

УДК 678.065.742.2

Р. М. Долинская¹, Н. Р. Прокопчук¹, О. В. Бомбер¹, Т. В. Кротова²¹Белорусский государственный технологический университет²ОАО «Беларусьрезинотехника»**РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ЭЛАСТОМЕРНОЙ КОМПОЗИЦИИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА РУКАВОВ**

Разработаны рецептуры эластомерных композиций повышенной твердости, предназначенные для выпуска рукавов навивочной конструкции.

Установлено, что введение углерода технического П 803 в количестве 105 м.ч. на 100 м.ч. каучука приводит к незначительному увеличению вязкости резиновой смеси, твердости и условной прочности при растяжении и небольшому снижению относительного удлинения при разрыве. Введение углерода технического П 803 в количестве 110 м.ч. на 100 м.ч. каучука, учитывая погрешность эксперимента, увеличивает вязкость резиновой смеси, твердость и условную прочность при растяжении на 4%, снижает относительное удлинение при разрыве на 4%. Введение углерода технического П 803 в количестве 115 м.ч. на 100 м.ч. каучука приводит к увеличению вязкости резиновой смеси на 6%, твердости на 13%, снижению условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве на 6%. Уменьшение значения показателя условной прочности при растяжении и значительное увеличение твердости свидетельствует об избытке содержания технического углерода в резиновой смеси, следовательно, оптимальное содержание углерода технического П 803 – 110 м.ч. на 100 м.ч. каучука. Снижение содержания дибутилфталата до 8 м.ч. оказало неудовлетворительное технологическое поведение смеси при вальцевании, происходило «шубление», что затрудняло диспергирование ингредиентов при смешении.

Таким образом, нами установлено, что оптимальное содержание пластификатора дибутилфталата в резиновой смеси – 10 м.ч. и мягчителя битума – 5 м.ч. на 100 м.ч. каучука.

Ключевые слова: рукава навивочной конструкции, эластомерная композиция, вязкость по Муни, скорость вулканизации, оптимальное время, физико-механические показатели.

R. M. Dolinskaya¹, N. R. Prokopchuk¹, O. V. Bomber¹, T. V. Krotova²¹Belarusian State Technological University²OJSC “Belarusrezinotechnica”**DEVELOPMENT OF A COMPOUNDING OF ELASTOMERIC COMPOSITION
FOR PRODUCTION HOSES**

The compounding of elastomeric compositions increased hardness for the production of hoses coiling constructions is worked out.

The studies found, that the introduction of technical carbon P 803 in the amount of 105 parts by weight at 100 parts by weight of rubber leads to a slight increase in the viscosity of the rubber composition, hardness and tensile strength, a slight decrease in elongation at break. Introduction of technical carbon P 803 in the amount of 110 parts by weight at 100 parts by weight of rubber results in an increase in the viscosity of the rubber composition, hardness and tensile strength of conventional on 4%, reduction in elongation at break on 4%. Introduction of technical carbon P 803 in the amount of 115 parts by weight at 100 parts by weight of rubber results in the increase in the viscosity of rubber mixture on 6%, the hardness on 13%, decline of tensile strength and elongation at break on 6%. Reducing the value of the conditional indicator tensile strength and a significant increase in hardness indicates an excess of carbon content in the rubber composition, the content of carbon technical P 803 therefore optimal 110 parts by weight at 100 parts by weight of rubber. Decline of maintenance of dibutyl phthalate to 8 parts by weight rendered unsatisfactory technological behavior of mixture at roll-forming, that hampered dispersing of ingredients at mixing.

Thus we have found that the optimum content of the plasticizer in the rubber mixture of dibutyl phthalate – 10 parts by weight softener and bitumen – 5 parts by weight at 100 parts by weight of rubber.

Key words: hoses coiling constructions, rubber, elastomeric composition, the Mooney viscosity, cure speed, the optimal time, physical and mechanical properties.

Введение. Перед резинотехнической промышленностью, выпускающей и такие изделия, как рукава, стоит ряд ответственных задач.

