2

Структура молекулы промышленного масла И-40А [15]

Показатель	И-40А
С парафиновых, об. %	80,0
С ароматических, об. %	20,0
С непредельных, об. %	0,0

Степень полярности веществ количественно можно оценить с помощью параметра растворимости (δ). Существует несколько методов оценки δ [17, 24]. В целом параметр растворимости равен корню квадратному из отношения энергии испарения к мольному объему вещества. Параметр растворимости Хансена (δ_x) дает больше информации по растворимости веществ. Чтобы растворить полимер в пластификаторе необходимо нарушить действующее межмолекулярное взаимодействие, которое складывается из диполь-дипольного взаимодействия и образования водородных связей.

В результате δ_x представляет собой сумму трех параметров растворимости [17]:

$$\delta_x = \sqrt{\frac{E_D + E_P + E_H}{V^l}} \quad (2)$$

где E_D – энергии дисперсных сил, Дж/моль; E_P – энергия полярного взаимодействия, Дж/моль; E_H – энергии взаимодействия за счет водородных связей, Дж/моль; V^l – мольный объем вещества, м³/моль.

Параметры растворимости исходного полимера и пластификаторов, применяемых в данной работе, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Параметр растворимости ЭВА, МИ, ДОФ, ХП [16, 18, 19]

Показатель	Е100	МИ	ДОФ	ХП
Параметр растворимости δ , (МДж/м ³) ^{0,5}	$\approx 17,5$	$\approx 16,1$	18,2	19,5

Все пластификаторы (растворители) по величине взаимодействия с полимером можно разделить на «плохие» (несовместимые) и «хорошие» (совместимые) [8, 20–22]. К первым относятся пластификаторы, в которых полимер ограниченно набухает, а ко вторым – где полимер неограниченно растворяется. Хороший пластификатор в отличие от «плохого» образует гомогенный раствор полимера в рабочем интервале концентраций и температур, не вызывая расслоения системы полимер-пластификатор на две фазы [21].

Добавление в полимер совместимого пластификатора приводит к молекулярному смешению компонентов, когда молекулы пластификатора проникают внутрь надмолекулярных структур, располагаются между макромолекулами благодаря взаимодействиям полимер-пластификатор. Несовместимый пластификатор не нарушает межцепных взаимодействий, его молекулы располагаются на поверхности надмолекулярных структур полимера [20, 22, 23].

При добавлении в исходный полимер пластификатора происходит смещение температуры

стеклования (T_c) в сторону более низких температур. Например, ДОФ и ХП при частоте 1 Гц сдвигают T_c исходного ЭВА в область отрицательных температур на 19 °С, а МИ на 13 °С (см. рис. 1а). Это объясняется тем, что пластификаторы ДОФ и ХП по сравнению с МИ обладают более высокой полярностью (согласно параметра растворимости δ , табл. 3) и, следовательно, более высоким сродством с ЭВА. Это приводит к сни-

жению интенсивности внутри- и межмолекулярных цепных взаимодействий. Вследствие этого облегчается движение отрезков цепей, они могут перемещаться при более низких температурах, в итоге T_c таких маточных смесей значительно снижается [4]. Таким образом, диоктилфталат и хлорпарафин с 20 % концентрацией в системе ЭВА/пластификатор дают лучший эффект пластифицирования ЭВА, чем промышленное масло.

