

При необходимости можно рассмотреть и другие возможные случаи с получением соответствующих критериев.

Возможен также случай, когда при некотором r эквидистантные точки на восходящих и нисходящих участках орбит имеют равные истинные аномалии. Значения этих аномалий несложно получить из (2), положив $v_1 = v_2$. Указанному случаю соответствует проходящая через точки пересечения кривых пунктирная прямая на рисунке .

Выводы. Применение рассмотренного метода прогнозирования встречи КО в результате выделения области эквидистантных точек (13) позволяет избежать расчета расстояния (12) для всех без исключения точек обеих орбит. Такое «лобовое» решение задачи неизбежно потребует организации двойного цикла по истинным аномалиям и отрицательно скажется на быстродействии алгоритма.

В случае пустоты множества (3) рассмотренный метод позволяет без каких-либо вычислений определять пары софокусных эллиптических орбит, заведомо исключающих столкновения находящихся на них КО.

В случае возмущенного движения элементы орбиты есть функции времени. Кеплерова орбита, задаваемая элементами (1), касается истинной (возмущенной) орбиты в точке, где КО находился на момент получения орбитальных параметров (1). В течении некоторого промежутка времени (его длительность зависит от величины и характера возмущений), когда кеплерова орбита остается очень близкой к истинной, можно предположить применимость метода ЭДТ для невозмущенного случая. В дальнейшем фазовые кривые рисунка постепенно «плывут», меняют свою форму, и вычисление моментов прохождения телами ЭДТ усложняется необходимостью учета вариаций орбитальных параметров. Случай возмущенного движения, очевидно, представляет собой самостоятельную задачу и будет рассмотрен отдельно.

Библиографические ссылки

1. Основы теории полета космических аппаратов [Текст] / под ред.: Г. С. Нариманова, М. К. Тихонравова. – М.: Машиностроение, 1972. – 576 с.
2. **Лабуткина, Т. В.** Информационная система для задач анализа конфликтности многоэлементного множества орбитальных объектов [Текст] / Т. В. Лабуткина, А. Н. Петренко // Радиоэлектрон. та комп'ютер. системи. – 2013. – №3(62) – С. 92 – 101.
3. **Бордовицына, Т. В.** Теория движения искусственных спутников Земли. Аналитические и численные методы [Текст] / Т. В. Бордовицына, В. А. Авдюшев – Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2007. – 175 с.

Надійшла до редколегії 14.05.2015

УДК 678.049:[665.11+547.7]:678.074:678.01

В. А. Федорук, К. Е. Варлан, Э. А. Спорягин

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ВЛИЯНИЕ ЭФИРСОДЕРЖАЩИХ ПЛАСТИФИКАТОРОВ ИЗ ВОЗОБНОВЛЯЕМОГО СЫРЬЯ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СМЕСЕВЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В результате реологических исследований высоконаполненных композиций на основе жидкого каучука СКН-10 КТР доказана возможность замены пластифи-

катора диоктилфталата на продукты переработки возобновляемого растительного сырья. Предложен подход к сопоставительной оценке влияния пластификаторов на реологические свойства композиции.

Ключевые слова: композиции высоконаполненные, каучук, пластификатор, сырьё возобновляемое, реологические свойства, совместимость.

У результаті реологічних досліджень високонаповнених композицій на основі рідкого каучуку SKN-10 КТР доведено можливість заміни пластифікатора діоктилфталату на продукти переробки поновлюючої рослинної сировини. Запропоновано підхід до порівняльної оцінки впливу пластифікаторів на реологічні властивості композицій.

Ключові слова: композиції високонаповнені, каучук, пластифікатор, поновлююча сировина, реологічні властивості, сумісність.

Rheological studies of highly filled compositions based on liquid rubber SKN-10 CTD showed the possibility of replacement of plasticizer dioctylphthalate on renewable plant raw materials. The approach to comparative assessment of the influence of plasticizers on the rheological properties of the composition has been proposed.