Главной из них в настоящее время является разработка и освоение новых видов высококачественных изделий, работоспособных в широ-

ком интервале температур, давлений и при воздействии агрессивных сред. Несмотря на то что объем производства и ассортимент рукавных изделий из года в год возрастает, потребности в этих изделиях увеличиваются в связи с увеличением выпуска автомобилей, тракторов, а также с развитием угольной и горнодобывающей промышленности [1]. Устранить дефицит рукавов можно не только увеличением объема их выпуска, но и путем совершенствования их конструкции, повышением качества и, соответственно, срока их работоспособности.

Производство рукавов занимает одно из ведущих мест в резиновой промышленности. Рукава служат для передачи газов, жидкостей и сыпучих материалов в самых различных условиях: от вакуума до давления 70 МПа в интервале температур 60–250°C. К рукавам предъявляются весьма высокие требования [2, 3]. При длительной эксплуатации они должны сохранять герметичность, прочность и гибкость, продолжительное время противостоять воздействию окружающей среды и транспортируемых материалов, сопротивляться внешним механическим нагрузкам, сохранять постоянно геометрические размеры. Конструкция рукавных изделий должна позволять быстро и надежно устанавливать их на соответствующие штуцеры, патрубки и прочие типы посадочных мест машин и механизмов. Рукава должны просто и быстро соединяться в единую транспортную магистраль.

Наиболее перспективным является бездорновый способ изготовления рукавов. Главное достоинство этого способа – изготовление рукавов значительной длины, что позволяет увеличить производительность труда, но изготовление рукавов больших диаметров этим способом затруднительно.

Таким образом, разработка рецептуры резиновой смеси, предназначенной для изготовления внутреннего слоя рукавов, изготавливаемых бездорновым способом, является актуальной.

Основная часть. Целью данного исследования является разработка рецептуры эластомерных композиций повышенной твердости, предназначенных для выпуска рукавов навивочной конструкции бездорновым способом.

В табл. 1 приведены рецепты опытных резиновых смесей на основе комбинации бутадиен-нитрильных БНКС-18АМН и БНКС-28АМН каучуков (образцы 1–3), которые используются для изготовления рукавов дорновым способом, с целью изготовления на их основе рукавов бездорновым способом. Резины на основе данных каучуков позволяют обеспечить такие технические свойства, как морозостойкость и стойкость к воздействию воздуха и инертных газов, предъявляемые к внутреннему слою ру-

кавов. Каучук БНКС-18АМН является каучуком специального назначения, обеспечивает повышенную морозостойкость вулканизатов, а БНКС-28АМН – хорошую стойкость к агрессивным средам.

Таблица 1

**Рецепт резиновой смеси
для изготовления внутреннего слоя рукавов**

Наименование каучуков и ингредиентов	Массовые части на 100 м.ч. каучука			
	Исходный образец	Образец 1	Образец 2	Образец 3
БНКС-18АМН	50,0	50,0	50,0	50,0
БНКС-28АМН	50,0	50,0	50,0	50,0
Сера молотая	1,2	1,2	1,2	1,2
Сульфенамид Ц	2,0	2,0	2,0	2,0
Белила цинковые	5,0	5,0	5,0	5,0
Ацетонанил Н	2,0	2,0	2,0	2,0
Диафен ФП	1,0	1,0	1,0	1,0
Углерод технический П 803	100,0	105,0	110,0	115,0
Пластификатор дибутилфталат (ДФБ)	12,0	12,0	12,0	12,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0	2,0
Канифоль сосновая	2,0	2,0	2,0	2,0
Дуслин Р	0,5	0,5	0,5	0,5

Для вулканизации резиновой смеси применяется вулканизирующая система, включающая серу в качестве вулканизирующего агента, активаторы вулканизации – цинковые белила и стеариновую кислоту.

Наполнителем резиновой смеси является технический углерод П 803 – малоактивное и низкоструктурное вещество, которое придает резиновым смесям лучшие технологические свойства: вальцуемость, шприцуемость, низкую усадку и эластическое восстановление, хорошую каркасность [2].

