

Список литературы

1. Олейник, А.И., Ахмедов, К.М., Рахимов, З.Р. Об оценке устойчивости системы "Сооружение - основание" / А.И. Олейник, К.М. Ахмедов, В.В., Рахимов З.Р. // Сборник докладов МНК Инновации в науке, образовании и производстве Казахстана, ЕТУ, Алматы. 18–19 ноября 2015.–С. 212-218.
2. Ахмедов, К.М. Поля распределения температуры в грунтовых основаниях / К.М. Ахмедов// Топорковские чтения. 2008. вып. VIII. С. 378-384.
3. Шашкин А.Г. Вязко-упруго-пластическая модель поведения глинистого грунта/А.Г.Шашкин //Развитие городов и геотехническое строительство. – 2011. – Вып. №2. – С.15-25.
4. Цытович Н.А. Механика грунтов / Н.А. Цытович. – М.: Высшая школа, 1979. – 272 с.
5. Долматов Б.И. Основания и фундаменты. М.: АСВ, 2002, -392 с.
6. Малинин, Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести/ Н.Н. Малинин. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.
7. Ржаницын А.Р. Строительная механика / А.Р. Ржаницын.–М.: Высшая школа, 1982.–400 с.
8. Шамоу, В.В. Технология устройства ленточных фундаментов в вытрамбованных котлованах/ В.В. Шамоу // Топорковские чтения. – 2008.–вып. VIII. – С. 493-498.

УДК 678.074.01

МОДИФИКАЦИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

MODIFICATION OF THERMOPHYSICAL AND OPERATIONAL PROPERTIES OF ELASTOMER COMPOSITIONS

Касперович А.В.¹, Боброва В.В.¹, Шевчик А.В.¹, Валько Н.Г.²

¹Белорусский государственный технологический университет,

²Гродненский государственный университет им. Я. Купалы

andkasp@belstu.by

Kasperovich A.V.¹, Bobrova V.V.¹, Bobrova V.V.¹, Shevchik A.V.¹, Valko N.G.²

¹Belarusian State Technological University, ²Yanka Kupala State University of Grodno

Аннотация: Одним из приоритетных направлений улучшения эксплуатационных характеристик эластомерных композиций является их физическое модифицирование, которое позволяет получать материалы с новым комплексом эксплуатационных свойств. Среди известных способов модифицирования изделий на основе эластомеров одним из актуальных является радиационное модифицирование, которое позволяет управлять физико-механическими и упруго-прочностными характеристиками изделий. В связи с вышеизложенным, актуальным является разработка технологии

радиационного модифицирования эластомеров с целью повышения их эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: эластомер, прочность, теплообразование, трение, излучение.

Abstract: One of the priority areas for improving the operational characteristics of elastomeric compositions is their physical modification, which allows one to obtain materials with a new set of operational properties. Among the known methods of modifying products based on elastomers, one of the most relevant is radiation modification, which allows to control the physico-mechanical and elastic-strength characteristics of the products. In connection with the foregoing, it is urgent to develop a technology for the radiation modification of elastomers in order to increase their operational characteristics.

Key words: elastomer, strength, heat generation, friction, radiation.

Основной причиной, или одной из основных причин, преждевременного выхода их строя шин, находящихся в эксплуатации, являются тепловые разрушения. Т.е. в процессе эксплуатации шина подвергается такой нагрузке, при которой теплообразование в ней достигает уровня, приводящего к разрушению, вплоть до оплавления и горения. Избыточное теплообразование ослабляет или разрушает связи между элементами конструкции шины, а также вызывает реструктуризацию резины.

Внешнее проявление перегрева – расслоения и отслоения в наиболее термонагруженных зонах шины – плечевой, верхней части боковины. Однако расслоение может развиваться далее после момента возникновения и распространиться на боковину или протекторную зону, затрудняя анализ причины дефекта. Экспертные признаки перегрева шины: участки кольцевой формы с изменённым цветом и твёрдостью на внутренней поверхности шины (гермослое) в плечевой зоне и над бортом.

