

lurgy. – 2022. – Vol. 57, No 5. – P. 895–900.

2. Сиротов А. Г. Модификация структуры и свойств полиолефинов, Л.: Химия, 1974. 175 с.

3. Кестельман В. Н. Физические методы модификации полимерных материалов, М.: Химия, 1980, 223 с.

4. What Do We Need for a Superhydrophobic Surface? A Review on the Recent Progress in the Preparation of Superhydrophobic Surfaces. / X. M. Li [et. al.] // Chemical Society Reviews. – 2007. – Vol. 36, No. 8. – P. 1350–1368.

5. The effect of high-energy electron beam on mechanical and thermal properties of LDPE and HDPE. / D. Gheysari [et. al.] // European Polymer Journal. – 2001. – V.37. – P. 295–302.

6. Accelerated aging and stabilization of radiation-vulcanized EPDM rubber. / A. A. Basfar // Radiation Physics and Chemistry. – 2007. – V. 57. – P. 405–409.

УДК 678.7

О. В. Карманова, зав. кафедрой ТОСиПП, д-р техн. наук;

С. Г. Тихомиров, проф., д-р техн. наук;

А. А. Солодова, асп.; Е. В. Линцова, асп.

(ФГБОУ ВО «ВГУИТ», г. Воронеж, Российская Федерация);

А. В. Касперович, зав. кафедрой ПКМ, канд. техн. наук;

В. В. Боброва, науч. сотр. канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)

### **РАДИАЦИОННАЯ МОДИФИКАЦИЯ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ВЫПУСКА ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН**

В последние годы наблюдается постоянный рост спроса на рынке автомобильных покрышек на продукцию различных типоразмеров и конструкций. Это обусловлено развитием рынка продаж автомобилей и увеличением автопарка. В связи с этим перед шинными компаниями одновременно с вопросом повышения качества готовых изделий появляется новый вызов – увеличение объемов выпускаемой продукции. Ответом на данный вызов становится совершенствование технологии шинного производства.

Автомобильная покрышка состоит из большого числа деталей-полуфабрикатов, изготовленных по различным рецептурам отдельно, которые затем собираются в единую конструкцию. Физико-механические свойства резин, на основе которых получены комплектующие, оказывают влияние на эксплуатационные показатели автомобиля, такие как грузоподъемность, экономичность, управляемость, проходимость и др. Для повышения износостойкости и устойчивости

к различным видам старения резиновых комплектующих применяют эффективные вулканизирующие системы, комбинации высокоструктурных наполнителей, модификаторов свойств [1].

Однако, стоит отметить, что данный подход влечет за собой необходимость разработки новых параметров технологического процесса и удорожание изделий. Другой способ повышения износостойкости изделий – увеличение плотности вулканизационной сетки – может явиться причиной снижения эластических свойств резин.

Среди достижений последних лет в области переработки полимеров значительный интерес вызывает применение радиационных технологий, использование которых позволяет создать продукты, получение которых экономически не выгодно или физически невозможно с применением традиционных методов – химических, термических и др. [2–3]. Известны работы по модифицированию уже готовых изделий с применением  $\gamma$ -излучения, в результате которого достигается поверхностная модификация готового изделия и улучшение эксплуатационных свойств [3]. Таким образом, актуальная задача на сегодняшний день – разработка и использование новых подходов к модификации комплектующих шин.

В качестве объектов для исследования эффекта от радиационной модификации были выбраны три резиновых смеси, предназначенных для изготовления различных деталей шины – каркаса, боковины и беговой протектора. Образцы для испытаний получены вулканизацией по сокращенному режиму (на 10, 20 и 30%) с последующей радиационной обработкой на установке «Электроника У-003» в интервале поглощенных доз 10–60 кГр.

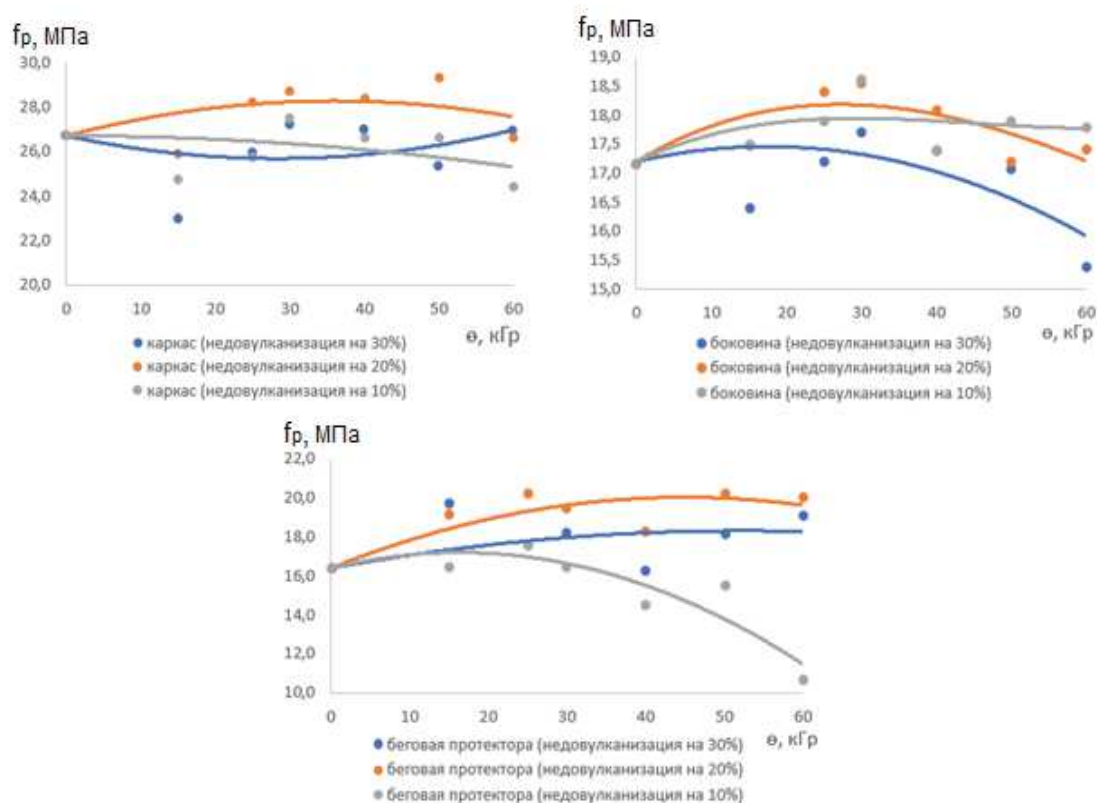
Для установления времени вулканизации по сокращенному режиму с помощью реометра MDR 200 определены вулканизационные характеристики исследуемых резиновых смесей при температуре 160°C в соответствии с ГОСТ 12535-84. Полученные значения представлены в таблице 1. Выполнены расчеты определения оптимального времени вулканизации резиновых смесей по разработанным математическим моделям, включающие уравнения теплопроводности и кинетики процесса [4].

