

П.В. Королёв, М.А. Шилов
Ивановский государственный энергетический университет,
г. Иваново, Ивановская область, Россия, vedunking@mail.ru

ФРИКЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛАСТОМЕРНЫХ ОБРАЗЦОВ НА ОСНОВЕ СКИ-3 И СКС-30-АРКМ-15

Аннотация

В настоящей работе представлены результаты испытаний на трение и износ эластомеров на основе каучуков СКИ-3 и СКС-30-АРКМ-15 и их модификаций в широком диапазоне скоростей, удельных нагрузок и температур. Представлены результаты стендовых испытаний, проведен анализ полученных результатов. Получены зависимости интенсивности изнашивания в зависимости от ряда параметров.

Ключевые слова: фрикционные характеристики, интенсивность изнашивания, трение, эластомер, композит.

Введение

Трение эластомеров, обладающих вязкоупругими свойствами, в отличие от твердых тех сильно зависит не только от нагрузки [1, 2, 3], но и от скорости и температуры. Кроме того, для эластомерных материалов выявлена «эквивалентность» между влиянием температуры и скорости, а также показана возможность описания с помощью уравнения преобразования Вильямса-Ландела-Ферри.

Фрикционные характеристики изучаемых эластомерных материалов были получены на машине трения УМТ-2168. В качестве шероховатого образца использовали образцы из асфальтобетона. Величина шероховатости асфальтобетонного образца составила $R_z = 0,68$ мм. Согласно ведомственным строительным нормам (ВСН 38-90, техническим указаниям по устройству дорожных покрытий с шероховатой поверхностью), данное значение шероховатости относится к мелкошероховатым типам поверхности. Изготовленные образцы из асфальтобетона позволяют оказывать сопротивление изнашиванию при фрикционном контакте изучаемых объектов. Данную поверхность можно использовать многократно.

Исследование фрикционных характеристик

Исследование проводили в два этапа. На первом изучали поведение резин, используемых в протекторах. На втором исследовали резины на основе каучуков СКИ-3 и СКС-30-АРКМ-15, промышленно выпускаемых, а также эластомеров на их основе, армированных углеродными наноструктурами.

Нами были получены предварительные результаты по испытанию промышленно выпускаемых резин [4]. Проведенные исследования показали, что введение МУНТ в резиновую смесь приводит к снижению не только коэффициента трения, но и снижает массовый износ почти в 3 раза по сравнению со стандартными образцами (Таблицы 1).

Это связано, по-видимому, с положительным влиянием пластификатора, который при сухом трении играет роль граничного смазочного материала. При испытании образцов на трение в водной среде наблюдается снижение величины коэффициента трения и износа для всех образцов. Наиболее стабильные показания коэффициента трения демонстрирует образец с МУНТ.

Таблица 1 – Коэффициенты трения и износа образцов

Название образца	Коэффициент трения за время испытаний, мин					Износ за 300 мин., $\Delta m \cdot 10^{-3}$ кг
	0	60	120	200	300	
Бутадиен-нитрильный	2,23	2,32	2,33	2,31	2,34	1,5
Бутадиен-нитрильный с МУНТ(↓)	1,96	1,78	1,83	1,82	1,56	0,4
Из шины Michelin	2,15	2,2	2,2	2,3	2,32	0,9
Из шины Hankook	2,16	2,21	2,23	2,2	2,31	0,9

Вследствие того, что возрастает энергия когезии, на графике зависимости износа от давления (Рисунок 1) наблюдается резкое увеличение интенсивности изнашивания при увеличении нагрузки. Наименьший износ наблюдается у образца 2.

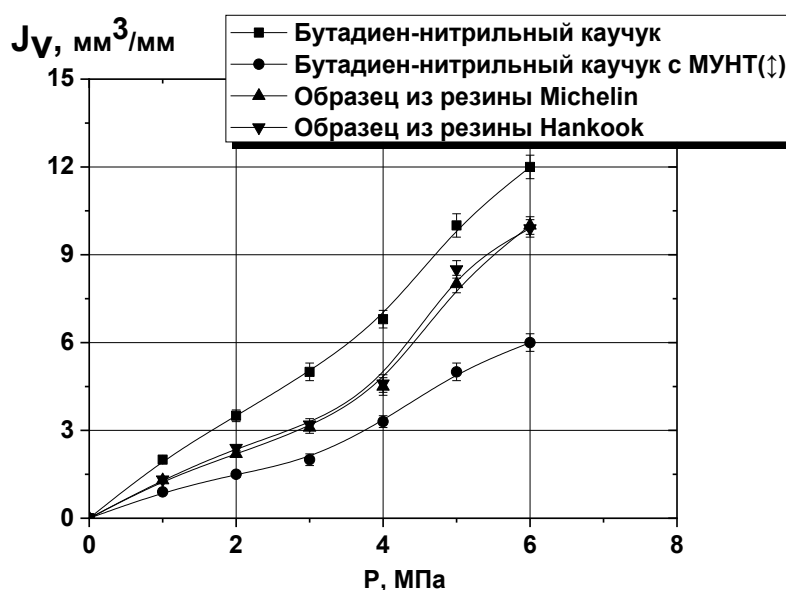


Рисунок 1 – Зависимость объемного износа резин от давления

Здесь зависимость износа от прикладываемого давления имеет практически линейный характер. Следует отметить, что для получения наиболее объективной картины протекания физико-механических процессов необходимо анализировать продукты износа, процесс сбора которых чрезвычайно трудоемок. Для решения этой проблемы нами использовано смазочное действие жидкости, исключающее «засаливание» абразивной поверхности истирающего элемента. Анализ поверхности трения резин показывает наличие рисунка Шалламаха, что свидетельствует о развитии интенсивного механизма изнашивания посредством «скатывания».

