

пучка в режиме свободной и смешанной конвекции увеличивается в 1,1–1,6 раза. Также видно, что интенсификация свободно-конвективного теплообмена однорядного пучка протекает по-разному при различных высотах оребрения труб. Например, при  $h = 14,6$  мм вытяжная шахта с выходным диаметром отверстия  $d_{\text{отв}} = 0,105$  м ухудшает теплоотдачу однорядного пучка по сравнению со свободно-конвективным режимом в 1,1 раза (более подробно объяснено в [4]), а при  $h = 4,1$  мм наоборот увеличивает теплоотдачу однорядного пучка в 1,28 раза.

### **Список использованных источников**

1. Сидорик Г.С. Экспериментальный стенд для исследования тепловых и аэродинамических процессов смешанно-конвективного теплообмена круглоребристых труб и пучков // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2018. № 1 (204). С. 85–93.

2. Сухоцкий А.Б., Данильчик Е.С. Исследование свободноконвективного теплообмена оребренной трубы и однородного пучка при различных углах наклона труб к горизонтальной плоскости // Труды БГТУ. Сер. 1. Лесное хозяйство, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. 2019. № 2 (222). С. 272–279.

3. Сухоцкий А.Б., Сидорик Г.С. Интенсификация свободной конвекции в однорядном оребренном пучке в аппаратах воздушного охлаждения // Труды БГТУ. Сер.2. Хим. технол., биотехнол., геоэколог. 2017. № 1. С.68–74.

4. Сухоцкий А.Б., Сидорик Г.С. Исследование смешанноконвективной теплоотдачи однорядных воздухоохлаждаемых теплообменников при различных поперечных шагах установки труб // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2017. № 19. С. 3–11.

УДК 678.7-139-9: 678.742.3:678.762.2

<sup>1</sup> О.А. Панфилова, <sup>1</sup> Н.А. Охотина,  
<sup>2</sup> Р.М. Долинская, <sup>1</sup> А.В. Сиразетдинов

<sup>1</sup>Казанский национальный исследовательский  
технологический университет

<sup>2</sup>Белорусский государственный технологический университет

### **ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ВУЛКАНИЗАТЫ НА ОСНОВЕ ТРОЙНЫХ СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ**

Термопластичные вулканизаты (ТПВ) представляют собой сложную полимерную гетерогенную систему, в которой частицы дисперсной

фазы вулканизованного каучука равномерно распределены и тонко диспергированы в непрерывной фазе термопласта [1], причем набор свойств конечного материала напрямую определяется природой используемых полимеров.

В отличие от традиционной технологии резинового производства, технология изготовления термопластичных вулканизатов предусматривает совмещение стадии смешения термопласта с эластомером и энергоемкой стадии вулканизации каучуковой фазы, что позволяет до минимума сократить время изготовления материала и занимаемые оборудованием производственные площади.

Ранее [2] были разработаны термопластичные вулканизаты на основе бинарных смесей каучук – полиолефин. Проведенные исследования показали, что в зависимости от типа полимеров, входящих в состав ТПВ устойчивое сосуществование двух фаз наблюдается в интервале 50 – 200 мас. ч. полиолефина на 100 мас. ч. каучука.

Во многих отраслях промышленности широко применяются термоэластопластичные материалы на основе бинарных смесей полиолефинов (полипропилен, полиэтилен, поливинилхлорид, полиамиды) и олефиновых (этиленпропиленовые двойные и тройные) или диеновых (натуральный, бутадиен-стирольный, бутадиен-нитрильный и др.) каучуков.

В то же время расширяются исследования по получению новых материалов на основе тройных и более полимерных смесей, в которых в зависимости от соотношения компонентов можно варьировать основные свойства композитов для удовлетворения различных требований потребителей.

Нами [2–5] были установлены закономерности смешения и формирования структуры термопластичных вулканизатов на основе полипропилена и комбинации неполярного изопренового (СКИ) и полярного бутадиен-нитрильного (БНКС) каучуков. Разработанная рецептура термопластичного вулканизата при содержании полимерных компонентов ПП/СКИ/БНКС = 30/60/10 включала в себя защитные и технологические добавки, серно-ускорительную вулканизирующую систему. Композиты изготавливались в лабораторном высокоскоростном роторном смесителе Plasti-corder® Lab Station Brabender с последующей обработкой в экструзионной приставке с плоскощелевым или круглым цилиндрическим каналами в головке.

Для повышения уровня взаимодействия на границе раздела разнополярных компонентов – полипропилен – изопреновый каучук – бутадиен-нитрильный каучук – выбраны добавки. Показано, что при совместном использовании малеинизированного полипропилена (МАПП), улучшающего распределение эластомеров в фазе термопла-

ста, и сополимера этилена с винилацетатом (СЭВА), способствующего лучшему диспергированию полярного каучука в неполярном каучуке, удалось повысить уровень свойств термопластичных вулканизатов на основе комбинации разнополярных полимеров (таблица 1).