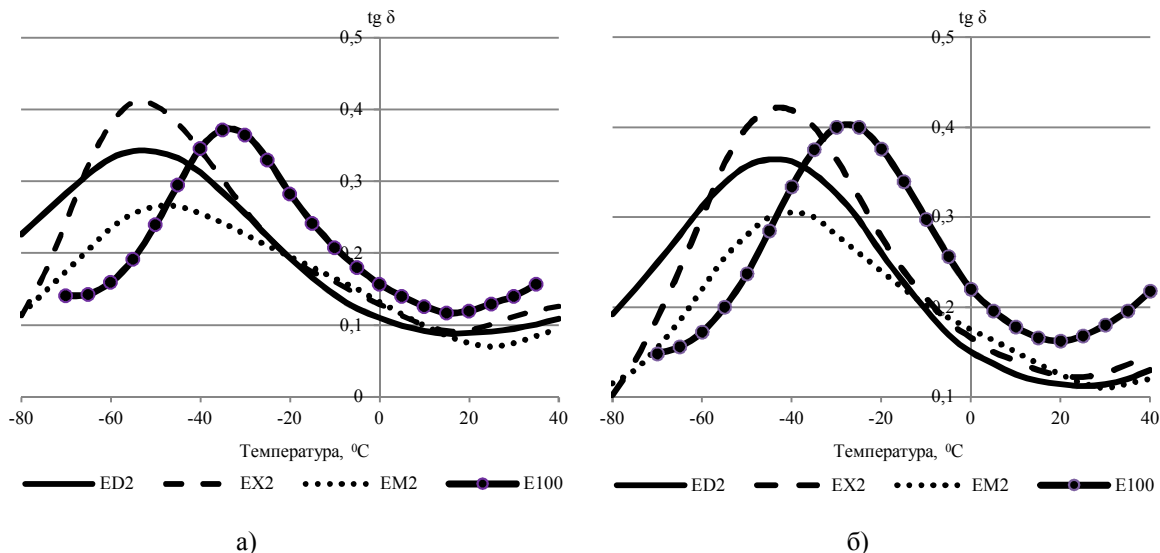


Рис. 1. Сравнение $tg \delta$ E100, ED2, EX2, EM2: а) – при частоте 1 Гц; б) – при частоте 10 Гц

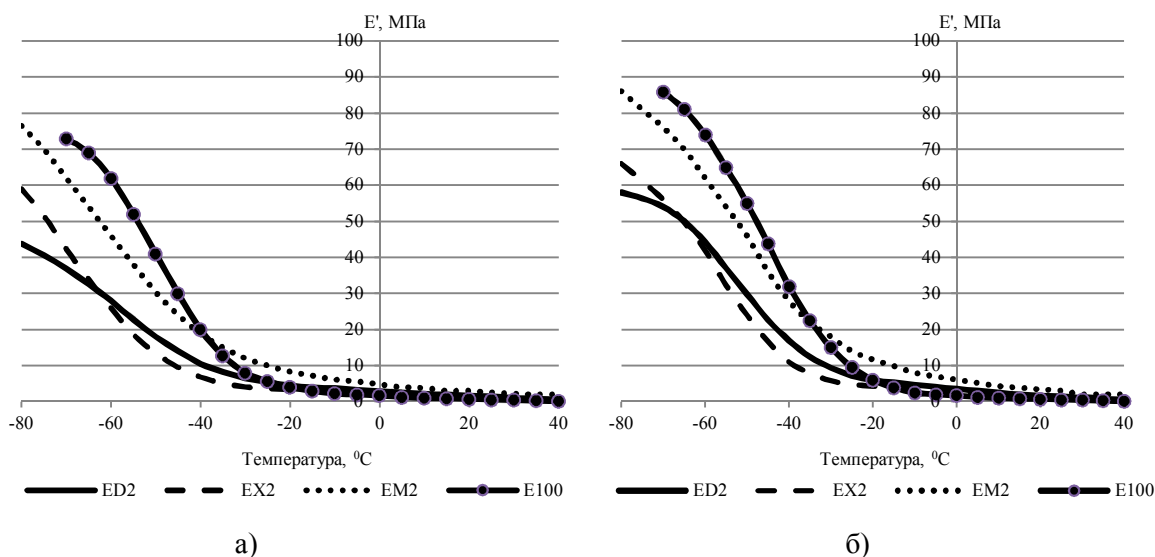


Рис. 2. Сравнение динамических модулей упругости E100, ED2, EX2, EM2: а) – при частоте 1 Гц; б) – при частоте 10 Гц