Продукты изнашивания имели вид липкого субстрата, покрытого густой

маслянистой жидкостью темного цвета. Эти признаки указывают на интенсивную механохимическую деструкцию, развивающуюся в поверхностных слоях эластомера. Поскольку исследования проводили при стабильной температуре воды – 19 °С, термическая деструкция исключалась. Вследствие механохимической деструкции поверхность трения размягчалась и эластомер терял свои упругие свойства. Отсюда и резкое возрастание износа образцов при увеличении нагрузки из-за нарушения условий смазки.

На втором этапе проводили испытания на трение с получением так называемых «мастер-карт» [5]. Подготовку образца осуществляли следующим образом. Поверхность опытного образца притирали по контактной поверхности до образования продуктов износа. Затем поверхность образцов обрабатывали от продуктов износа и взвешивали на весах, после чего высушивали 2 часа. Для построения фрикционных зависимостей использовали диапазон удельных давлений от 0,1 МПа до 1,5 МПа и скоростях скольжения от 5 до 150 мм/с. Результаты тестов представлены на Рисунке 3.

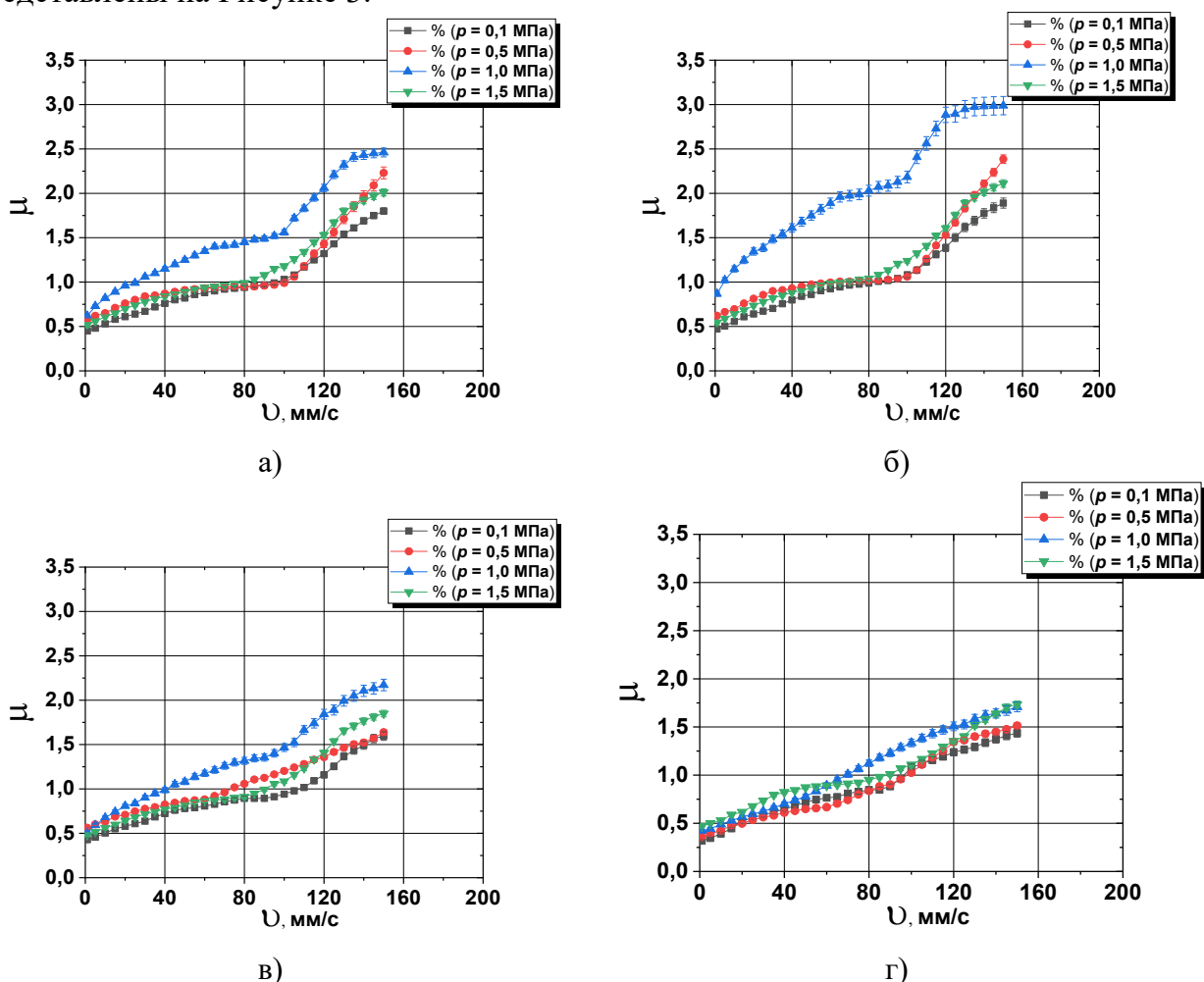


Рисунок 3 – Фрикционные характеристики резин на основе эластомеров SKI-3 и SKC-30-АРКМ-15, а также модельных составов на их основе: а – SKI-3, б – SKI-3/МУНТ(↓), в – SKI-3/МУНТ(↔), г - SKI-3/GrO(↔). Температура 22 °С, концентрация УНС 1,0 мас. %

Анализ результатов тестов показал, что варьирование удельного давления дает разницу в средних значениях коэффициента трения до 20 %. Обращает на себя внимание поведение коэффициента трения для резины на основе каучука SKI-3, армированного МУНТ(↓). При скорости скольжения 150 мм/с изменение коэффициента трения составило 42 % для изучаемых удельных давлений. При

армировании каучуков УНС отмечено, что наибольшее снижение значений коэффициента трения наблюдается в образцах СКИ-3/ GrO(↔) и СКС-30-АРКМ-15/GrO(↔). Это связано со смазочной способностью самих УНС. Графены, обладая большей поверхностью контакта и адсорбируясь на поверхности трения, снижают шероховатость и уменьшают сцепление с образцами, выполненными из асфальтобетона. Повышенные значения коэффициента трения выявлены при тестировании образцов с МУНТ(↑).