Для защиты от воздействия света, солнечных лучей, атмосферных газов и озона в состав резиновых смесей вводят специальные вещества – ацетонанил Н и диафен ФП, называемые противостарителями. Защитное действие химических противостарителей обусловлено обрывом цепи при окислении каучука в результате взаимодействий активных радикалов противостарителя с радикалами углеводорода каучука. При этом образуются неактивные продукты реакции, что и замедляет процесс окисления [3].

Для предотвращения опасности подвулканизации в качестве замедлителя подвулканизации вводится дуслин Р [1].

Для рукавов, изготавливаемых бездорновым способом, необходимо применение более жесткой, твердой резиновой смеси для

обеспечения каркасности и предотвращения деформации камер.

Увеличить твердость резиновой смеси возможно следующими способами:

- увеличением содержания наполнителей;
- уменьшением содержания мягчителей.

На основании вышеизложенного нами проведены исследования, направленные на увеличение твердости резиновой смеси. Для этого было изучено влияние содержания наполнителей и мягчителей на свойства композиций.

В табл. 2 представлены полученные нами результаты исследований влияния наполнителя на комплекс физико-механических показателей вулканизатов.

Таблица 2

Влияние содержания углерода технического П 803 на физико-механические показатели резин

Наименование показателей	Образцы				
	Исходный	1	2	3	
Условная прочность при растяжении, МПа	8,3	8,4	8,7	7,8	
Относительное удлинение при разрыве, %	250	245	240	235	
Твердость, ед. Шор А	68	70	72	77	
Изменение массы после воздействия среды, %	Изоктан + толуол 23°C × 24 ч	25	24	26	26
	СЖР-3 (125°C × 24 ч)	30	31	29	30
Вязкость по Муни, ед. Муни	64	67	70	78	
Скорчинг, мин	τ5	37	36	36,5	30
	τ35	42	40,5	40,5	27
	Δτ	5	4,5	4	3

Как видно из табл. 2, при увеличении содержания углерода технического П 803 в резиновой смеси возрастают показатели вязкости, твердости, а относительное удлинение при разрыве уменьшается. Условная прочность при растяжении увеличивается незначительно, а при содержании углерода технического в количестве 115 м.ч. снижается. Вероятно, это связано с тем, что данная марка технического углерода имеет невысокую удельную поверхность ($16 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{г}$), на которой отсутствуют активные центры, способные взаимодействовать с активной поверхностью каучука.

Уменьшение значения показателя условной прочности при растяжении и значительное увеличение твердости свидетельствует об избытке содержания технического углерода в резиновой смеси, следовательно, оптимальное содержание

углерода технического П 803 – 110 м.ч. на 100 м.ч. каучука (табл. 1).

На рис. 1–3 представлены зависимости показателей твердости, относительного удлинения при разрыве и условной прочности при растяжении от содержания технического углерода в резиновой смеси.

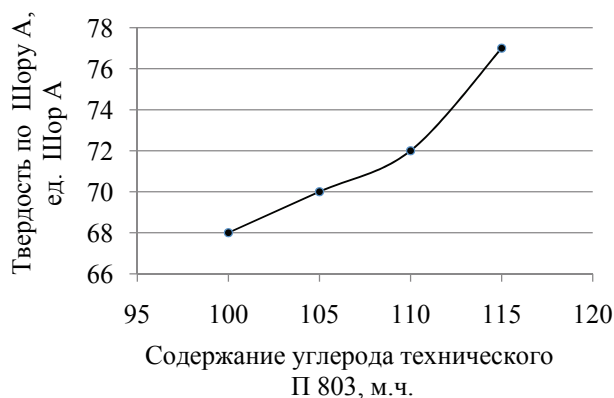


Рис. 1. Зависимость показателя твердости от содержания углерода технического в резиновой смеси