Key words: highly filled compositions, rubber, plasticizer, renewable raw materials, rheological properties, compatibility.

Введение. Полимерные композиционные материалы (ПКМ) имеют первостепенное значение в различных отраслях техники. Среди ПКМ важное место занимают высоконаполненные энергонасыщенные материалы, например пиротехнические составы и смесевые ракетные твёрдые топлива (СРТТ). К основным компонентам полимерных композиций относятся пластификаторы, которые обеспечивают необходимый уровень эксплуатационных и технологических характеристик [2]. Пластификаторы являются неотъемлемыми компонентами рецептур СРТТ [6]. Их вводят в смесевые композиции для интенсификации диспергирования порошкообразных компонентов, снижения вязкости и улучшения перерабатываемости топливных масс [7]. Это имеет особое значение при переработке данных полимерных композиций (ПК), например, методом свободного литья под вакуумом. Поэтому реологические свойства смесевых ПК относят к числу важнейших технологических характеристик, а выявление закономерностей регулирования этих свойств является актуальной научно-практической задачей.

Постановка задачи. В качестве пластификаторов для СРТТ в основном используют эфиры синтетических дикарбоновых кислот: диоктилфталат (ДОФ), диоктилсебацинат (ДОС) и др. В настоящее время отечественная химическая промышленность ДОФ и ДОС практически не выпускает. Кроме того, основу сырьевой базы для производства пластификаторов составляют ископаемые углеводороды – нефть и газ. Однако в соответствии с обоснованными прогнозами уже в ближайшие десятилетия запасы нефти и газа сократятся настолько, что не смогут удовлетворять потребности мировой индустрии. Поэтому сейчас наблюдается тенденция использования в производстве ПКМ пластификаторов на основе натурального сырья: масла и продукты их эпоксицирования, высшие жирные кислоты и их эфиры [4]. В производстве полимерных материалов широко представлены соединения фуранового ряда [3].

Целью данного исследования явилось выяснение возможности замены традиционных (ДОФ) пластификаторов высоконаполненных полимерных композиций (ВПК) на продукты переработки возобновляемого сырья растительного происхождения, а также выявление закономерностей влияния пластификатора на реологические свойства композиции.

Экспериментальная часть. В качестве соединений с предполагаемыми пластифицирующими свойствами (ПС) использовали:

- масло соевое гидратированное ГОСТ 7825-96 (СМ);

– пластифікатор «АрСтаб-1701» ТУУ 24.1-32926424-001:20132 на основі епоксидованого соєвого масла;

– продукти реакції фурфурілгліцидилового ефіра (ЕФ) ТУ 6-09-5208-85 і жирних кислот: неоеканової (НДК-ЕФ), 2-етилгексанової (ЕГК-ЕФ), пальмітинової (ПК-ЕФ), олеїнової (ОК-ЕФ) і стеаринової (СК-ЕФ).

В якості стандартного пластифікатора використовували ДОФ ГОСТ 8728-88.

Для отримання ПЛ на основі ЕФ розрахункові кількості гліцидилового ефіра і відповідної кислоти поміщали в лабораторний реактор, снабжений мешалкою, пробоотборником і патрубком для підводу інертного газу (азоту). Туди ж вводили каталізатор – тетрабутиламоній бромистий в кількості 5 % від загальної маси реагентів (варіант А) або спеціально підготовлений аніоніт АМ-п ОСТ 95.291-86 в кількості 10 % від загальної маси реагентів (варіант Б). Реакційну масу термостатували при 80 °С і перемішували в течение 8 ч під шаром азоту. Далі масу вивержували в герметичній ємкості при 100° С. Процес вважали завершеним при досягненні ступеня перетворення реагентів більше 96 %.

Варіант А. По досягненні заданої ступеня перетворення реагентів реакційну масу промивали водою до відсутності реакції промивних вод на бромід-іон. Решток вологи видаляли азеотропної отгонкою з бензолом, після чого продукт вакуумували при 2,7–3 кПа і 70–80 °С.