Для получения дополнительных данных о поведении резин на основе каучуков СКИ-3 и СКС-30-АРКМ-15 были построены «мастер-кривые» по результатам экспериментов и методике, представленной в [6]. В ее основе лежит принцип температурно-временной «эквивалентности», заключающийся в одинаковости двух методов изучения релаксации вязкоупругих тел: за счет изменения температуры или времени действия силы сдвига. Значение коэффициента сдвига α_T по горизонтали, определяли на основе экспериментальных данных по формуле (1):

$$\lg \alpha_T = \frac{-8,86(T_c - T_{пр})}{101,6 + T_c - T_{пр}}, \quad (1)$$

где $T_{пр}$ – температура приведения, равная сумме температуры стеклования эластомера ($T_{пр} = T_s + 50^\circ\text{C}$), T_c – контактная температура, $^\circ\text{C}$. Как правило, контактная температура в эксперименте не превышала $1\text{-}3^\circ\text{C}$ от температуры окружающей среды.

Для аппроксимации экспериментальных данных КТ от скорости использовали формулу Savkoor A.R [монография Горячева стр. 35]:

$$\mu = A + \exp(B) \cdot \exp(C \cdot \{\lg(\alpha_T v) - D\}^2), \quad (2)$$

Зависимости коэффициента трения от скорости скольжения, полученные выше, полностью соответствуют модели (2), с учетом физико-механических характеристик, полученных с применением динамического механического анализа, о чём свидетельствуют полученные мастер кривые.

На представленных на Рисунок 4 «мастер-кривых» вдоль оси ординат располагаются значения скоростно-температурных характеристик изучаемых резин на основе каучуков СКИ-3 и СКС-30-АРКМ-15, а также их модификации с УНС. На положение максимума функциональной зависимости «мастер-кривой» влияют структурные характеристики базового эластомера и контактной поверхности.

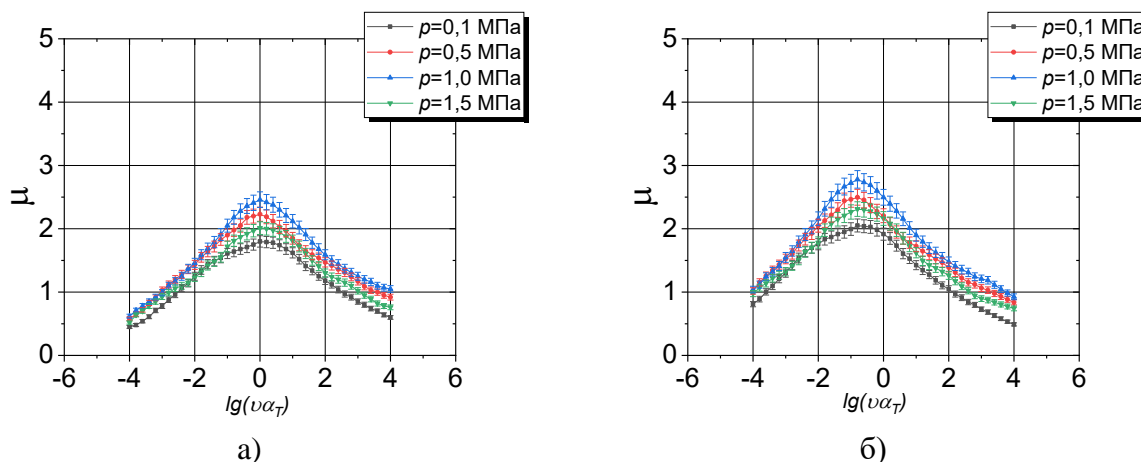


Рисунок 4 – Мастер-кривые скоростно-температурных характеристик резин на основе каучуков СКИ-3 и СКС-30-АРКМ-15: а – СКИ-3, б – СКИ-3/МУНТ(↑) в концентрации 0,5 мас. %, Температура 22°C .

Результаты тестов по определению фрикционного взаимодействия изучаемых объектов показали, что при скольжении образцов коэффициент трения зависит от параметра $\lg(u \cdot \alpha_T)$. С ростом твердости эластомера максимальное значение коэффициента трения смещается в сторону меньших скоростей.

Исследование влияния скорости и нагрузки на износ эластомерных композитов на основе СКИ-3/МУНТ(↓)

Для оценки влияния типа УНС, скорости качения и нормальной нагрузки на износ эластомерных материалов проведена серия испытаний по определению зависимости массового износа J_m . С целью приближения условий эксперимента к реальным нами выбран диапазон скоростей, соответствующий движению легкового автотранспорта в городе (скорость качения $u_k = 60 - 80$ км/ч). Путь трения L составил 100 км, температура в зоне контакта варьировалась от 22 до 65 °С. Испытывались два вида эластомеров: СКИ-3 и СКИ-3/МУНТ. Обобщенные данные приведены на Рисунке 5.