Пластификатор оказывает влияние не только на T_c полимера, но и на тангенс угла механических потерь ($tg \delta$). Например, когда в качестве пластификатора используется МИ или ДОФ величина $tg \delta$ ЭВА при 1 Гц уменьшается на 0,109 и 0,031 соответственно. В тоже время при пластификации этиленвинилацетата хлорпарафином величина $tg \delta$ возрастает на 0,04 (см. рис. 1а). Это может быть обусловлено более интенсивным фи-

зическим взаимодействием «полимер-пластификатор» посредством сил Ван-дер-Ваальса. В процессе деформирования физические связи разрушаются в одном месте и возникают в другом, расходуя при этом энергию. В результате значение $tg \delta$ несколько увеличивается и вибропоглощающие свойства полимера улучшаются [10].

Результаты измерения динамического модуля упругости (E') для этиленвинилацетата с

20 % содержанием пластификатора представлены на рис. 2. При частоте 1 Гц этиленвинилацетат имеет наибольшие значения E' , когда в качестве пластификатора используется промышленное масло (см. рис. 2а). Это подтверждает тот факт, что МИ хуже совмещается с ЭВА по сравнению с ДОФ и ХП, в меньшей степени нарушая межцепные взаимодействия в полимере.

Аналогичная ситуация происходит с T_c , $tg\delta$ и E' бинарных смесей при частоте 10 Гц (см рис. 1б, 2б).

На рис. 3-4 представлены зависимости $tg\delta$ и E' системы ЭВА/пластификатор при 40% концентрации пластификатора в составе полимерной смеси.

Действие пластификаторов с повышением его концентрации в составе полимерной смеси всегда выражается в понижении T_c полимеров [9, 22, 24, 25]. И действительно, все пластификаторы, используемые в данной работе, при увеличении их концентрации в составе смеси снижают температуру стеклования этиленвинилацетата (см. рис. 3). Например, МИ и ХП снижают температуру стеклования бинарных смесей EM4 и EX4 относительно смесей EM2 и EX2 на 7 °С (частота 1 Гц). Но наиболее сильно снижение T_c , а именно на 13°С, проявляется, когда в качестве пластификатора используется ДОФ. Это обусловлено тем, что из трех пластификаторов у ДОФ самое низкое значение температуры застывания [19].