Варіант Б. Підготовка каталізатора заключалася в наступному. 10 см³ аніоніта АМ-п завантажували в іонообмінну колонку і через шар пропускали 50 мл 1 N HCl в течение 1 ч. Далі шар промивали водою до нейтральної реакції промивних вод. Продукт поміщали тонким шаром на фільтрувальну папір і вивержували на повітрі 8–10 ч, після чого обробляли 20 мл ацетону, фільтрували на нутч-фільтрі і сушили при 110 °С до постійної маси. Продукт зберігали в герметичній ємкості.

Після завершення реакції по варіанту Б продукт відділяли від каталізатора фільтруванням або декантацією і в наступному використовували без додаткової обробки.

Глибину перетворення реагентів визначали по залишковому вмісту епоксидних і карбоксильних груп в пробах реакційної суміші. Контроль здійснювали потенціометричним титруванням з допомогою іономера універсального ЭВ-74 і комбінованого електрода ЭСК-10601/7. Для цього аналітичну навеску реакційної суміші в кількості 0,1–0,15 г розчиняли в 5 мл суміші, отриманої з 1 мл концентрованої соляної кислоти і 50 мл ацетону. Розчин і таке ж кількість суміші для холостої проби вивержували в герметичних ємкостях при однакових умовах 1 ч. Об'єми аналітичної і холостої проб доводили до 20 мл додаванням спирту і титрували 0,1 N спиртовим розчином лугу.

Вплив досліджуваних пластифікаторів на реологічні властивості ВПК вивчали на прикладі модельних сумішей, імітують СРТТ. Для цього замість вибухоп небезпечних мінеральних окислювачів, перхлората або нітрату, використовували інертний хлорид калію. Суміші мали наступний склад (табл.1):

Таблиця 1

Склади модельних сумішей

Компонент	Вміст компонентів, %				
	1	2	3	4	5
КСІ	77,90	77,90	77,90	77,90	77,90
СКН-10 КТР	17,80	17,80	17,80	17,80	17,80
ПЛ	-	1,07	2,15	3,23	4,30
ДОФ	4,30	3,23	2,15	1,07	-

Хлорид измелычали, сушили в термошкафу при 105–110 °С до постоянной массы и отсеивали, отбирая фракции менее 130 мкм и 130–160 мкм. Фракции минерального наполнителя смешивали в соотношении 40:60 соответственно. Композиции готовили смешением расчётных количеств компонентов на лабораторном смесителе до получения однородной пластичной массы.

Влияние ПЛ на реологические свойства ВПК исследовали с помощью ротационного вискозиметра «Реотест-2» с конусно-пластиночным измерительным устройством. По результатам измерений прибора строили зависимости динамической вязкости η от сдвигового напряжения τ .

Результаты и их обсуждение. Синтезированные продукты взаимодействия ЭФ с НДК, ЭГК и ОК – вязкие жидкости бурого цвета. Продукт ПК-ЭФ – бурая пластичная масса с температурой каплепадения (T_k) 32–34 °С. Продукт СК-ЭФ – тёмная воскоподобная масса с T_k 56–60 °С.

Как известно, наиболее активными катализаторами раскрытия эпоксидного цикла являются четвертичные аммониевые или пиридиниевые соли. Однако в связи с их предрасположенностью к совмещению с органическими средами, как и в нашем случае, возникает проблема удаления катализатора из продукта. Она может быть устранена путём использования гетерогенных катализаторов, легко отделяемых от реакционной массы. Целесообразность такого подхода проверена в процессе получения ПЛ на основе ЭФ по вариантам А и Б. Было установлено, что процесс по варианту А характеризуется более высокой скоростью конверсии, чем по варианту Б. Например, при синтезе НДК-ЭФ по варианту А в течение 2 ч конверсия реагентов составила около 90 %, в то время как в условиях синтеза по варианту Б за то же время – не более 70 %. Однако меньшая скорость превращения компенсируется большей технологичностью процесса и возможностью регенерации катализатора.