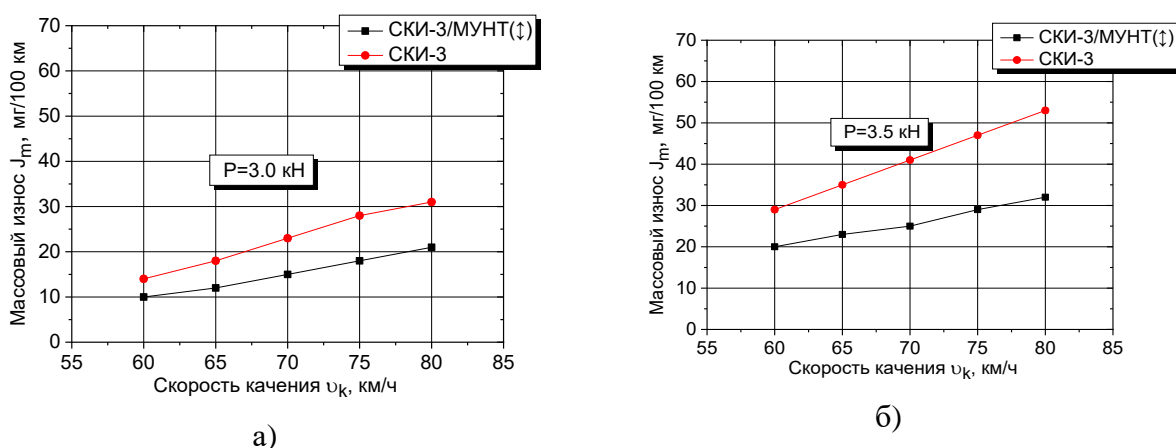


Рисунок 5 – Зависимость массового износа J_m от скорости качения u_k при постоянной нагрузке

Исходя из полученных результатов, следует, что характер зависимости массового износа от скорости качения при разных нагрузках не меняется в выбранном диапазоне скоростей. Однако отметим, что величина массового износа J_m при испытаниях со скоростью 80 км/ч и нагрузкой 3.5 кН для СКИ-3 и СКИ-3/МУНТ(↓) отличается почти в 2 раза. Это свидетельствует о повышении износостойкости эластомера за счет введения УНС структурного действия.

Заметим, что использование УНС в эластомерной матрице привело к изменению поля температур в зоне контакта, а также к общему снижению температуры эластомерного образца на 5-7 °С. Это явление можно объяснить высокой теплопроводностью УНТ. За счет их увеличения температуры происходит снижение температуры матрицы эластомера, т.е. увеличение прочности связей между цепными молекулами. Это подтверждено в работе и соответствует теоретическим представлениям физики упругости резин.

С целью выявления влияния массы автомобиля на величину износа проведены лабораторные испытания с варьированием нормальной нагрузки. Ее величина в ходе эксперимента изменялась от 3 до 3,5 кН. На основании полученных результатов строились гистограммы зависимости массового износа от величины нормальной нагрузки (Рисунок 6).

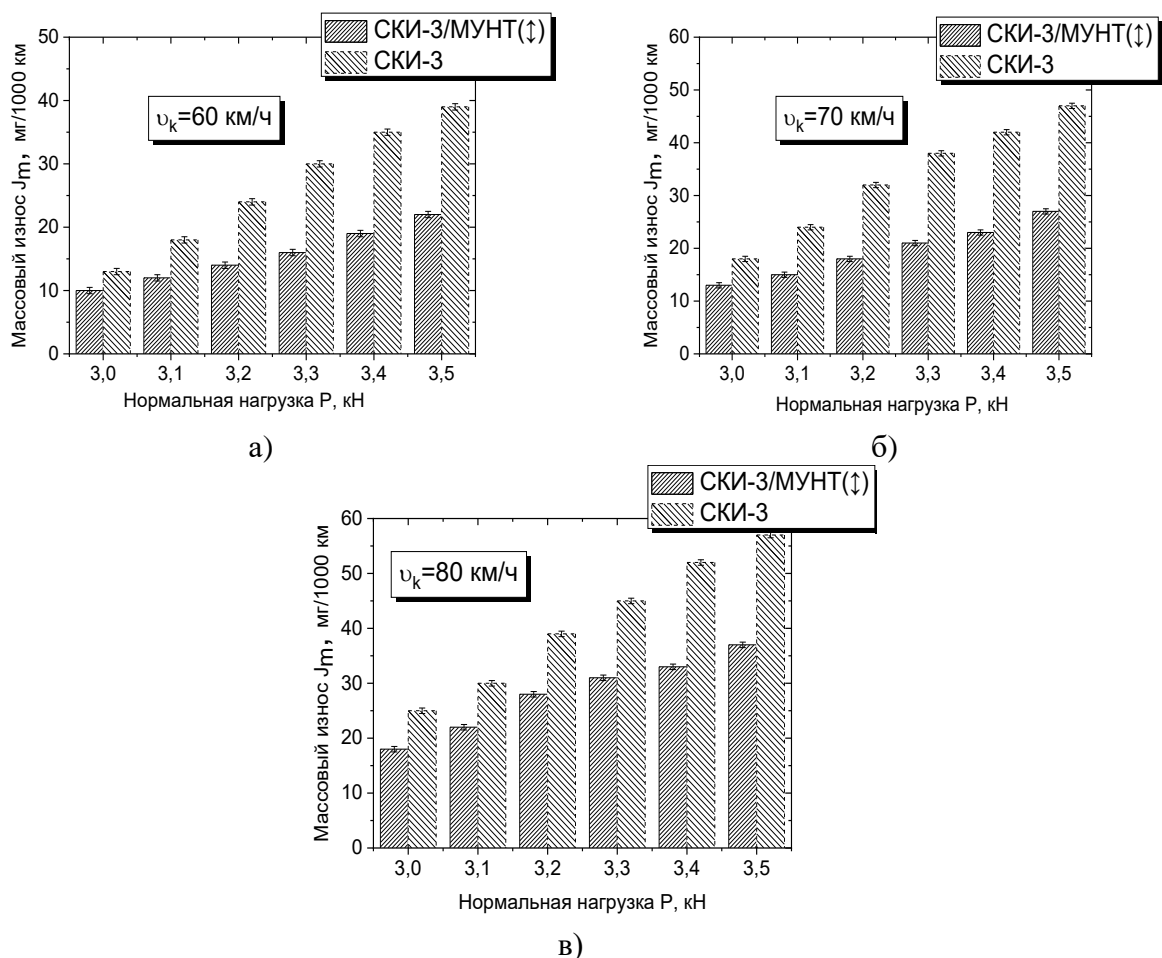


Рисунок 6 – Гистограммы зависимости массового износа J_m от величины нормальной нагрузки: а – скорость качения ($v_k = 60$ км/ч); б – скорость качения ($v_k = 70$ км/ч), в – скорость качения ($v_k = 80$ км/ч)

