

Из рисунка 1 видна динамика стабильного снижения плотности БНК-эластомеров с течением времени. Так, непосредственно сразу после облучения с мощностью экспозиционной рентгеновского излучения 67 кР/ч плотность БНК-эластомеров равна 1,2158 г/см<sup>3</sup>, а через 2 месяца – 1,2147 г/см<sup>3</sup>. При этом, увеличение мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения приводит к более значительному уменьшению плотности БНК-эластомеров.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 8295-1986 International standard. Plastics – film and sheeting – Determination of the coefficients of friction. – Swedish standards institution, 1996. – 6 p.

2. Валько Н.Г., Книга В.А., Рагожкин Н.С. Модификация эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука жестким рентгеновским излучением (0,02 нм) // Материалы LXI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 год. Воронеж. 2023. – С. 117.

3. Валько Н.Г., Рагожкин Н.С., Касперович А.В. Влияние рентгеновского излучения (0,07 нм) на коэффициент трения эластомеров на основе бутадиен-нитрильного каучука с различной степенью вулканизации // Технология органических веществ : материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 31 января – 17 февраля 2023 г. / Белорусский государственный технологический университет. – Минск : БГТУ, 2023. – С. 342–343.

УДК 678.4

А. В. Касперович, зав. кафедрой ПКМ, канд. техн. наук;  
В. В. Боброва, науч. сотр., канд. техн. наук;  
С. С. Масейков, зам. дир. по качеству  
(ЗАО «Амкодор-Эластомер», г. Фаниполь);  
О. В. Карманова, зав. кафедрой ГОСиПП, д-р техн. наук;  
С. Г. Тихомиров, проф., д-р техн. наук  
(ФГБОУ «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация)

### **ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ДОБАВКИ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА ДЛЯ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ**

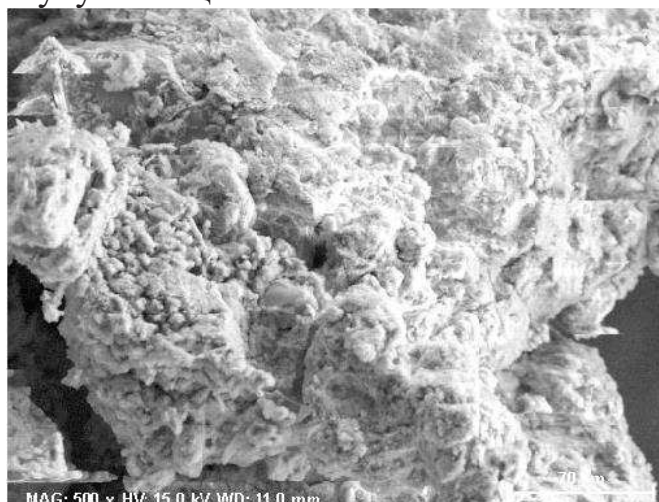
Изготовление резиновых смесей сопряжено с рядом трудностей: высокими энергозатратами из-за повышенной вязкости, низким качеством диспергирования наполнителя в полимере, недостаточной стабильностью технологических свойств резиновых смесей. Преодоление

этих осложнений требует разработки рецептур резиновых смесей, учитывающих особенности свойств применяемых каучуков, реализации специальных режимов смешения и т. д.

Одним из потенциально эффективных методов решения указанных проблем является применение технологически активных добавок (ТАД). Обладая свойствами поверхностно-активных веществ, технологические добавки в резиновых смесях проявляют полифункциональное действие: выполняют функции диспергаторов наполнителей, пластификаторов, активаторов вулканизации. Анализ литературных данных показывает, что большое количество работ исследователей посвящено вопросам применения ТАД в резинах, наполненных техническим углеродом. В настоящее время прослеживается определённый интерес к использованию в составе резиновых смесей ингредиентов растительного происхождения, что обусловило широкое применение в резиновой промышленности самых разнообразных сопутствующих и побочных продуктов переработки растительного сырья.

Получение функциональных добавок к эластомерам на основе таких продуктов относится к категории ресурсосберегающих технологий, основными предпосылками создания которых являются: сокращение расхода природных ресурсов, снижение экологической нагрузки на окружающую среду, существенное снижение удельных энерго- и ресурсозатрат.

Целью данной работы являлось исследование влияния технологической добавки ТАД-ЖК (рисунок 1), полученного из отходов производства растительного масла, на свойства эластомерных композиций на основе каучука специального назначения.



**Рисунок 1 – SEM-изображение ТАД-ЖК при увеличении ×100**

С помощью элементного дисперсионного анализа был изучен элементный состав ТАД-ЖК, таблица 1.