Основные причины генерации тепла в шине:

– перегруз шины или выбор шины, не соответствующей по нагрузочным характеристикам требуемым условиям эксплуатации;

– неправильный выбор рабочего давления в шине или отклонения от рекомендованного давления. У разных производителей техники давление может отличаться друг от друга для абсолютно одинаковых шин (рисунок 1);

– превышение скорости эксплуатации самосвала, особенно под нагрузкой;

– большое плечо перевозки, т. е. расстояние от места загрузки до места выгрузки имеет большое значение, ведь на данном участке самосвал движется под постоянной нагрузкой и без остановки.

Несоблюдение рекомендаций по одному из факторов неизбежно приводит к ускоренному износу шин и преждевременному выходу из строя, что вызывает существенное увеличение стоимости перевозок.

Шины выделяют тепло во время эксплуатации. так как шина отклоняется от циклических колебаний, она достигает теплового равновесия с точки зрения

температуры ее внутреннего компонента и с точки зрения температуры содержащегося воздуха в полости шины. Изменение условий эксплуатации и физических изменений самой конструкции шины может привести к изменению состояния равновесия.

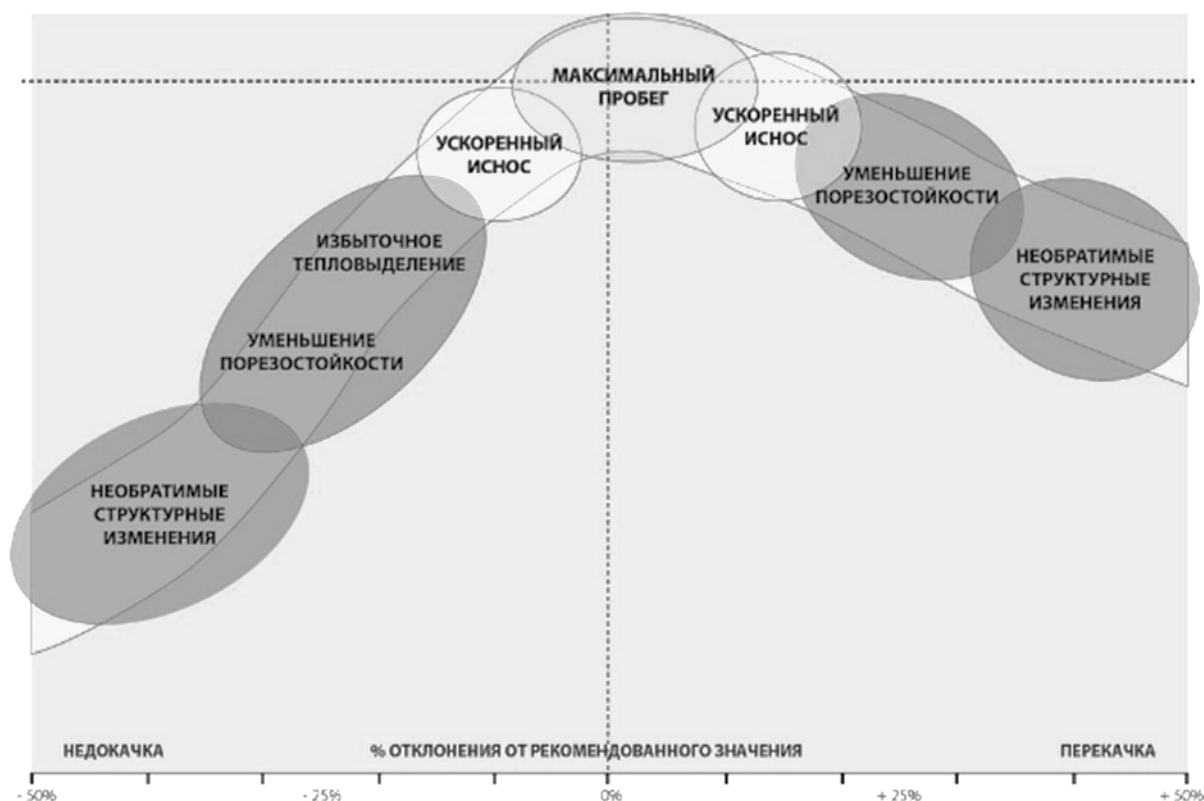


Рисунок 1 – Давление в покрышке

Повышенное и продолжительное выделение тепла является основным фактором разрушения шины. Повышенное тепло снижает сопротивление разрыву резины, что способствует зарождению и распространению трещин.

Происходит постоянное ухудшение свойств материала от воздействия повышенных температур, в зависимости от продолжительности воздействия (рисунок 2-3).