Одним из основных требований к компонентам ПК является их термодинамическая совместимость, в частности совместимость полимерного связующего и пластификатора. При составлении рецептур многокомпонентных композиций подбор и оптимизация их составов имеют, как правило, эмпирический характер. Этот процесс может быть облегчён при наличии критерия, позволяющего прогнозировать совместимость компонентов, а также характеристики смесей. Подобные критерии известны, например, для оценки растворимости полимеров в различных растворителях. Вероятность растворения оценивают по соотношению параметров растворимости Гильдебранда δ или с помощью критерия растворимости, предложенного Аскадским [1]. С учётом физико-химического подобия отдельных стадий процессов растворения и пластификации полимеров рассмотрена возможность применения критерия растворимости для оценки совместимости исследуемых ПЛ с каучуком СКН-10 КТР, а также прогнозирования их влияния на реологические свойства ВПК. Указанный критерий представляет собой неравенство

$$\mu < 1,374\Phi \left(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + \frac{\gamma_{12}}{\gamma_1}} \right), \quad (1)$$

где

$$\mu = \frac{\delta_2^2}{\delta_1^2}; \quad \Phi = \frac{4(V_1V_2)^{\frac{1}{3}}}{\left(V_1^{\frac{1}{3}} + V_2^{\frac{1}{3}} \right)^2};$$

δ_1^2 и δ_2^2 – плотности энергий когезии соответственно ПЛ и каучука, МДж/м³ (δ_1 и δ_2 – параметры растворимости Гильдебранда соответственно ПЛ и

каучука); V_1 и V_2 – мольные объёмы соответственно ПЛ и каучука; γ_1 – поверхностное натяжение ПЛ, мН/м; γ_{12} – межфазное натяжение в системе ПЛ каучук, мН/м.

Параметры растворимости находили из выражения

$$\delta = \left[\frac{\dot{a} \Delta \dot{A}_i^*}{N_A \sum \Delta V_i} \right]^{0,5}, \quad (2)$$

где E_i^* – вклад в энергию когезии i -го атома или типа межмолекулярного взаимодействия, Дж·моль⁻¹; ΔV_i – инкремент объёма i -го атома в соединении, Å³; N_A – число Авогадро.

Величины межфазного натяжения рассчитывали по формуле

$$\gamma_{12} = \gamma_1 + \gamma_2 - 2\Phi(\gamma_1\gamma_2)^{0,5}, \quad (3)$$

где γ_2 – поверхностное натяжение каучука.

Значения поверхностного натяжения брались из источников [2; 5] или рассчитывались по формуле

$$\gamma_i = A_j \frac{\sum \Delta E_i^*}{(\sum \Delta V_i)^{\frac{2}{3}}}, \quad (4)$$

где A_j – коэффициент, равный 0,0287 для углеводородов, сложных эфиров, альдегидов, кетонов, нитросоединений; 0,0181 для спиртов и кислот; 0,0229 для нитрилов.

Значения инкрементов атомных энергий и объёмов, а также формулы (1) – (4) взяты из источника [1]. Рассчитанные по ним величины приведены ниже (табл. 2).

Как видно из данных в табл. 2, условие неравенства (1) соблюдается для всех исследуемых ПЛ (величины Δ положительные). Экспериментальная проверка показала полную совместимость ПЛ с каучуком в широком интервале их соотношений, что указывает на возможность применения критерия (1) для априорной оценки совместимости компонентов.

Так как предварительные исследования показали некоторое подобие в поведении НДК-ЭФ и ЭГК-ЭФ, а консистенция СК-ЭФ оказалась недостаточной для получения однородных ВПК без нагревания, в дальнейших исследованиях из производных ЭФ использовали НДК-ЭФ, ПК-ЭФ и ОК-ЭФ. Следует отметить, что смесь КС1 и каучука без добавления ДОФ и ПЛ представляет собой непластичную рыхлую массу.

