

Из данных табл. 1 видно, что после экспозиции образцов в камере искусственного климата в течение 192 ч. условная прочность при растяжении снизилась не больше чем на 6 %, а относительное удлинение – на 13 %.

Таким образом, термопластичный вулканизат на основе полипропилена и комбинации изопренового и бутадиен-нитрильного каучуков обладает высоким уровнем сохранения деформационно-прочностных свойств после фото-, термоокислительного и погодного старения, а также удовлетворительной устойчивостью к действию жидких агрессивных сред.

### Литература

1. Холден, Д. Термоэластопласты / Д. Холден, Х.Р. Крихельдорф, Р.П. Куирк // СПб.: ЦОП «Профессия». – 2011. – 720 с.

2. Вольфсон, С.И. и др. Динамически вулканизованные термоэластопласты на основе смеси каучуков разной полярности и полипропилена / С.И. Вольфсон, Н.А. Охотина, О.А. Панфилова и др. // Вестник Казанского технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 14. – С. 90.

3. Панфилова, О.А. Структура термопластичных вулканизатов на основе каучуков различной полярности и полипропилена / О.А. Панфилова, С.И. Вольфсон, Н.А. Охотина, и др. // Каучук и резина. – 2016. – № 4. – С. 10-14.

4. Панфилова, О.А. Совмещающие добавки для повышения взаимодействия на границе раздела фаз в термопластичных вулканизатах на основе каучуков различной полярности и полипропилена / О.А. Панфилова, С.И. Вольфсон, Н.А. Охотина, и др. // Каучук и резина. – 2017. – № 4. – С. 12-15.

УДК 678.049

**Перфильева С.А.**

(ОАО «Белшина»)

**Шашок Ж.С., Усс Е.П.**

(Белорусский государственный технологический университет)

### **ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИН С НЕФТЕПОЛИМЕРНЫМИ СМОЛАМИ**

Под нефтеполимерными смолами (НПС) (иногда их называют нефтяными, углеводородными смолами) понимают особый класс синтетических низкомолекулярных смол, получаемых из нефтяного сырья [1]. Для их синтеза, в отличие от важнейших промышленных

гомо- и сополимеров, используют не индивидуальные мономеры, а многокомпонентные смеси. Процесс получения нефтеполимерных смол – соолигомеризация большого числа мономерных компонентов, различающихся своей активностью, что обуславливает его определенную специфику [2].

Исходным сырьем исследуемых нефтеполимерных смол являлась тяжелая пиролизная смола с температурой кипения выше 200°C. НПС с разными физико-химическими характеристиками были получены методом термической радикальной полимеризации.

В качестве объектов исследования использовались эластомерные композиции основе каучуков общего назначения, применяемые в шинной промышленности (таблица 1).

**Таблица 1 – Принципиальный состав шинных резиновых смесей**

Наименование ингредиентов	Содержание ингредиентов, мас.ч. на 100,0 мас.ч. каучука / назначение смеси		
	камерная	каркасная обкладочная	брекерная обкладочная
СКИ-3+СКД+СКМС-30АРКМ-15	100,0	–	–
СКИ-3	–	100,0	50,0
НК	–	–	50,0
Другие ингредиенты	81,1	72,4	85,3
Исследуемая смола (СИС либо НПС-5–НПС-7)	4,0	2,0	1,0
Итого	185,1	174,4	186,3

Динамическое нагружение материала приводит к изменению его физических и механических свойств и накоплению микродефектов в его структуре. Возникновение первичных очагов связано главным образом с химической стойкостью резины [3]. Результаты исследований влияния НПС на усталостную выносливость резин при многократном растяжении приведены в таблице 2.

**Таблица 2 – Усталостная выносливость при многократном растяжении исследуемых резин**

Вулканизаты, содержащие смолу	Усталостная выносливость при многократном растяжении, циклов / Полимерная основа резин		
	СКИ-3+СКД+СКМС-30АРКМ-15	СКИ-3	СКИ-3+НК
СИС	115000	50250	251750
НПС-5	137750	41250	203500
НПС-6	58250	40500	165500
НПС-7	100000	45250	258000

Выявлено, что во всех исследуемых смесях замена промышленного мягчителя СИС на НПС-6 приводит к наибольшему уменьшению (на 19,4–49,3%) показателя усталостной выносливости при многократном растяжении шинных резин по сравнению с другими НПС. Наиболее близкие значения вышеуказанного параметра с образцами сравнения установлены при использовании в составе эластомерных композиций смолы НПС-7. Изменения усталостной выносливости при растяжении исследуемых эластомерных композиций, вероятно, связаны с различиями вулканизационной структуры при введении нефтеполимерных смол.

В таблице 3 приведены результаты исследований сопротивления разрастанию трещин при многократном изгибе резин, содержащих исследуемые нефтеполимерные смолы.

**Таблица 3 – Сопротивление разрастанию трещин при многократном изгибе резин, содержащих исследуемые НПС**

Вулканизаты, содержащие смолу	Сопротивление разрастанию трещин, циклов / Полимерная основа резин		
	СКИ-3+СКД+СКМС-30АРКМ-15	СКИ-3	СКИ-3+НК
СИС	192000	21000	17400
НПС-5	более 1296000	21000	16500
НПС-6	более 1296000	20100	18000
НПС-7	более 1296000	18000	16500

Установлено, что сопротивление разрастанию трещин образцов резин на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД+СКМС-30АРКМ-15 с исследуемыми нефтеполимерными смолами увеличивается более чем в 6,8 раза по сравнению с образцом с СИС, для других исследуемых образцов – показатель остается на уровне образца сравнения.