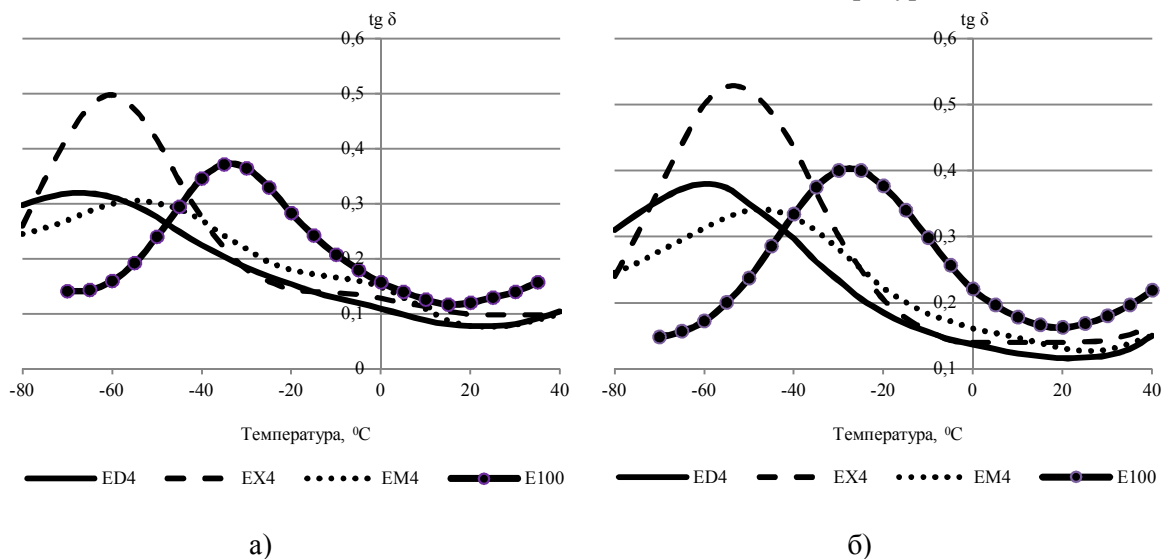


Рис. 3. Сравнение $tg\delta$ E100, ED4, EX4, EM4: а – при частоте 1 Гц; б – при частоте 10 Гц

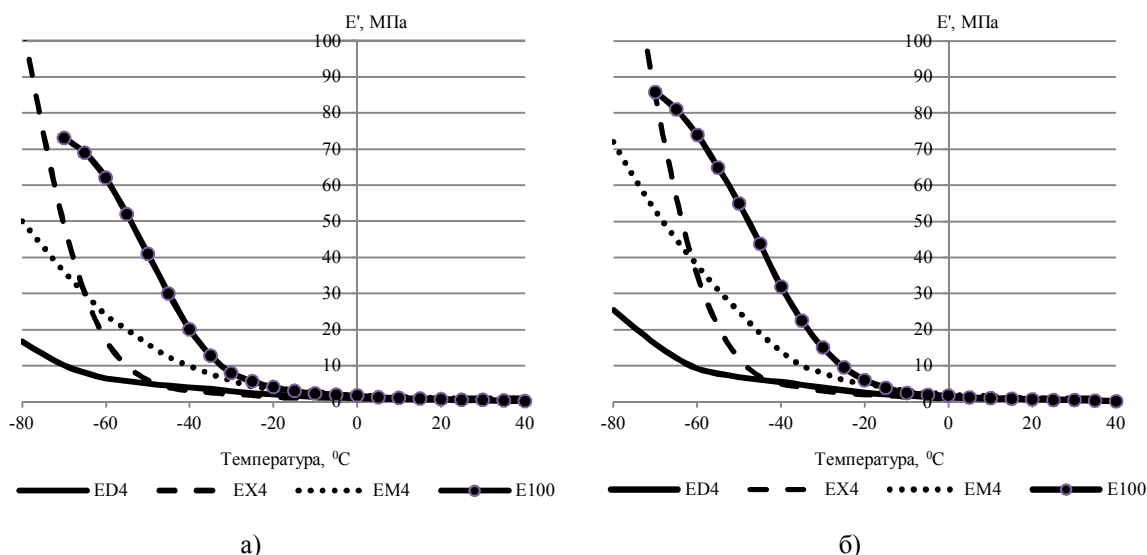


Рис. 4. Сравнение динамических модулей упругости E100, ED4, EX4, EM4: а – при частоте 1 Гц; б – при частоте 10 Гц

Результаты измерения E' в области максимума потерь для этиленвинилацетата с 40 % содержанием пластификатора представлены графически на рис. 4. При повышении концентрации пластификатора до 40 % ЭВА имеет наибольшие значения динамического модуля упругости (до -

70 °С при частоте 1 Гц и до 65 °С при частоте 10 Гц), когда в качестве пластификатора используется масло.

Увеличение концентрации пластификатора в составе бинарной смеси приводит к снижению

динамического модуля упругости и соответственно жесткости пластифицированного полимера. Например, у системы ЭВА/МИ при температуре $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и частоте 1 Гц E' уменьшается на 6 МПа, у ЭВА/ДОФ на 3,6 МПа, у ЭВА/ХП на 2,1 МПа (см. рис. 4а). Понижение динамического модуля упругости при повышении концентрации пластификатора в составе смеси обусловлено разбавлением полимера и увеличением длины отрезков цепей между физическими зацеплениями [8]. Также при увеличении концентрации пластификатора у всех полимерных смесей наблюдается сдвиг кривой модуля упругости в сторону отрицательных температур. Аналогичная ситуация происходит при частоте 10 Гц (см. рис. 4б).