Таблица 2

Характеристики для оценки термодинамической совместимости каучука СКН-10 КТР и исследуемых пластификаторов

Соединение	Характеристика								
	$\sum \Delta E_i^*$	$\sum \Delta V_i$	δ	Φ	γ	γ_{12}	μ	Ψ^*	Δ^{**}
СКН-10 КТР	158769,3	3564,7	17,6	-	39,8	-	-	-	-
НДК-ЭФ	24495,6	337,4	22,5	0,954	38,3	3,6	0,61	1,165	0,552
ЭГК-ЭФ	23409,4	308,1	23,0	0,948	38,9	4,1	0,59	1,151	0,565
ОК-ЭФ	29658,0	475,5	20,8	0,972	36,9	2,2	0,71	1,209	0,495
ПК-ЭФ	28784,2	418,3	21,9	0,968	39,0	2,5	0,65	1,233	0,586
СК-ЭФ	30076,4	452,5	21,5	0,972	38,7	2,2	0,67	1,242	0,572
ДОФ	19558,8	418,0	18,0	0,986	33,0	1,4	0,95	1,183	0,231
АрСтаб-1701	56084,1	1051,1	19,3	0,966	41,1	2,7	0,83	1,260	0,426
СМ	39997,9	1048,3	16,3	0,999	33,1	0,4	1,17	1,237	0,070

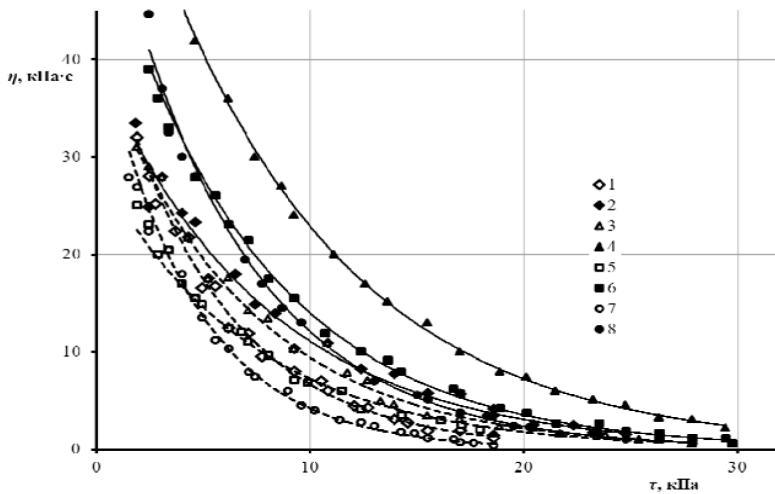
* $\Psi = 1,374\Phi \left(\Phi - \sqrt{\Phi^2 - 1 + \frac{\gamma_{12}}{\gamma_1}} \right)$; ** $\Delta = \Psi - \mu$.

Реологические исследования показали, что ПК являются типичными псевдопластическими жидкостями, для которых характерно снижение эффективной вязкости с ростом сдвигового напряжения (рисунок).

Полученные зависимости $\eta(\tau)$ для всех ПЛ, ДОФ и соотношений ПЛ:ДОФ аппроксимируются экспоненциальными трендовыми линиями с величинами достоверности аппроксимации $R^2 > 0,985$:

$$\eta = Ae^{-\alpha\tau}. \tag{6}$$

Как видно, коэффициент A в уравнении (6) удовлетворяет условию $A = \lim_{\tau \rightarrow 0} \eta$. Поэтому есть основание трактовать его как величину, соответствующую так называемой наибольшей ньютоновской вязкости η_0 псевдопластических жидкостей, и использовать как некий характеристический параметр. Коэффициент α можно рассматривать как показатель степени «отклика» системы на сдвиговую нагрузку или характеристику плотности энергии всех нехимических связей, образующих флуктуационную структурную сетку. Ниже приведены значения η_0 (табл. 3) и α (табл. 4) для исследованных ВПК.