Следует отметить, что наличие УНТ в структуре эластомерных материалов приводит к снижению величины массового износа при всех прикладываемых статических нагрузках (в среднем на 40%). Наибольшее снижение износа SKI-3/MUNT(↓) по отношению к SKI-3 наблюдается при нормальной нагрузке $F_N = 3,5$ кН, скорости качения $v_k = 70$ км/ч, наименьшее – при $F_N = 3,0$ кН, скорости качения $v_k = 60$ км/ч. Такое поведение эластомерных материалов полностью соответствует модели износа Арчарда, согласно которой износ прямо пропорционален нормальной нагрузке и скорости проскальзывания. Увеличение значения массового износа J_m с увеличением нагрузки связано с повышением адгезии в контакте. Заметим, что результаты испытаний необходимо оценивать с учетом постоянства нагрузки. Это означает, что на величину износа в резинах автомобильных шин на основе каучука SKI-3 будет влиять внутреннее давление воздуха, а в исследованных образцах оно отсутствует. Также отметим, что проведенные эксперименты моделируют стационарное движение. В нашем случае отсутствуют: боковой увод, вызывающий увеличение касательных напряжений, температуры; ускорения, вызывающие проскальзывание; изменение рельефа контактной поверхности; смазочного материала и других факторов, влияющих на величину износа эластомеров, применяемых в производстве протекторной резины.

Для оценки противоизносных характеристик нами использована формула определения относительного износа (3):

$$J_m^{\text{отн}} = \frac{m^{\text{н}} - m^{\text{к}}}{m^{\text{н}}} \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $J_m^{\text{отн}}$ – относительный массовый износ при фиксированной нормальной нагрузке, %; $m^{\text{к}}$ – конечная масса образца при фиксированной нормальной нагрузке, мг/1000 км; $m^{\text{н}}$ – начальная масса образца при фиксированной нормальной нагрузке, мг/1000 км. Величина относительного износа была использована для оценки износостойкости наноструктурированных эластомерных материалов в заданном интервале скоростей и нормальных нагрузок. По полученным нами данным возрастание относительного износа для СКИ-3/МУНТ(↓) при фиксированной нагрузке носит нелинейный характер (Рисунок 7).

При увеличении скорости качения с 60 до 70 км/ч относительный массовый износ возрастает с 44 до 53 %, однако дальнейший рост скорости приводит к постепенному его снижению до 37 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что изменение состава эластомеров приводит к возрастанию износостойкости из области низких скоростей качения (60 – 70 км/ч) в область высоких скоростей (75 км/ч и более). Это означает, что использование СКИ-3/МУНТ(↓) позволяет увеличить ресурс протекторной резины и сократить затраты на приобретение нового комплекта пневматических шин. По результатам испытаний были выявлены ограничения, связанные с применяемыми трибометрами, которые удалось снять с помощью разработанного экспериментального оборудования, представленного далее.

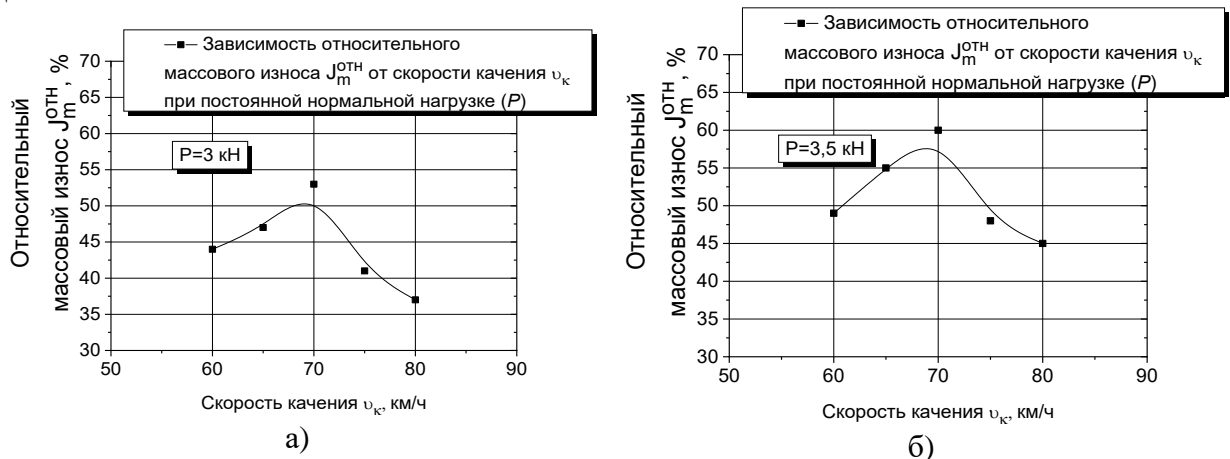


Рисунок 7 – Зависимость относительного массового износа $J_m^{\text{отн}}$ для СКИ-3/ МУНТ(↓) от скорости качения v_k при постоянной нормальной нагрузке P : а – 3 кН, б – 3,1 кН, в – 3,2 кН, г – 3,3 кН, д – 3,4 кН, е – 3,5 кН

Стендовые испытания резин на основе каучуков СКИ-3 и СКС-30-АРКМ-15 и резин на их основе, армированных аллотропами углерода

Разработка стенда для динамических испытаний выполнена совместно с коллегами из ФГБОУ ВО «Вятского государственного университета».