Наибольшая высота пика $tg\delta$ в системе ЭВА/пластификатор наблюдается, когда в качестве пластификатора используется хлорпарафин, так же, как и в случае с малой концентрацией пластификатора в составе смеси (см. рис. 3а).

Эффективность пластификатора также можно оценить по ширине пика механических потерь в области стеклования [8]. Наименьшая ширина пика механических потерь ЭВА наблюдается при пластификации хлорпарафином (см. рис. 1–3). В присутствии ДОФ кривая зависимостей тангенса угла механических потерь от температуры имеет более пологий вид в области отрицательных температур по сравнению с ХП и МИ. Это может быть обусловлено формой молекул ДОФ. Из-за наличия бензольных колец молекулы имеют объемную форму и, находясь в межмолекулярном пространстве, увеличивают долю свободного объема в полимере. Таким образом, ЭВА в присутствии ДОФ имеет участки цепей с более высокой подвижностью по сравнению с ХП и соответственно самые низкие значения динамического модуля упругости (рис. 4).

Выводы. Установлены экспериментальные зависимости тангенса угла механических потерь и модуля упругости в зависимости от типа и количества пластификатора для бинарных смесей ЭВА/пластификатор, что дает возможность выбрать пластификатор для этиленвинилацетата исходя из эксплуатационных и других требований, предъявляемых к вибропоглощающему материалу.

Показано, что диоктилфталат и хлорпарафин лучше совмещаются с ЭВА, чем индустриальное масло.

Температура стеклования этиленвинилацетата значительно смещается в область отрицательных температур, когда пластификатором для него выступает диоктилфталат с объемным содержанием 40 % в составе бинарной смеси.

Наименьшее смещение T_g в область отрицательных температур наблюдается при пластификации ЭВА индустриальным маслом.

Наибольшие значения тангенса угла механических потерь наблюдаются при пластификации ЭВА хлорпарафином объемным содержанием 40 % в составе смеси.

Бинарные смеси с индустриальным маслом, являются более жестким, и соответственно, имеют наибольшие значения динамического модуля упругости.

Установлено, что для разработки вибропоглощающих материалов на основе ЭВА наиболее предпочтительно использовать в качестве пластификатора хлорпарафин. У таких смесей наибольшие значения тангенса угла потерь при температуре стеклования. Следом по степени эффективности пластификатора идет диоктилфталат. Использование индустриального масла в качестве пластификатора нецелесообразно.

Полученные зависимости могут быть использованы в качестве исходных данных для аналитического прогнозирования динамических механических свойств композитов.

Источник финансирования. Грант Президента Российской Федерации МК-1960.2018.8.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Соломатов В.И., Черкасов В.Д., Фомин Н.Е. Вибропоглощающие композиционные материалы. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 95с.
2. Lapcik L. Jr., Jindrova P., Lapcikova B., Tamblyn R., Greenwood R., Rowson N. Effect of the talc filler content on the mechanical properties of polypropylene composites // Journal of Applied Polymer Science. 2008. Т. 110. № 5. С. 2742–2747.
3. Zhao Wang, Yue Han, Xing Zhang, Zhaohui Huang, Liqun Zhang. Plasticization Effect of transgenic soybean oil. I. on ethylene propylene diene monomer (EPDM), as substitute for paraffin oil // Journal of Applied Polymer Science. 2013. Т. 130. № 6. С. 4457–4463.
4. Xiaopeng Lia, Shan Tan, Guangyong Liu, Martin Hoch, Shugao Zhao. The effect of paraffinic oil and aromatic oil on the crosslinks and physical properties of butyl rubber // Journal of Macromolecular Science. 2016. Т. 55. № 5. С. 494–502.
5. Mukhopadhyay K., Tripathy D.K., De S. K. Dynamic mechanical properties of silica-filled ethylene vinyl acetate rubber // Journal of Applied Polymer Science. 1993. Т. 48. № 6. С. 1089–1103.
6. Varughese S., Tripathy D.K. Effect of plasticizer type and concentration on the dynamic mechanical properties of epoxidized natural rubber vulcanizates // Journal of Elastomers and Plastics. 1993. Т. 25. № 4 С. 343–357.