Зависимость динамической вязкости η от напряжения сдвига τ композиций, содержащих 4,3 % пластификаторов: ДОФ (1, 2), НДК-ЭФ (3, 4), ПК-ЭФ (5, 6), АрСтаб-ЭФ (7, 8) при температурах 40 °С (1, 3, 5, 7) и 50 °С (2, 4, 6, 8)

Таблица 3

Значения наибольшей ньютоновской вязкости η_0 композиций

Пластификатор	Т, °С	η_0 , кПа·с для соотношения ПЛ:ДОФ (мас. ч)				
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
НДК-ЭФ	40	40,7	44,6	35,5	44,9	45,5
	50	68,9	70,4	61,1	70,1	40,3
ОК-ЭФ	40	94,7	39,5	39,1	36,9	45,5
	50	103,2	76,8	67,5	66,0	40,3
ПК-ЭФ	40	29,6	32,3	43,3	34,5	45,5
	50	54,2	49,7	67,0	45,0	40,3
АрСтаб-1701	40	44,1	36,5	81,3	41,8	45,5
	50	57,7	72,6	147,4	125,5	40,3
СМ	40	40,7	42,2	85,9	57,4	45,5
	50	41,4	114,0	83,4	70,9	40,3

Значення коефіцієнта α в уравнении (6)

Пластификатор	Т, °С	$-\alpha$, кПа ⁻¹ для соотношения ПЛ:ДОФ (мас. ч.)				
		100:0	75:25	50:50	25:75	0:100
НДК-ЭФ	40	0,146	0,151	0,140	0,150	0,192
	50	0,112	0,134	0,115	0,163	0,129
ОК-ЭФ	40	0,151	0,146	0,146	0,143	0,192
	50	0,138	0,141	0,134	0,162	0,129
ПК-ЭФ	40	0,138	0,136	0,151	0,139	0,192
	50	0,137	0,170	0,110	0,138	0,129
АрСтаб-1701	40	0,235	0,155	0,260	0,230	0,192
	50	0,159	0,160	0,126	0,152	0,129
СМ	40	0,179	0,186	0,205	0,208	0,192
	50	0,123	0,150	0,137	0,158	0,129

Сопоставление полученных значений η_0 при 40 °С указывает на то, что исследованные ПЛ, за исключением ОК-ЭФ, по эффективности влияния на реологические характеристики ВПК не уступают, а в некоторых случаях превосходят ДОФ. При этом для всех ПЛ наблюдается общая закономерность: если для ВПК на чистом ДОФ при нагревании происходит характерное снижение вязкости, то замена ДОФ на любой из ПЛ приводит к заметному увеличению вязкости при повышении температуры от 40 до 50 °С. Такая же картина имеет место для композиций, содержащих ПЛ и ДОФ в различных соотношениях. Причину такой зависимости вязкости от температуры можно объяснить, исходя из особенностей химической структуры ПЛ и закономерностей поведения цепных молекул в жидких средах. Молекулы ПЛ представляют собой протяжённые линейные или разветвлённые структуры, содержащие полярные и неполярные группы. Кроме блокирования активных центров молекул связующего, эти группы способны участвовать в различного рода внутри- и межмолекулярных нехимических взаимодействиях. При этом, по сравнению с ДОФ, для всех ПЛ характерны большие конформационные наборы. В связи с этим с ростом температуры и подвижности сегментов молекул ПЛ увеличивается количество межмолекулярных флуктуационных связей, приводящих к возникновению дополнительной так называемой структурной вязкости. В большей степени это свойственно ПЛ, имеющим в молекулярных структурах, кроме полярных сложноэфирных, гидроксильные и другие кислородсодержащие, а в случае ОК-ЭФ, АрСтаб и СМ – непредельные группы. Следует отметить, что какой-то определённой зависимости вязкости от соотношения ПЛ:ДОФ не выявлено. Для каждой пары пластификаторов наблюдается максимум вязкости ВПК при некотором их соотношении. Это указывает на множественность механизмов взаимодействия компонентов в исследуемых ВПК.