Плечевые зоны радиальной шины, как правило, являются самыми высокими по выработке тепла. Рисунок иллюстрирует растущие температуры, которые развиваются в плечевой зоне, когда шина эксплуатируется с возрастающим прогибом.

Износ резины из-за чрезмерного тепловыделения приводит к снижению прочности на растяжение и общей растяжимости. Этот отказ от тепла является дополнительным эффектом, который может еще больше повысить температуру. В конечном счете, компонент или часть шины могут достигнуть критической отметки, где износ резины может вызвать, отрыв от шины кусков или всего участка протектора.

Радиационное модифицирование материалов

Радиационное модифицирование материалов – направленное изменение их свойств в результате воздействия ионизирующими излучениями [1].

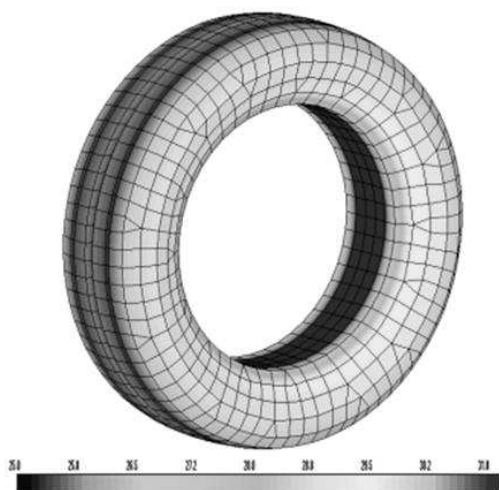


Рисунок 2 – Контурный график средней температуры протектора при движении шины

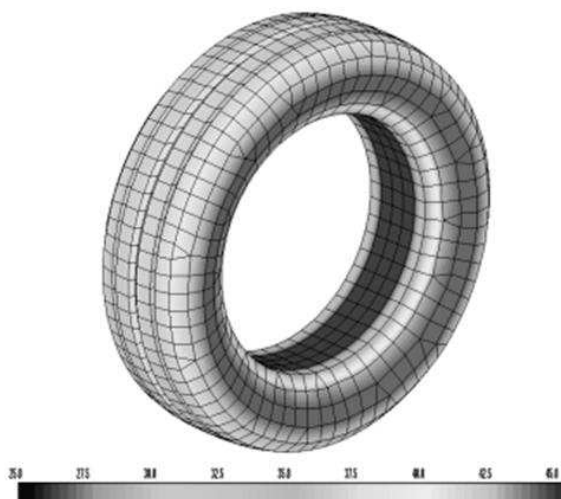


Рисунок 3 – Контурный график средней температуры боковины при движении шины

Существующие способы модификации можно разделить на три группы:

- 1) облучение сырых резиновых смесей с целью улучшения перерабатываемости;
- 2) инициированный излучением процесс привитой полимеризации мономеров и олигомеров в объеме резиновой смеси;
- 3) процесс радиационной привитой полимеризации жидких и газообразных мономеров и олигомеров на поверхности резиновых смесей с целью улучшения адгезионных и фрикционных свойств.

Модификация в объеме производится путем введения в резиновую смесь полимеризационноспособных соединений и последующего облучения этой смеси источником ионизирующего излучения в условиях изоляции от кислорода воздуха; излучение инициирует процесс гомополимеризации таких соединений и их прививку к молекулам каучука.