Стенд – это компактная машина, сконструированная таким образом, чтобы имитировать широкий диапазон условий эксплуатации для измерения истирания и трения. Машина состоит из ведомого диска, на который надевается резиновое испытательное колесо под заданной нормальной нагрузкой при определенном угле скольжения α . Регистрируются все три составляющие силы, действующие на колесо во время испытаний. На рисунке 8 показана схема измерительного блока стенда. Как боковая, так и сила трения являются прямыми выходными измерениями машины и позволяют оценивать и сравнивать различные резиновые смеси. По сути,

применяемое скольжение в стенде основано на угле скольжения. Следовательно, измеренное значение боковых усилий учитывается для характеристики резиновых смесей.

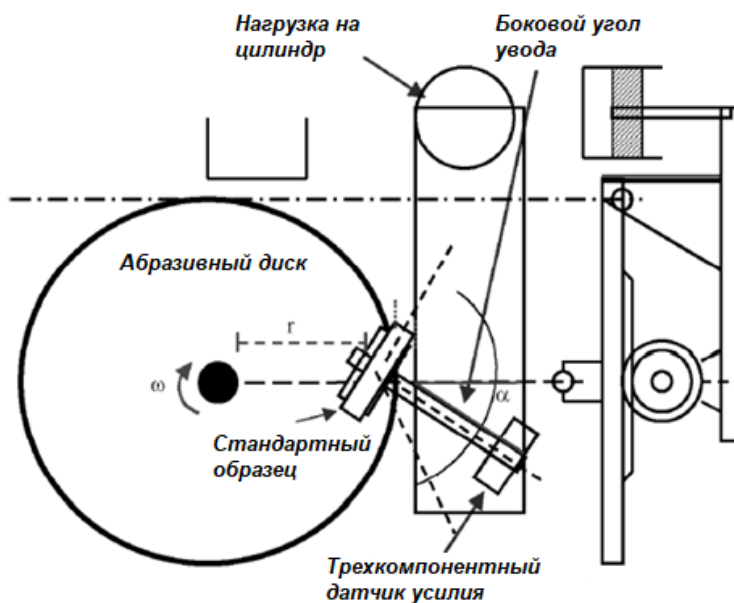


Рисунок 8 – Расположение испытательного оборудования

Условия испытания определяются заданной нагрузкой и скоростью скольжения при различной шероховатости поверхности. Скорость скольжения создается путем комбинирования скорости перемещения диска и угла скольжения. Боковые силы и силы трения генерируются скоростью скольжения и действующей нормальной силой. Рисунок 9 показаны различные скорости и равнодействующей сил пробил колесо на α скольжения угол; V_c окружной скорости, скорость поступательного движения V_t , V_s скорость скольжения, F_c противодействующей центробежная сила, F_s боковая сила, F_f сила трения.

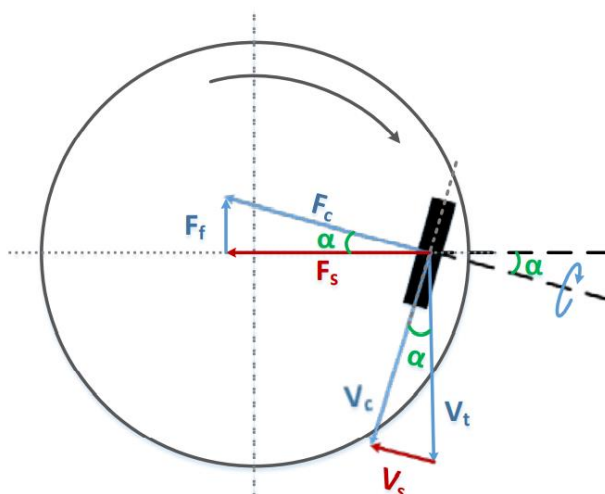


Рисунок 9 – Скорости колеса для образцов и результирующие силы

Кроме того, машине можно использовать для испытаний на трение со смазкой. Абразивную поверхность можно смачивать водой при различных температурах, а боковое усилие на скользящем круге измеряется в широком диапазоне температур. Было показано, что результаты измерения сцепления с мокрой дорогой, истирания и сопротивления качению с помощью стенда показывают хорошую корреляцию с результатами испытаний шин на реальной

дороге. Однако пока не получено удовлетворительных результатов по корреляции с реальными.

Хотя по прочности материалы соизмеримы, однако СКИ-3/МУНТ(↓) в концентрации 0,5 мас. % обладали высоким значением твердости. Это дает возможность говорить о стабильных условиях при изнашивании образцов, ортогонально истираемым выбранному преимущественному направлению МУНТ в эластомерной матрице. На Рисунке 10 представлены результаты определения зависимости интенсивности изнашивания от различных факторов.