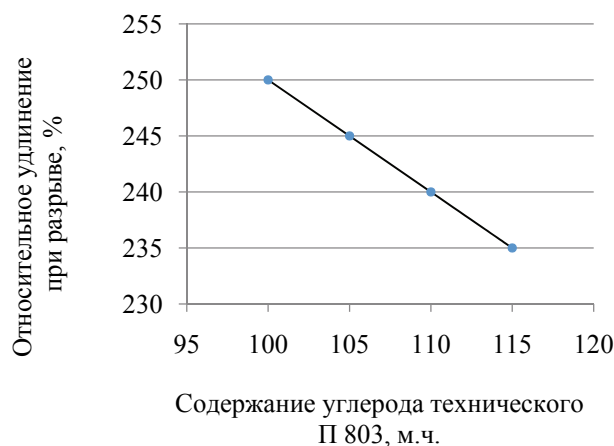


Рис. 2. Зависимость показателя относительного удлинения при разрыве от содержания углерода технического в резиновой смеси

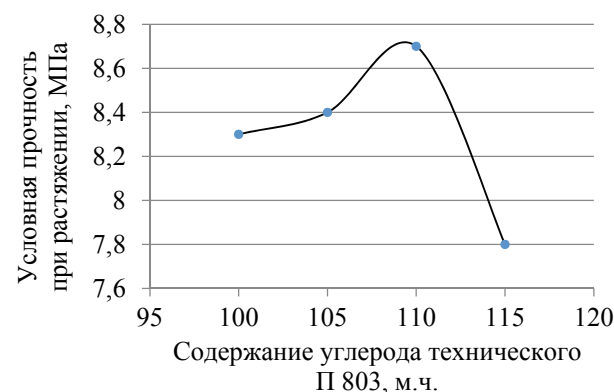


Рис. 3. Зависимость показателя условной прочности при растяжении от содержания углерода технического в резиновой смеси

Как видно из рис. 1 и 2, учитывая погрешность эксперимента с увеличением содержания углерода технического П 803, твердость резины возрастает на 9%, а относительное удлинение при разрыве снижается на 4%. Так как при введении твердых наполнителей в эластомере происходит существенное уменьшение молекулярной подвижности макромолекул, это приводит к возрастанию степени упорядочивания макромолекул и плотности упаковки.

При увеличении содержания технического углерода П 803 в резиновых смесях прочность при растяжении проходит через максимум, определяющий оптимальное наполнения.

Таким образом, установлено, что оптимальное содержание технического углерода П 803 составляет 110 м.ч. на 100 м.ч. каучука.

С целью увеличения твердости, повышения каркасности резиновой смеси и снижения ее стоимости нами проведены исследования по изучению возможности уменьшения содержания дорогостоящего синтетического пластификатора в смеси – дибутилфталата. Для этого уменьшаем содержание ДБФ в композиции на 17–33% и дополнительно вводим мягчитель – битум нефтяной.

В табл. 3 представлены рецепты опытных резиновых смесей (образцы 4, 5).

Таблица 3

Рецепт резиновой смеси для изготовления внутреннего слоя рукавов

Наименование каучуков и ингредиентов	Массовые части на 100 м.ч. каучука		
	Исходный образец	Образец 4	Образец 5
БНКС-18АМН	50,0	50,0	50,0
БНКС-28АМН	50,0	50,0	50,0
Сера молотая	1,2	1,2	1,2
Сульфенамид Ц	2,0	2,0	2,0
Белила цинковые	5,0	5,0	5,0
Ацетонанил Н	2,0	2,0	2,0
Диафен ФП	1,0	1,0	1,0
Углерод технический П 803	100,0	110,0	110,0
Пластификатор ДБФ	12,0	10,0	8,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0
Канифоль сосновая	2,0	2,0	2,0
Дуслин Р	0,5	0,5	0,5
Битум нефтяной	–	5,0	5,0

Литература

1. Современное состояние и тенденции мирового производства рукавов промышленного назначения / ЦНИИТЭнефтехим. Москва, 2006. 145 с.
2. Захаров Г. А. Новые процессы производства рукавов // Каучук и резина. 2006. № 4. С. 27–29.
3. Юрковский В. С. Новые разработки НИИЭМИ в области уплотнителей валов и рукавных изделий // Каучук и резина. 2008. № 4. С. 42–50.
4. Осошник И. А., Шутилин Ю. Ф., Карманова О. В. Производство резиновых технических изделий. Воронеж: ВГТА, 2007. 972 с.