Выделение тепла, обусловленное потерей механической энергии при деформировании эластомера (эквивалентно разности между затраченной и высвобожденной энергиями в цикле деформирование – восстановление), сопровождается повышением температуры. Теплообразование влияет на свойства резин, например, снижает их усталостную выносливость. В таблице 4 приведены результаты исследования теплообразования по Гудричу исследуемых резин.

**Таблица 4 – Теплообразование по Гудричу и температуры внутри образцов шинных резин**

Вулканизаты, содержащие смолу	Полимерная основа резин					
	СКИ-3+СКД+СКМС-30АРКМ-15		СКИ-3		СКИ-3+НК	
	$\Delta t$ , °С	$t_{\text{внутр}}$ , °С	$\Delta t$ , °С	$t_{\text{внутр}}$ , °С	$\Delta t$ , °С	$t_{\text{внутр}}$ , °С
СИС	38	120	33	112	38	116
НПС-5	35	110	32	105	39	111
НПС-6	39	115	38	116	41	115
НПС-7	37	111	34	111	41	111

Определено, что минимальными показателями теплообразования характеризуются образцы, содержащие в качестве мягчителя нефтеполимерную смолу НПС-5:  $\Delta t$  для данных образцов либо находится на уровне, либо на 3,0–7,9% ниже, чем для образцов, содержащих промышленную марку смолы. Также для резин с НПС-5 выявлены самые низкие температуры внутри образцов, что может свидетельствовать об увеличении скорости теплоотдачи резиновыми образцами избыточного тепла в окружающую среду; это в свою очередь будет препятствовать чрезмерному перегреву резинового изделия и его преждевременному разрушению в результате деструкции. Снижение теплообразования может быть связано с молекулярным строением смолы, улучшенной подвижностью макромолекул каучука, что способствует меньшему трению. Максимальное теплообразование определено для образцов, содержащих нефтеполимерную смолу НПС-6, что, возможно, объясняет самую низкую усталостную выносливость при многократном растяжении резин с данным пластификатором.

Таким образом установлено, что применение нефтеполимерных смол в качестве мягчителей в рецептуре шинных резин на основе каучуков общего назначения оказывает неоднозначное влияние на динамические свойства резин. Изменение динамических свойств вулканизатов возможно связано с особенностями строения исследуемых смол и их участием в процессе формирования пространственной структуры резин, а также влиянием на подвижность молекулярных цепей каучука.

#### Литература

1. Думский, Ю.В. Нефтеполимерные смолы / Ю.В. Думский. – Москва: Химия, 1988. – 168 с.
2. Лесняк, В.П. Синтез, модификация и применение нефтеполимерных смол на основе мономерсодержащих пиролизных фракций / В.П. Лесняк, Л.В. Гапоник, Д.И. Шиман, С.В. Костюк, Ф.Н. Капуцкий // Химические проблемы создания новых материалов и технологий [Электронный ресурс]. – 2008. – Режим доступа: <http://elib.bsu.by/bitstream/>

123456789/13348/1/pages%20from%20НИИ%2520FHP\_2008\_204-446\_1.pdf –  
Дата доступа : 04.07.2017.

3. Аверко-Антонович, И.Ю. Методы исследования структуры и свойств полимеров / И.Ю. Аверко-Антонович, Р.Т. Бикмуллин. – Казань: КГТУ, 2002. – 604 с.

УДК 544.47

**Попов М.В.**

(Новосибирский государственный технический университет,  
Институт органической химии им. Н.Д. Зелинского РАН,  
Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева)

**Баннов А.Г., Брестер А.Е.**

(Новосибирский государственный технический университет)

**Вишневский К.В.**

(Белорусский государственный технологический университет)

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА КАТАЛИТИЧЕСКИМ РАЗЛОЖЕНИЕМ МЕТАНА НА NI-СОДЕРЖАЩЕМ СТЕКЛОВОЛОКНИСТОМ КАТАЛИЗАТОРЕ**

Водород – первый химический элемент в таблице Д.И. Менделеева. Является наиболее распространенным химическим веществом во Вселенной, составляя примерно 75 % всей барионной массы. При стандартных температуре и давлении водород является бесцветным нетоксичным газом, без запаха, без вкуса. Поскольку водород легко образует ковалентные соединения с большинством неметаллических элементов, большая часть водорода на Земле существует в молекулярных формах, таких как вода или органические соединения.

Существует несколько традиционных способов получения водорода из разных источников сырья и разных условиях процесса. К традиционным способам получения водорода можно отнести паровую конверсию метана, неполное окисление метана, газификацию угля и электролиз воды.

На сегодняшний день перспективным направлением развития водородной энергетики является разработка каталитического процесса разложения легких углеводородов, который является чистым способом получения водорода. Процесс разложения осуществляется в одну стадию и не требует дополнительных стадий очистки от посторонних газов (СО и СО<sub>2</sub>). Использование катализаторов, содержащих металлы VIII группы позволяет снизить температуру процесса пиролиза