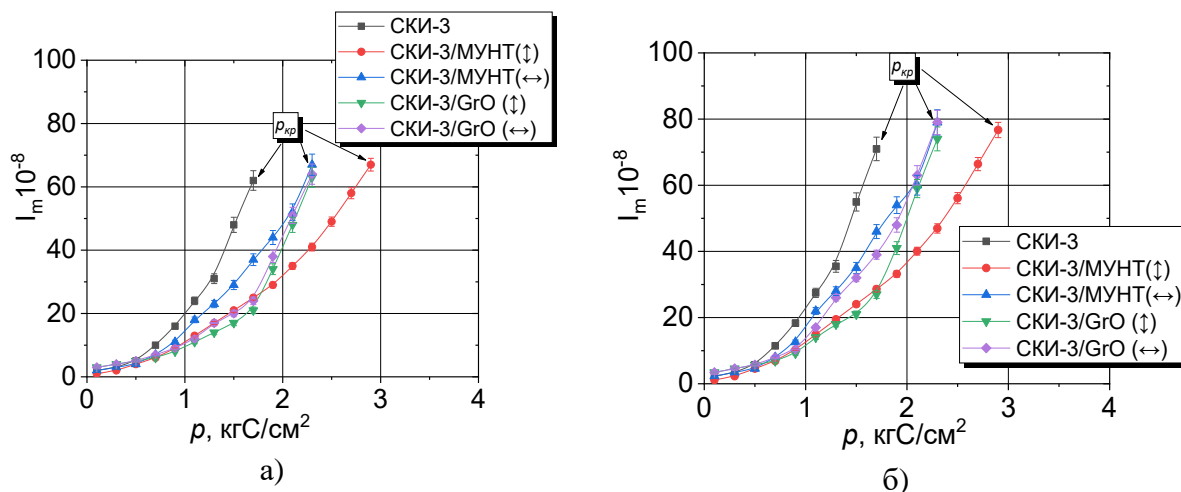


Рисунок 10 – Зависимость интенсивности изнашивания СКИ-3 от типа УНС, их ориентации и удельного давления при постоянной концентрации УНС 0,5 мас. %, температуре $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ и скорости скольжения: а – 0,5 м/с, б – 3 м/с

Задание параметров испытания эластомеров на износостойкость обуславливается их эксплуатационными характеристиками. Таким образом, корость скольжения варьировалась от 0,5 до 3 м/с, удельная нагрузка от 0,1 до 1,5 кгС/см², температура окружающей среды от 22 до 40 °С. Абразивный диск, выполненный из электрокорунда, имел твердость по Моосу 10 единиц. Средний размер зерен составлял 0,32 мм. Возобновляемость поверхности абразивного диска достигалась за счет применения металлических щеток, расположенных сразу за зоной трения образца. Удаление материала абразивной поверхности и продуктов износа эластомеров производилось с помощью шкафа-вытяжки. В тестовых испытаниях фиксировали силу трения, температуру поверхности эластомерного образца, а интенсивность изнашивания определяли путем пересчета массового износа.

Если проводить сравнение данных (Рисунок 4.10), можно отметить, что зависимость интенсивности изнашивания исследуемых эластомеров носит нелинейный характер и соответствует смешанному механизму изнашивания, где основным выступает абразивный. Величина износостойкости резины на основе каучука СКИ-3/МУНТ(↓) в диапазоне прикладываемых удельных давлений превышает величину СКИ-4 почти в 2 раза. Практическая значимость полученных данных указывает на то, что разработанный нами состав резины является перспективным материалом по отношению к имеющемуся прототипу. Стабильность и прочность связей внутренней структуры, армированной МУНТ, повышенная условная прочность СКИ-3/МУНТ(↓), являются основной причиной повышенной износостойкости. Исследование структуры продуктов изнашивания эластомера показало отсутствие структурных изменений эластомера вследствие механического воздействия на цепные молекулы. Отличительной особенностью СКИ-3/МУНТ(↓) является способность работать в жестких режимах эксплуатации. Кроме того,

отсутствие колебательных процессов в СКИ-3/МУНТ(↓) позволяет говорить о расширении нагрузочного диапазона использования вплоть до 2,9 кгС/см². Для СКИ-3 критическое значение составляло 1,7 кгС/см². Превышение этого значения приводило к развитию релаксационных процессов. Скоростной режим не повлиял на вид кривых интенсивности изнашивания.

Исследование взаимосвязи интенсивности изнашивания от концентрации МУНТ (Рисунок 11) показало, что ее повышение от 0,1 до 0,5 мас. % приводит к возрастанию нагрузочного диапазона. Дальнейшее увеличение концентрации (до 5 мас. %) привело к снижению величины критического значения удельного давления (почти до значения СКИ-3).

Полученные данные доказывают, что оптимальным значением концентрации МУНТ в СКИ-3 является 0,5 мас. %. Использование МУНТ в концентрации свыше 0,5 мас. % является бесперспективным, поскольку никакого улучшающего действия не происходит.

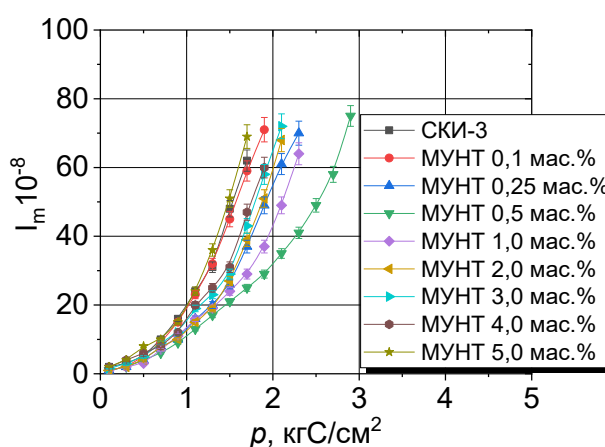


Рисунок 11 – Зависимость интенсивности изнашивания СКИ-3/МУНТ(↓) от удельного давления и концентрации МУНТ при постоянной скорости скольжения 0,5 м/с и температуре $T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$

Ввиду того, что резины, используемые в производстве пневматических шин, эксплуатируют как при низких, так и при высоких температурах, – нами были проведены дополнительные испытания по учету наблюдаемых от их действия эффектов. С этой целью было оценено влияние температуры смазочной среды (воды) на триботехнические характеристики изучаемых объектов. Результаты испытаний представлены на Рисунок 12.

Сравнивая данные эксперимента, заметим подобие поведения кривых зависимости интенсивности изнашивания от температуры вплоть до значения 65 °С. Величина износостойкости на этом диапазоне почти в 2 раза выше у СКИ-3/МУНТ(↓) в сравнении со СКИ-3. С ростом температуры воды интенсивность изнашивания стандартного образца начинает резко повышаться, что повлекло проявление рисунка Шалламаха. Это говорит о том, что механизм изнашивания усилился, что привело к скатыванию поверхности. Это явление связано с разрушением структуры эластомера и имеет механохимический характер. Причиной является нарушение смазочного процесса и агрессивное влияние нагретой воды. Поэтому СКИ-3 имеет высокую износостойкость лишь в малом температурном диапазоне.