**Таблица 1 – Результаты элементного анализа ТАД-ЖК**

Элемент	O	C	Si	Al	S	Mg	Zn	Fe	Na	K	Ca	Ti	P
Кол-во, %	51,99	20,02	11,83	5,91	3,31	2,33	1,50	1,26	0,47	0,79	0,35	0,18	0,06

Как видно из данных, представленных в таблице 1, ТАД-ЖК содержит порядка 3,31% серы и 1,50 Zn. Можно предположить, что добавку можно будет использовать как компонент вулканизирующей группы.

Исследования изменения свойств резиновых смесей и вулканизаторов на их основе при замене промышленного пластификатора на исследуемую технологическую добавку для резиновой промышленности «ТАД-ЖК» (далее – технологическая добавка), представляющий собой смесь жирных кислот с бентонитом с введением сернокислого алюминия и ферментного препарата для гидролиза и расщепления жиров «Липаза» проводились на эластомерных композициях на основе каучука специального назначения БНКС-18АМН.

При частичной замене дибутилфталата в составе эластомерных композиций на технологическую добавку общая дозировка пластификатора не изменялась.

Фундаментальным принципом вулканизации является образование химических поперечных связей между макромолекулами каучука, которые приводят к образованию трехмерной сетки резиновой матрицы в результате реакций между функциональными группами эластомерных цепей и подходящими вулканизирующими агентами.

В сшитой вулканизационной сетке физические связи также присутствуют в виде водородных связей, полярных сил между эластомерными цепями и различных внутримолекулярных и межмолекулярных переплетений. Эта сетка может удерживать цепи в нужном положении после воздействия длительных деформационных усилий, обеспечивая тем самым требуемую стабильность формы изделий.

Вязкость смесей и их эластическая восстанавливаемость определяются молекулярной массой каучука и его молекулярно-массовым распределением, типом и содержанием наполнителя. Верхний предел вязкости ограничен технологическими трудностями изготовления и переработки высоковязких смесей, нижний предел – ухудшением механических свойств.

Применение в рецептурах эластомерных композиций новых ингредиентов может оказывать существенное влияние на пластоэластические свойства резиновых смесей и, прежде всего, на их вязкость по Муни. Для прогнозирования параметров переработки эластомерных композиций наибольший интерес представляет определение вязкости по Муни, которая в свою очередь характеризует энергоёмкость про-

цесса переработки резиновых смесей и качество готовой продукции.

При испытаниях наполненных резиновых смесей на ротационном вискозиметре после прогрева наблюдается пиковый рост крутящего момента или начальная вязкость по Муни ( $M_{max}$ ), которая рассматривается как проявление эластической деформации сетчатой структуры в наполненной резиновой смеси.

При достижении критических деформаций физическая сетка разрушается на отдельные фрагменты с последующим развитием процессов вязкого течения композиции.

Результаты определения вязкости по Муни резиновых смесей, содержащих в составе ТАД-ЖК в различной дозировке, на основе полимерного каучука БНКС-18АМН представлены в таблице 2.

**Таблица 2 – Вязкость по Муни резиновых смесей на основе БНКС-18АМН**

Наименование образца	Вязкость по Муни, усл. ед. Муни
Исходный	53,6
1	53,3
2	61,4
3	71,1
4	97,4

Определение вязкости по Муни резиновых смесей на основе БНКС-18АМН показало, что введение ТАД-ЖК приводит к повышению вязкости до 81,7% по сравнению со смесями без технологической добавки. Выявленный характер изменения вязкости по Муни, вероятно, обусловлен увеличением межфазного взаимодействия на границе раздела фаз между поверхностью ТАД-ЖК и полимера тем самым препятствуя деформациям в направлении сдвига [1].

В таблице 3 представлены результаты определения кинетических параметров процесса вулканизации эластомерных композиций на основе БНКС-18АМН, содержащих технологическую добавку в различных дозировках.

**Таблица 3 – Кинетика вулканизации резиновых смесей на основе БНКС-18АМН**

Наименование образца	$M_L$ , дН·м	$M_H$ , дН·м	$t_{s2}$ , мин	$t_{c(90)}$ , мин	$\Delta M$ , дН·м
Исходный	7,52	48,02	4,73	9,62	40,50
1	6,99	48,41	3,37	7,66	41,42
2	8,74	58,66	2,32	5,71	49,92
3	11,74	62,33	1,97	4,49	50,59
4	17,66	64,27	1,61	3,84	51,48

*Примечание.*  $M_L$  – минимальный крутящий момент, дН·м;  $M_H$  – максимальный крутящий момент, дН·м;  $t_{s2}$  – время начала вулканизации, определяемое увеличением минимального крутящего момента на 2 дН·м, мин;  $t_{c(90)}$  – оптимальное время вулканизации, мин;  $\Delta M$  – разность между максимальным и минимальным крутящими моментами, дН·м.