Процесс радиационной модификации поверхности обычно осуществляется облучением материала или изделия в контакте с прививаемым мономером или олигомером. Применительно к резинам этот вид модификации развит мало. Описан способ повышения озоностойкости резин на основе СКИ-3 путем поверхностной прививки винилхлорида; имеются сведения о прививке метилметакрилата и винилацетата из газовой фазы к бутилкаучуку и винилхлорида к бутадиен-нитрильным каучукам. Разработан процесс газофазной привитой полимеризации на поверхности тканей и волокон с целью повышения их адгезии к резинам. В текстильной промышленности этот процесс применяется для радиационной модификации поверхности синтетических волокон с целью улучшения прокрашиваемости, несминаемости, водоотталкивающих свойств и т.д., причем в США и Японии он реализован в полупромышленном масштабе [2].

Наиболее часто ионизирующее излучение применяется для модификации полимеров, поскольку вследствие высокой молекулярной массы полимера даже сравнительно небольшие дозы могут вызвать существенное изменение его

свойств. Самым важным в практическом отношении радиолитическим превращением в полимерах является сшивание. Сшивание используется в разнообразных промышленных процессах, таких как модифицирование полиолефиновой (преимущественно полиэтиленовой и поливинилхлоридной) изоляции кабелей и проводов, изготовление упрочненных и термоусаживающихся пленок, трубок, получение пенопропилена, вулканизация эластомеров и изделий из них (компонентов шин, каучуков с целью изготовления на их основе термостойких самослипающихся электроизоляционных лент и резиностеклоткани, латекса натурального каучука, резиновых перчаток и др.).

Радиационное сшивание полиолефинов приводит к повышению их механической прочности, термостойкости, улучшению электроизоляционных свойств. Этот процесс широко используется в производстве кабелей и проводов. Радиационным методом модифицируют преимущественно полиэтиленовую изоляцию и изоляцию из поливинилхлорида. Также в качестве изоляции используется радиационно-сшитый полиуретан.

Источниками ионизирующего излучения, применяемыми для облучения кабелей и проводов, являются электронные ускорители с энергиями 0.3–5 МэВ и мощностью до сотни киловатт. Доза, необходимая для сшивания полиэтилена, составляет 200–400 кГр и может быть заметно снижена путем введения в полиэтилен сенсibilизаторов – веществ, способствующих повышению чувствительности полиэтилена к воздействию ионизирующего излучения. Использование сенсibilизаторов приводит к снижению дозы облучения до 50–150 кГр.

Радиационное сшивание полимеров имеет ряд преимуществ перед химическим сшиванием [3]. Среди них – лучшие эксплуатационные характеристики продукта, меньшая стоимость процесса, более низкие энергетические затраты, выигрыш в рабочих площадях. Провода и кабели с радиационно-сшитой полимерной изоляцией производятся промышленностью многих стран и применяются в системах связи, военной и космической технике, электронном и компьютерном оборудовании, автомобильных электрических схемах, ядерных реакторах и др.

Реализованным в промышленности радиационно-химическим процессом, базирующимся на сшивании полимеров, является изготовление упрочненных и термоусаживающихся изделий. Среди них – термоусаживающиеся пленки, ленты, мешки, трубки, трубы, шланги и изделия более сложной конфигурации, применяющиеся в нефтегазовой, электротехнической, автомобильной и пищевой промышленности, электронной технике, судостроении, строительстве.