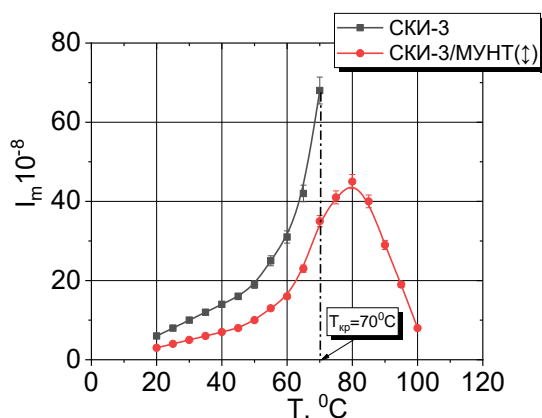


Рисунок 12 – Зависимость интенсивности изнашивания от температуры при фиксированных давлении $p=0,1 \text{ кгС/см}^2$, скорости скольжения $0,5 \text{ м/с}$ и концентрации МУНТ $0,5 \text{ мас. \%}$

Эластомерный материал SKI-3/МУНТ(↓) во всех температурных режимах проявлял высокую износостойкость (даже при кипении воды). Заметим, что после температуры 80 °C наблюдали снижение интенсивности изнашивания. Эта отличительная способность изучаемого эластомера выгодно выделяет его из изучаемых эластомеров, у которых такой эффект не выявлен. Изучение морфологии поверхности трения эластомера показало, что его внутренняя структура не была подвержена механохимической деструкции и осталась прочной. Температурные воздействия также не разрушили структуру эластомера.

Заключение

1. Анализ «мастер-кривых» показал, что пиковые значения коэффициента трения смещаются в сторону меньших скоростей с увеличением жесткости. При малых значениях скоростно-температурного параметра $lg(v \cdot \alpha_T)$ значение коэффициента трения растет при снижении номинального давления в контакте.
2. Показано, что характер зависимости массового износа от скорости качения при разных нагрузках не меняется в выбранном диапазоне скоростей. Величина массового износа J_m при испытаниях со скоростью 80 км/ч и нагрузкой $3,5 \text{ кН}$ для SKI-3 и SKI-3/МУНТ(↓) отличается в 2 раза.
3. Полученные зависимости интенсивности изнашивания исследуемых эластомеров имеют смешанный механизм изнашивания, где основным выступает абразивный. Получена оптимальная концентрация МУНТ, при которой достигался максимальный эффект ее действия.
4. Стендовые испытания образцов эластомерного материала SKI-3/МУНТ(↓) показали высокую износостойкость в диапазоне удельных давлений до $2,9 \text{ МПа}$. Кроме того, образцы из SKI-3/МУНТ(↓) во всех температурных режимах проявляли высокую износостойкость и не достигали критической температуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Williams, M.L., Landel, R.F. and Ferry, J.D. The Temperature Dependence of Relaxation Mechanisms in Amorphous Polymers and Other Glass-Forming Liquids // Journal of the American Chemical Society. 1955, 77, 3701-3707.
2. Grosch K. A. Ph.D. Thesis “Sliding Friction and Abrasion of Rubbers”, University of London. 1963.
3. Grosch K. A. The relation between the friction and visco-elastic properties of rubber // Proc. Royal Soc. 1963. Vol. A 274. pp. 21-39.

4. Шилов, М.А. Исследование износостойкости наноструктурированных эластомеров, используемых в пневматических шинах в качестве протекторов / М.А. Шилов, Л.Б. Маслов, П.В. Королев // Жидкие кристаллы и их практическое использование, 2018. – Т. 18. № 1. – С. 73-78.

5. Гент, А. Пневматическая шина [Пер. с англ.] / А. Гент, Дж. Уолтер – М. : НТИЦ «НИИШП», 2015. – 746 с.

6. Горячева, И.Г., Трение эластомеров. Моделирование и эксперимент / И.Г. Горячева, Ю.Ю. Маховская, А.В. Морозов, Ф.И. Степанов. — М.– Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2017. — 204 с.

P.V. Korolev¹, M.A. Shilov¹

¹Ivanovo State Energy University, Ivanovo, Ivanovo region, Russia, vedunking@mail.ru

FRICION CHARACTERISTICS OF ELASTOMER SAMPLES BASED ON SKI-3 AND SKS-30-ARKM-15

Annotation

This paper presents the results of friction and wear tests of elastomers based on SKI-3 and SKS-30-ARKM-15 rubbers and their modifications in a wide range of speeds, specific loads and temperatures. The results of bench tests are presented and the results obtained are analyzed. Dependencies of wear intensity depending on a number of parameters were obtained.

Keywords: friction characteristics, wear rate, friction, elastomer, composite.

УДК 621.3

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-235

А.П. Ващишина, С.П. Ващишин

Брянский государственный технический университет (БГТУ)

¹vashhi.anya@yandex.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ СКОРОСТИ ИЗНАШИВАНИЯ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ ПЛАСТИЧНОГО СМАЗОЧНОГО МАТЕРИАЛА И УСЛОВИЙ КОНТАКТИРОВАНИЯ ПАРЫ ТРЕНИЯ ГРЕБЕНЬ-РЕЛЬС

Аннотация

Проведены экспериментальные исследования на определение антифрикционных свойств пластичного смазочного материала. Определены такие важные характеристики, как вязкость и коэффициент трения. В работе установлены факторы, влияющие на скорость изнашивания гребня колеса локомотива. Предложена математическая модель скорости изнашивания гребня колеса-рельс, позволяющая оценить эксплуатационные свойства исследуемой пары трения. Проведен сравнительный анализ математической модели и экспериментальных исследований. Установлено, что использование приведенной модели позволяет оценить процесс скорости изнашивания.

Ключевые слова: Трение, смазочный материал, присадки, скорость изнашивания.