Введение технологической добавки в резиновую смесь на основе БНКС-18АМН в различных дозировках в качестве частичной замены дибутилфталата приводит к увеличению до 2,3 раза минимального крутящего момента ( $M_L$ ). Минимальный крутящий момент косвенно позволяет охарактеризовать вязкоупругие свойства резиновых смесей [2]. Полученные данные согласуются с ранее полученными данными по определению вязкости по Муни резиновых смесей.

Максимальный крутящий момент ( $M_H$ ) допускает оценку свойств вулканизатов, а его увеличение или уменьшение свидетельствует об изменении структуры резин [3]. Введение в резиновые смеси исследуемой добавки приводит к увеличению до 1,3 раза максимального крутящего момента ( $M_H$ ).

Такие различия значений максимального крутящего момента для исследуемых композиций обусловлены особенностями формирования вулканизационной структуры резин.

Анализ результатов показал, что введение новой технологической добавки в состав эластомерных композиций на основе БНКС-18АМН приводит к уменьшению времени достижения оптимальной степени вулканизации 20,4–60,1% по сравнению с исходной резиновой смесью, что связано с наличием в составе исследуемой добавки серы (таблица 1), что в свою очередь ускоряет процесс вулканизации и приводит к снижению на 28,8–66,0% стойкости к преждевременной подвулканизации резин, т.е. снижается время начала вулканизации резиновых смесей [2]. Кроме того, наличие металлов (таблица 1) в исследуемой добавке может способствовать ускорению процесса вулканизации резиновых смесей. В тоже время, возрастание концентрации поперечных связей при одинаковом содержании вулканизирующей группы свидетельствует о том, что исследуемую добавку можно относить к активатору вулканизации.

Стоит отметить, что эластомерные композиции, содержащие в своем составе новую технологическую добавку, характеризуются большими до 27,1% значениями показателя разности между максимальным и минимальным крутящими моментами ( $\Delta M$ ), который косвенно характеризует плотность сшивания полимера [2]. Различия вулканизационных структур исследуемых резин обусловлены процессами адсорбции и десорбции при температуре вулканизации компонентов вулканизирующей системы на поверхности технологической добавки, а также влиянием данной добавки на природу и плотность формируемых поперечных связей.

Таким образом, на основании исследования кинетических параметров процесса вулканизации исследуемых резин можно сделать вы-

вод о том, что требуются дополнительные исследования по использованию новой технологической добавки в качестве ускорителя либо активатора вулканизации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жовнер Н. А., Чиркова Н. В., Хлебов Г. А. Структура и свойства материалов на основе эластомеров: учебное пособие. – Киров, ВятГУ: Омск, филиал РосЗИТЛП, 2003. – 276 с.
2. Овчаров В. В. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация. – М.: Изд. дом «САНТ-ТМ», 2001. – 400 с.
3. Аверко-Антонович И. Ю., Бикмуллин Р. Т. Методы исследования структуры и свойств полимеров. – Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.

УДК 678

Н. Г. Валько, доц., канд. физ.-мат. наук;  
А. А. Обрядова, магистрант (ГрГУ им. Янки Купалы, г. Гродно)

#### **ВЛИЯНИЕ УФ-ОБЛУЧЕНИЯ НА ЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА СТИРОЛ-АКРИЛОВЫХ ЛАКОКРАСОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ**

В настоящее время одним из наиболее перспективных методов отверждения лакокрасочных материалов является воздействие УФ-излучением. Данный метод отверждения отличается высокой производительностью, малым затратам энергии, а также простой технологического оборудования.

Способ отверждения лакокрасочных материалов посредством облучения УФ-излучением используют при получении покрытий из материалов, отверждаемых за счет реакции полимеризации [1–2].

В данной работе приведены результаты исследования влияния длительности УФ-облучения в процессе отверждения на коррозионную стойкость и адгезию стирол-акриловых покрытий на основе ВД-АК-1179. УФ-облучение (207 нм) покрытий осуществлялось на стадии отверждения. Коррозионные испытания покрытий проводились методом полярографического анализа в 3%-м растворе NaCl с помощью полярографа ПУ-1 [1].

Измерения прочности сцепления покрытий с основой были проведены согласно ГОСТ 31149 [3]. Относительная погрешность измерения составляла 5%. Исследовались покрытия, отвержденные при УФ-облучении в течение 15, 30, 45 и 60 мин.

В таблице представлены результаты расчета плотности токов коррозии по тафелевским кривым, построенным в полулогарифмических координатах по данным полярографического анализа.