**Таблица 1 – Вулканизационные характеристики исследуемых шинных резиновых смесей**

Наименование показателей	Каркас	Боковина	Беговая протектора
Минимальный крутящий момент, дН·м	2,56	2,33	2,35
Максимальный крутящий момент, дН·м	30,43	13,76	14,48
Время начала вулканизации, мин	0,91	0,82	0,86
Время 70 % вулканизации, мин	2,80	3,25	2,72
Время 80 % вулканизации, мин	3,28	3,64	3,06
Время 90 % вулканизации, мин	4,06	4,28	3,61

Для оценки влияния радиационной обработки на свойства шинных резин с использованием разрывной машины РМИ-60 в соответствии с ГОСТ Р 4553-2019 определены физико-механические показатели (ФМП) исследуемых резин, полученных при 155°C в течение 20 минут. Полученные результаты представлены на рисунке 1.

Вулканизация по режиму, сокращенному на 10%, позволила значительно повысить прочность при растяжении только для образцов боковины, а уменьшение времени вулканизации на 30% показало положительный результат исключительно для беговой части протектора.



**Рисунок 1 – Зависимости условной прочности при растяжении ( $f_p$ ) от поглощенной дозы ( $\theta$ ) и режима вулканизации**

Следует отметить, что наиболее высокие значения прочности при растяжении для всех трех видов шинных резин были получены для образцов, свулканизованных по сокращенному на 20% режиму и обработанных ускоренными электронами в интервале поглощенных доз 25–30 кГр. Относительное удлинение при данных условиях незначительно возрастает для беговой протектора, а для двух других видов резин остается на уровне исходных значений. Установленные значения свидетельствуют о целесообразности применения обработки ионизирующим излучением в сочетании с укороченным режимом вулканизации для модификации свойств шинных резин.

Для оценки влияния поглощенной дозы ионизирующего излучения на структурные параметры образцов были установлены значения плотности вулканизационной сетки методом равновесного набухания в растворителе с последующим расчетом характеристик на основе уравнения Флори-Ренера. Результаты, полученные согласно данной методике, представлены в таблице 2.

При анализе данных, представленных в таблице 2, отмечено, что воздействие поглощенных доз 25-30 кГр позволяет повысить плотность вулканизационной сетки примерно на 15% для резин каркаса и беговой протектора и более, чем на 40% для образцов боковины.

**Таблица 2 – Плотность вулканизационной сетки исследуемых шинных резин, полученных по сокращенному на 20% режиму вулканизации**

Поглощенная доза, кГр	Плотность поперечного сшивания, $\times 10^4$ моль/см <sup>3</sup>		
	Каркас	Боковина	Протектор
0	29,8	17,51	24,2
15	32,87	25,04	27,58
25	33,51	25,69	28,05
30	32,33	25,61	27,21
40	31,15	26,84	30,14
50	31,78	27,94	28,9
60	32,6	24,92	30,55

Таким образом, применение комбинации радиационной обработки и сокращения режима тепловой вулканизации для производства эластомерных композиций, предназначенных для изготовления деталей шины, является перспективным направлением модификации их свойств.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О. Н. Технология эластомерных материалов. – Москва: НППА «Истек», 2005. – 508 с.
2. Karmanova O. V., Tikhomirov S. G., Kayushnikov S. N., Shashok Z. S., Polevoy P. S. Obtaining and using of reclaimed butyl rubber with the use of ionizing radiation // Radiation Physics and Chemistry, 2019. – Vol. 159. – P. 154–158.
3. Ершов Б. Г. радиационные технологии: возможности, состояние и перспективы применения // Вестник РАН, 2013. – Т. 83, № 10. – С. 885–895.
4. Тихомиров С. Г., Карманова О.В., Битюков В.К., Маслов А.А. Программное обеспечение задачи определения оптимального времени вулканизации резиновых смесей // Вестник Воронежского государственного университета, 2018. – № 4. – С. 108–110.