7. Aghjeh M.R., Khonakdar H.A., Jafari S.H. Application of mean-field theory in PP/EVA blends by focusing on dynamic mechanical properties in correlation with miscibility analysis // *Journal of Composites Part B: Engineering*. 2015. Т. 79. С. 74–82.
8. Landel R., Nielsen L. Mechanical properties of polymers and composites. New York: CRC Press, 1993. 580 p.
9. Тиниус К. Пластификаторы. М.: Химия, 1964. 916 с.
10. Xiaozhen He, Ming Qu, Xinyan Shi, Damping properties of ethylene-vinylacetate rubber/polylactic acid blends // *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*. 2016. Т. 4, № 3. С. 15–22.
11. Klaudia Czaniková, Zdenko Špitalský, Igor Krupa, Mária Omastová Electrical and mechanical properties of ethylene vinyl acetate based composites // *Materials Science Forum*. 2012. Т. 714. С. 193–199.
12. Сирота А.Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов. М.: Химия, 1974. 176 с.
13. Энциклопедия Полимеров. Ред. коллегия: В. А. Кабанов (глав. ред.) [и др.] Т.2. Л–Полинозные волокна. М.: Советская Энциклопедия, 1974. 1032 стб.
14. Генкина Ю.М. Масла-наполнители синтетических каучуков и резин, отвечающие требованиям REACH, для российского рынка // 4-я Международная конференция CREON «Каучуки 2009» (27 ноября 2009 г.). Москва. 2009. С. 1–16.
15. Алексеев А.А., Петухова Т.В., Осипчик В.С., Кириченко Э.А. Пластификация бутадиен-стирольного блок-сополимера радиальногостроения индустриальными маслами // *Химия и химическая технология*. 2009. Т. 52. № 6. С. 99–102.
16. Муртазина Л.И., Гарифуллин А.Р., Никульцев И.А., Фатхуллин Р.Ф., Ахмедьянова Р.А., Милославский Д.Г., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н. Регулирование свойств неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука пластификаторами // *Вестник Казанского технологического университета*. 2014. Т. 17. № 9. С. 119–122.
17. Alexander Lee Kelly. Material Compatibility for Passive Two-Phase Immersion Cooling Applications: thesis...masters of science. Auburn, 2014. 97 p.
18. Díez E., Camacho J., Díaz I., Ovejero G. Turbidimetric and intrinsic viscosity study of EVA copolymer–solvent systems // *Polymer Bulletin*. 2014. Т. 71. № 1. С. 193–206.
19. Берштейн В.А., Егорова Л.М., Егоров В.М., Синани А.Б. Исследование эффектов пластификации полимеров методом ДСК и возможности их прогнозирования // *Высокомолекулярные соединения*. 1989. Т. 31. № 12. С. 2482–2489.
20. Шен М. Вязкоупругая релаксация в полимерах. М.: Мир, 1974. 270 с.
21. Карякина М.И., Попцов В.Е. Технология полимерных покрытий. М.: Химия, 1983. 335 с.
22. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир, 2007. 576 с.
23. Гроссберг А.Ю. Статистическая физика макромолекул. М.: Наука, 1989. 344 с.
24. Wypych G. Handbook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publishing, 2004. 693 p.
25. Wypych A. Databook of plasticizers. Toronto: ChemTec Publishing, 2017. 696 p.

Информация об авторах

Волоцкой Алексей Николаевич, аспирант кафедры строительных конструкций и машин.

E-mail: alexeyqwerty@mail.ru.

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Юркин Юрий Викторович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой строительных конструкций и машин.