В основе изготовления термоусаживающихся изделий лежит эффект «памяти» (или «запоминания формы»). Суть его заключается в том, что полимерный материал, облученный до дозы, величина которой меньше дозы гелеобразования, деформированный при температуре выше температуры плавления кристаллитов (структуры в полимерах с трехмерным дальним порядком, образуемые звеньями макромолекул; размер этих структур не превышает нескольких мкм) и затем быстро охлажденный, после повторного

нагревания до той же температуры стремится (из-за образования пространственной сетки) восстановить исходную форму. Если этим материалом обтянуть какой-либо предмет, то после нагревания он образует на нем плотную оболочку. В производстве термоусаживающихся изделий применяют электронные ускорители. Для облучения трубок используются электронные пучки с энергией 1-3 МэВ, а в случае пленок и лент – пучки с энергией 0,5-1,0 МэВ. Дозы, необходимые для производства трубок и лент, составляют 50-150 кГр.

Объект исследования

Объектом исследования является резиновая смесь на основе натурального каучука, используемая для производства протектор-беговой части шины. Принципиальный состав рецептуры представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Рецептура исследуемой смеси

Наименование каучуков и ингредиентов	Масс.ч. на 100 масс.ч. каучука	Массовые %
Натуральный каучук	100	56,53
Кремниевая кислота	10	5,65
Техуглерод N234	45	24,45
Сера	1,3	0,74
Итого	176,85	100
Плотность резиновой смеси 1,136 г/см ³		

Основой резиновой смеси является натуральный каучук (100 масс.ч.). Склонность НК к кристаллизации при температурах, близких к нормальной, обуславливают высокую прочность при растяжении как ненаполненных резин из НК, так и резин на его основе, содержащих неактивные наполнители. При введении активных наполнителей значительно повышаются напряжения при удлинениях, твердость и сопротивление истиранию резины.

Резины характеризуются высокой эластичностью, морозостойкостью, хорошими динамическими свойствами, износостойкостью, но обладают малой стойкостью к воздействию агрессивных сред, сильно набухают в углеводородах и вследствие высокой неопределенности быстро подвергаются старению.

Результаты исследования

В ходе исследования образцы резин, полученные при разных степенях вулканизации, подвергались радиационной модификации – воздействию рентгеновского излучения. На основании полученных данных установлено, что плотность поперечного сшивания увеличилась на 13–14% по сравнению с немодифицированным образцом. Это свидетельствует о том, что в процессе воздействия излучения происходит образование свободных радикалов и их последующая рекомбинация.

Таким образом можно сделать вывод о том, что при воздействии излучения в вулканизате осуществляется дополнительное сшивание, и вероятно, образуются преимущественно – С – С – связи за счет того, что излучение выбивает атом Н⁺ и происходит рекомбинация радикалов. В связи с этим можно предположить, что модифицированные резины будут иметь

меньшее теплообразование.

Теплообразование изучалось с на флексометре типа Гудрича при постоянном значении амплитуды сжатия с частотой 25 Гц и амплитудой 6 мм. Испытание заключается в циклическом сжатии цилиндрического образца при заданной деформации и частоте в течение определенного времени, и измерении при этом его температуры. Теплообразование в образцах измеряется по формуле 1.

$$\Delta t_s = t_s - t_0 \quad (1)$$

где t_s – конечная температура образца после испытания, °С;
 t_0 – температура образца до испытания, °С.

Анализ представленных данных (рисунок 4) свидетельствует о том, что уровень максимально развиваемой в образцах температуры зависит от степени вулканизации резиновых смесей.