В табл. 4 показано влияние содержания мягчителей на физико-механические показатели резин.

Таблица 4

Влияние содержания мягчителей на физико-механические показатели резин

Наименование показателей	Образцы			
	Исходный	4	5	
Условная прочность при растяжении, МПа	8,3	8,2	8,2	
Относительное удлинение при разрыве, %	250	260	250	
Твердость, ед. Шор А	68	72	73	
Изменение массы после воздействия среды, %	Изоктан + толуол (23°С × 24 ч)	25	24	25
	СЖР-3 (125°С × 24 ч)	31	28	30
Вязкость по Муни, ед. Муни	64	70	71	
Скорчинг, мин	τ5	35	34	37
	τ35	39	37,5	42
	Δτ	4	4	5

При введении битума вязкость резиновых смесей изменяется незначительно, но улучшается формование за счет уменьшения эластического восстановления и повышения каркасности смеси [4]. Вероятно, происходит влияние одновременного концентрирования физических и рассредоточения химических связей у межфазной границы наполнитель – мягчитель.

При изготовлении резиновой смеси, в состав в которой вводим 8 м.ч. ДБФ и 5 м.ч. битума, установлено неудовлетворительное технологическое поведение – «шубление» на вальцах, что затрудняло диспергирование ингредиентов при смешении.

В результате проведенных исследований нами установлено, что оптимальное содержание пластификатора ДБФ в резиновой смеси – 10 м.ч. на 100 м.ч. каучука и мягчителя битума – 5 м.ч.

Закключение. В работе показано, что эластомерная композиция, изготовленная по рецепту № 4 (табл. 3) соответствует требованиям, предъявляемым к композициям, предназначенным для изготовления внутреннего слоя рукавов бездрозным методом.

References

1. *Sovremennoe sostoyanie i tendentsii mirovogo proizvodstva rukavov promyshlennogo naznacheniya* [The current state and trends of the global production of industrial use hoses]. Moscow, TsNIITeneftekh, 2006. 145 p.
2. Zakharov G. A. New processes of production of sleeves. *Kauchuk i rezina* [Rubbers], 2006, no. 4, pp. 27–29 (In Russian).
3. Yurkovskiy V. S. New development of NIEMI in the field of sealants of shaft and hose products. *Kauchuk i rezina* [Rubbers], 2008, no. 4, pp. 42–50 (In Russian).
4. Ososhnik I. A., Shutilin Ju. F., Karmanova O. V. *Proizvodstvo rezinovykh tekhnicheskikh izdeliy* [Manufacture of rubber technical goods]. Voronezh, VGTA Publ., 2007. 972 p.

Информация об авторах

Долинская Раиса Моисеевна – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: raisa_dolinskaya@mail.ru

Прокопчук Николай Романович – член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, доктор химических наук, профессор, профессор кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: tnsippm@belstu.by

Бомбер Ольга Витальевна – инженер кафедры технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: ovsvirskaya@gmail.com

Кротова Татьяна Валентиновна – начальник центральной лаборатории ОАО «Беларусьрезинотехника» (213829, Могилевская область, г. Бобруйск, ул. Минская, 102, Республика Беларусь). E-mail: technical@aobrt.by

Information about the authors

Dolinskaya Raisa Moiseyevna – PhD (Chemistry), Assistant Professor, Assistant Professor, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: raisa_dolinskaya@mail.ru

Prokopchuk Nicholas Romanovich – Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, DSc (Chemistry), Professor, Professor, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: tnsippm@belstu.by

Bomber Olga Vitalyevna – engineer, Department of Technology of Petrochemical Synthesis and Polymer Materials Processing. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ovsvirskaya@gmail.com

Krotova Tatyanya Valentinovna – Head of the central laboratory OJSC “Belarusrezinotekhnika” (102, Minskaya str., 213829, Bobruisk, Mogilev region, Republic of Belarus). E-mail: czl@aobrt.by

Поступила 23.02.2016