E-mail: yurkin@vyatsu.ru

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Черкасов Василий Дмитриевич, доктор технических наук, заведующий кафедрой прикладной механики.

E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева.

Россия, Республика Мордовия, 430005, Саранск, ул. Большевикская, д. 68.

Авдонин Валерий Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и машин.

E-mail: avdoninvalerii@bk.ru

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Мансурова Ирина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры химии и технологии переработки полимеров.

E-mail: i.a.mansurova@yandex.ru

Вятский государственный университет.

Россия, 610000, Киров, ул. Московская, д. 36.

Поступила в июле 2018 г.

© Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Мансурова И.А., 2018

Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Mansurova I.A.
INFLUENCE ESTIMATION OF PLASTICIZER POLARITY ON DYNAMIC PROPERTIES
OF POLYMERIC MATERIALS ON THE BASIS OF ETHYLENE-VINYL ACETATE

This article is devoted to the actual problem of the development of damping polymer materials which are effective in a wide range of working capacity. Effectiveness of a vibration damping in a composite is mainly defined by properties of a polymeric matrix, that's why studying of its properties depending on type and the number of gel-forming parameters is an urgent task. The purpose of this article is to determine the changes in the dynamic properties of the polymer ethylene-vinyl acetate with the addition of plasticizers in it various polarity and concentrations. The leading method to investigate this problem is the method of dynamic mechanical analysis, which allows to obtain information about changes in mechanical characteristics under the influence of dynamic load and controlled temperature. According to the received regularities it was possible to define the plasticizer type significantly reducing glass transition of ethylene-vinyl acetate. The percentage ratio of the ethylene-vinyl acetate plasticizer system is established and, the type of plasticizer at which the maximum of mechanical losses assumes high values is respectively revealed. Degree polarity of plasticizer at which efficiency of plasticizer on ethylene-vinyl acetate the greatest is defined. The received dependences can be used as input data for analytical prediction of dynamic mechanical properties of composites.

Keywords: ethylene-vinyl acetate, dioctyl phthalate, chlorinated paraffin wax, industrial oil, mechanical loss tangent, modulus of elasticity, temperature.

REFERENCES

1. Solomatov V.I., Cherkasov V.D., Fomin N.E. Damping composite materials. Saransk: Publishing house of the Mordovian University. 2001, 95 p.
2. Lapcik L.Jr., Jindrova P., Lapcikova B., Tamblyn R., Greenwood R., Rowson N. Effect of the talc filler content on the mechanical properties of polypropylene composites. Journal of Applied Polymer Science, 2008, vol. 110, no. 5, pp. 2742–2747.
3. Zhao Wang, Yue Han, Xing Zhang, Zhaohui Huang, Liqun Zhang. Plasticization Effect of transgenic soybean oil. I. on ethylene propylene diene monomer (EPDM), as substitute for paraffin oil. Journal of Applied Polymer Science, 2013, vol. 130, no. 6, pp. 4457–4463.
4. Xiaopeng Lia, Shan Tan, Guangyong Liu, Martin Hoch, Shugao Zhao. The effect of paraffinic oil and aromatic oil on the crosslinks and physical properties of butyl rubber. Journal of Macromolecular Science, 2016, vol. 55, no. 5, pp. 494–502.
5. Mukhopadhyay K., Tripathy D.K., De S. K. Dynamic mechanical properties of silica-filled ethylene vinyl acetate rubber. Journal of Applied Polymer Science, 1993, vol. 48, no. 6, pp. 1089–1103.
6. Varughese S., Tripathy D. K. Effect of plasticizer type and concentration on the dynamic mechanical properties of epoxidized natural rubber vulcanizates. Journal of Elastomers and Plastics, 1993, vol. 25, no. 4, pp. 343–357.
7. Aghjeh M.R., Khonakdar H.A., Jafari S.H. Application of mean-field theory in PP/EVA blends by focusing on dynamic mechanical properties in correlation with miscibility analysis. Journal of Composites Part B: Engineering, 2015, vol. 79, pp. 74–82.
8. Landel R., Nielsen L. Mechanical properties of polymers and composites. New York: CRC Press. 1993, 580 p.
9. Tinius K. Plasticizers. Moscow: Chemistry. 1964, 916 p.
10. Xiaozhen He, Ming Qu, Xinyan Shi, Damping properties of ethylene-vinylacetate rubber/polylactic acid blends. Journal of Materials Science and Chemical Engineering, 2016, vol. 4, no. 3, pp. 15–22.
11. Klaudia Czaniková, Zdenko Špitalský, Igor Krupa, Mária Omastová Electrical and mechanical properties of ethylene vinyl acetate based composites. Materials Science Forum, 2012, vol. 714, pp. 193–199.
12. Sirota A.G. Modification of the structure and properties of polyolefins. Moscow: Chemistry. 1974, 176 p.
13. Encyclopedia of Polymers. Ed. team: V. A. Kabanov (Chief Editor) [and others], vol. 2. L – Polynous Fibers. Moscow: Soviet Encyclopedia. 1974, 1032 columns.
14. Genkina Yu. M. Oils-fillers of synthetic rubbers and rubbers that meet REACH requirements for the Russian market. 4th International Conference