Увеличение температуры, как правило, приводит к снижению величины $-\alpha$ для всех исследованных ВПК. Это обстоятельство можно рассматривать как косвенное подтверждение вышешприведённых соображений относительно природы возрастания вязкости ВПК с температурой. С увеличением плотности флуктуационной сетки снижается доля разрушаемых связей при постоянном сдвиговом напряжении, что приводит к уменьшению относительного изменения вязкости. Поэтому по величине коэффициента $-\alpha$ можно судить о количестве и прочности связей, образующих флуктуационную структуру. Как видно из табл. 4, в большей степени значение коэффициента снижается в системах с АрСтаб-1701 и СМ-соединениями с разветвлённым молекулярным строением, способствующем образованию плотной пространственной структуры.

Выводы. Проведенные реологические исследования модельных ВПК показали возможность использования вместо традиционного пластификатора ДОФ соединений, полученных на основе продуктов переработки возобновляемого растительного сырья: фурфурола, жирных кислот, соевого масла. Использование в качестве ингредиентов ПК соединений с эпоксидными и фурановыми циклами, имеющими известную реакционную способность, позволяет ожидать улучшения эксплуатационных свойств ПКМ, обусловленного химическим связыванием с полимерной матрицей.

Для оценки термодинамической совместимости пластификатора и связующего в композиции может быть применен подход, известный для оценки растворимости полимеров.

Показано, что зависимость динамической вязкости от напряжения сдвига для всех исследованных модельных ВПК удовлетворительно описывается экспоненциальным уравнением. Коэффициенты аппроксимирующей функции могут рассматриваться как характеристические показатели для сопоставительного анализа влияния пластификаторов на реологические свойства высоконаполненных жидковязких полимерных композиций.

Библиографические ссылки

1. **Аскадский, А. А.** Компьютерное материаловедение полимеров [Текст] / А. А. Аскадский, В. И. Кондращенко.–М.: Науч. мир, 1999. – Т. 1: Атомно-молекулярный уровень. – 544 с.
2. **Берштейн, Р. С.** Пластификаторы для полимеров [Текст] / Р. С. Берштейн, В. И. Кирилович, Ю. Е. Носовский. – М.: Химия, 1982. – 200 с.
3. **Воробьёва, Г. Я.** Химическая стойкость полимерных материалов [Текст] / Г. Я. Воробьёва. – М.: Химия, 1981. – 296 с.
4. **Готлиб, Е. М.** Пластификация полярных каучуков, линейных и сетчатых полимеров [Текст]: монография / Е. М. Готлиб. – Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2008. – 286 с.
5. **Полоз, А. Ю.** Основные физико-химические характеристики и адгезионные свойства низкомолекулярных каучуков [Текст] / А. Ю. Полоз, Ю. Н. Ващенко, Т. В. Данилейко // Вопр. химии и хим. технологии. – 2004. – № 1. – С. 127–132.
6. **Фиошина, М. А.** Основы химии и технологии порохов и твердых ракетных топлив [Текст] / М. А. Фиошина, Д. Л. Русин. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2001. – С. 61.
7. **Цуцуран, В. И.** Военно-технический анализ состояния и перспективы развития ракетных топлив [Текст] / В. И. Цуцуран, Н. В. Петрухин, С. А. Гусев. – М.: МО РФ, 1999. – 332 с.

Надійшла до редколегії 26.05.2015

УДК 004.94

В. Д. Халипова

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ТЕСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ О КРАТКОВРЕМЕННЫХ СОСТОЯНИЯХ ПСИХИКИ ЛИЧНОСТИ

Рассмотрена математическая модель обработки ответов теста оперативной оценки самочувствия, активности, настроения на основе нечеткой логики. Доказано, что сравнительный анализ обработки результатов тестирования по теории не-

© В. Д. Халипова, 2015