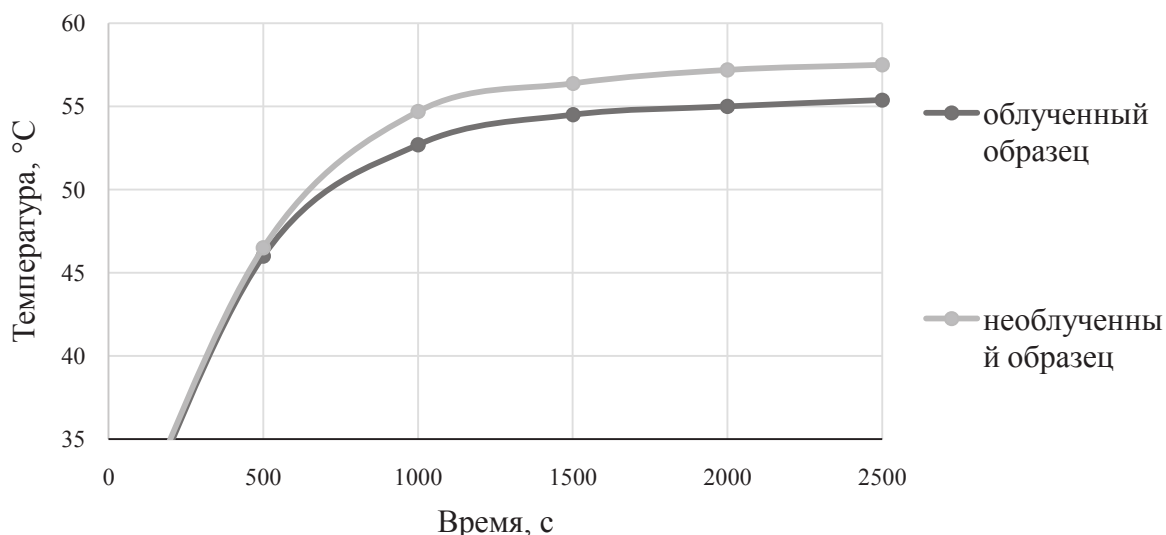


Рисунок 4 – Зависимость теплообразования необлученного и облученного образцов резины

Установлено, что с увеличением плотности поперечного сшивания теплообразование снижается на 1,5 – 3% у протектор беговой части шины.

Износостойкость резин – это свойство противостоять разрушению и отделению внешнего слоя при наличии слоя трения.

Шины СКГШ эксплуатируются в условиях значительных деформаций, напряжений и нагрузок. Поэтому представляет интерес исследовать влияние радиационной модификации на износ резин. В таблице 2 представлены показатели износостойкости протектор-беговой части.

Как видно из таблицы 2, истираемость резины уменьшилась в 3,5 раза. Это подтверждает тот факт, что увеличивается плотность поперечного сшивания образцов шинных резин.

Таблица 2 – Параметры износостойкости протектор-беговой части

Образец	Истираемость	Сопротивление истиранию	Коэффициент трения	Твердость, усл. ед Шор А
Исходный	0,0419	24,195	1,91	55
Облученный	0,0120	83,09	1,86	57

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- 1) ионизирующее излучение вероятно способствует образованию – С – С – связи;
- 2) у модифицированных резин на 1–2°С снижается теплообразование;
- 3) износостойкость протекторных резин, после заданной модификации увеличивается в 3,5 раза.

Список литературы

1. A. Bhattacharya, Radiation and industrial polymers, Prog. Polym. Sci., 25 (2000) 371.
2. Боброва В.В. Исследование влияния радиационного модифицирования на теплофизические и эксплуатационные свойства протекторных резин для карьерных шин: Дис. ... магистра техн. наук. – Минск, 2018. – 70 с.
3. Chakraborty, S. K., Sabharwal, S., Das, P. K., Sarma, K. S. S., & Manjula, A. K. (2011). Electron beam (EB) radiation curing-a unique technique to introduce mixed crosslinks in cured rubber matrix to improve quality and productivity. Journal of Applied Polymer Science, 122(5), 3227–3236.

УДК 666.857

ОСОБЕННОСТИ ТВЕРДЕНИЯ СУЛЬФОМАГНЕЗИАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

FEATURES OF HARDENING SULFOMAGNESIUM COMPOSITIONS OF VARIOUS STRUCTURE

Мирюк О.А.

Рудненский индустриальный институт, Рудный, Казахстан

psm58@mail.ru

Мiryuk O.A.

RudnyIndustrialInstitute, Rudny, Kazakhstan

Аннотация: Приведены результаты исследований процессов твердения композиционных сульфомагнезиальных вяжущих. Определен характер влияния плотности затворителя на твердение композиций. Показана возможность повышения прочности и водостойкости композиций за счет сочетания