CREON "Rubbers 2009" (27 November 2009). Moscow, 2009, pp. 1–16.

15. Alekseev A.A., Petuhova T.V., Osipchik V.S., Kirichenko E.A. Plastification of styrene-butadiene block copolymer by radial structure with industrial oils. *Chemistry and Chemical Technology*, 2009, vol. 52, no. 6, pp. 99–102.

16. Murtazina L.I., Garifullin A.R., Nikultsev I.A., Fathullin R.F., Ahmedyanova R.A., Miloslavskiy D.G., Galimzyanova R.Yu., Hakimullin Yu.N. Regulation of properties of non-hardening sealants based on ethylene-propylene-diene rubber with plasticizers. *Bulletin of Kazan Technological University*, 2014, vol. 17, no. 9, pp. 119–122.

17. Alexander Lee Kelly. *Material Compatibility for Passive Two-Phase Immersion Cooling Applications: thesis...masters of science*. Auburn, 2014. 97 p.

18. Diez E., Camacho J., Díaz I., Ovejer G. Turbidimetric and intrinsic viscosity study of EVA copolymer–solvent systems. *Polymer Bulletin*, 2014, vol. 71, no. 1, pp. 193–206.

Information about the author

Alexey N. Volotskoy, Postgraduate student.

E-mail: alexeyqwerty@mail.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya, 36.

Yuriy V. Yurkin, PhD.

E-mail: yurkin@vyatsu.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya, 36.

Dmitriy V. Cherkasov, DSc, Professor.

E-mail: vd-cherkasov@yandex.ru

Ogarev Mordovia State University.

Russia, Republic of Mordovia 430005, Saransk, st. Bolshevistskaya, 68.

Valeriy V. Avdonin, PhD, Assistant professor.

E-mail: avdoninvalerii@bk.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya 36.

Irina A. Mansurova, PhD, Assistant professor.

E-mail: i.a.mansurova@yandex.ru

Vyatka State University.

Russia, 610000, Kirov, st. Moskovskaya, 36.

Received in July 2018

Для цитирования:

Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В., Черкасов В.Д., Авдонин В.В., Мансурова И.А. Оценка влияния полярности пластификатора на динамические свойства полимерных материалов на основе этиленвинилацетата // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2018. №9. С. 15–23. DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876

For citation:

Volotskoy A.N., Yurkin Yu.V., Cherkasov V.D., Avdonin V.V., Mansurova I.A. Influence estimation of plasticizer polarity on dynamic properties of polymeric materials on the basis of ethylene-vinyl acetate. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*, 2018, no. 9, pp. 15–23. DOI: 10.12737/article_5bab4a18018689.04154876