**Таблица 1 – Уруго-прочностные свойства ТПВ на основе ПП/СКИ/БНКС (30/60/10), содержащих МАПП и СЭВА**

Показатели	Дозировка СЭВА / МАПП, мас. ч.			
	0 / 0	0 / 4	6 / 0	6 / 4
Условная прочность при растяжении, МПа	8,9	10,2	11,1	12,0
Относительное удлинение при разрыве, %	380	400	420	440
Модуль упругости при растяжении, МПа	57,2	63,8	60,1	64,2
Твердость, усл. ед. Шор А	67	72	70	74
Модуль упругости, МПа	56	58	58	64

При исследовании морфологии композитов с помощью аналитического комплекса на базе оптического микроскопа марки Leica DM-2500 установлено, что при введении добавок происходит значительное уменьшение размера частиц дисперсной фазы, повышение диффузности межфазных границ. Таким образом, при совместном введении МАПП и СЭВА размер дисперсной фазы уменьшается от 20–367 до 4–37 мкм.

Методом растровой электронной микроскопии показано сглаживание поверхности скола, устранение пор, микротрещин. Увеличение равномерности распределения компонентов полимерной фазы обеспечило повышение прочностных характеристик ТПВ.

На основании полученных результатов была наработана опытная партия разработанного полимерного материала и оценена его устойчивость к воздействию агрессивных сред и различных атмосферных факторов.

В качестве жидких агрессивных сред были использованы растворители и масла. Установлено, что по степени изменения массы и деформационно-прочностных свойств композитов после набухания в смеси изооктан-толуол, стандартном масле СЖР-3, моторном масле и в воде при нормальной температуре в течение 72 ч. композиты показали приемлемый уровень сохранения свойств.

Для оценки устойчивости термопластичных вулканизатов к термо- и фотоокислительному старению образцы были выдержаны в термостате при температурах 100 и 120°С в течение 72 ч и в камере све-

тового старения в течение 600 ч при температуре  $(40 \pm 1)^\circ\text{C}$  и освещенности  $20000 \pm 500$  лк.

Результаты испытаний показали высокий уровень устойчивости термопластичного вулканизата к термо- и фотоокислительному старению: максимальный уровень снижения свойств не превысил 20% по сравнению с исходным образцом.

**Таблица 2 – Свойства ТПВ после испытаний в камере искусственного климата**

Показатели	Время испытания, ч				
	–	48	96	144	192
Условная прочность при растяжении, МПа	12,0	11,9	11,8	11,7	11,3
Относительное удлинение при разрыве, %	460	440	440	420	400
Твердость, усл. ед. Шор А	78	80	82	82	84
Изменение прочности / относительного удлинения после испытаний, %	– / –	–1 / –4	–2 / –4	–3 / –9	–6 / –13
Наличие трещин	–	–	–	–	–

Высокая устойчивость материала к атмосферным воздействиям подтвердилась при испытаниях образцов термопластичных вулканизатов в камере искусственного климата с ультрафиолетовым облучением QUV-80-spray, которая предназначена для имитации естественных процессов старения материала под воздействием агрессивных факторов на открытом воздухе.

Из данных таблицы 2 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.

### **Список использованных источников**

1. Холден, Д. Термоэластопласты / Д. Холден, Х.Р. Крихельдорф, Р.П. Куирк // СПб.: ЦОП «Профессия». – 2011. – 720 с.
2. Термопластичная конференция: пат. 2373 Респ. Беларусь, МПК7 C08 L 9/00, C08 L 23/06 / Р. М. Долинская, С. С. Мигаль, Е. И. Родионова, В. В. Русецкий, Е. И. Щербина; заявитель Бел. Гос. Техн. Ун-т. – № а960052; заявл. 13.02.96; опубл. 15.04.98 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. Уласнасці. – 1998. – № 3. С. – 170.

3. Вольфсон, С.И. и др. Динамически вулканизированные 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.

4. 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.

5. 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 691.535

<sup>1</sup>Г.М. Досанова, <sup>2</sup>Н.Х. Талипов, <sup>3</sup>И.А. Левицкий

<sup>1</sup>Каракалпакский государственный университет

<sup>2</sup>ГУП «Фан ва тараккиет», г. Ташкент

<sup>3</sup>Белорусский государственный технологический университет

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ВЕРМИКУЛИТОВ ТЕБИНБУЛАКСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАРАКАЛПАКСТАН**

Объектом исследования явились вермикулиты, добываемые на месторождении Тебинбулак, расположенном в Северо-Западном окончании гор Султанувайс, в 16 км от поселка Каратау и в 8 км от железнодорожной станции Караузьяк в республике Каракалпакстан, Узбекистан.

Исследовались 2 пробы вермикулитового концентрата с размером зерен 0,5–1 мм и 2–4 мм.

По визуальному осмотру исследованное минеральное сырье однородное, цвет – темно-серый. Представлено пластинчатыми агрегатами со стеклянным блеском, на плоскостях спайности – с перламутровым. Спайность совершенная в одном направлении. Листочки упругие, не ломкие, иногда собранные в многослойные пакеты.

Микроскопическим исследованием, проведенным с помощью микроскопа МБС–10 (Россия) при кратности увеличения 32, в обеих пробах сырья установлено преобладание пластинчатых агрегатов (ри-