

РАЗРАБОТКА ЭЛАСТОМЕРНЫХ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ТЕХНИКИ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ СЕВЕРА⁵

М.Д. Соколова^{1,2}, Попов С.Н.¹, Давыдова М.Л.^{1,2}

¹*Институт проблем нефти и газа СО РАН, Россия*

²*Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Россия*

В работе представлены результаты совместных исследований Института проблем нефти и газа СО РАН и Северо-Восточного федерального университета в области создания триботехнических эластомерных нанокомпозитов для уплотнений техники Севера. Изделия из разработанных материалов внедрены на ведущих горнодобывающих предприятиях Республики Саха (Якутия).

Решению вопросов обеспечения надежности техники в северных условиях посвящено достаточно много научных публикаций [1]. В них подробно исследуются и рекомендуются пути повышения технических параметров металлических и полимерных материалов, их соединений, конструкций, двигателей и т.д. Однако проблемы создания морозостойких уплотнительных деталей специально в них не рассматриваются, несмотря на то, что они во многом лимитируют работоспособность и долговечность практически всех управляющих, питающих и силовых устройств современных машин, включая системы подачи топлива, гидравлического привода и смазки узлов трения. Это обусловлено тем, что уплотнения подвержены воздействию практически всех негативных климатических факторов. При понижении температуры заметно снижается эластичность уплотнительных материалов, при достижении определенных значений эластомеры переходят в стеклообразное состояние, при температурных перепадах происходит замерзание-оттаивание влаги в микротрещинах, конденсация влаги приводит к примерзанию уплотнений к герметизируемым деталям, солнечная радиация интенсифицирует процессы старения и т.д. Соответственно происходит следующее: снижение герметичности уплотнения, хрупкое разрушение уплотнителя, уменьшение прочности, разрушение (отрыв) уплотнительных кромок подвижных герметизаторов в момент страгивания, деструкция полимера и эластомера, снижение механических свойств.

Низкая морозостойкость эластомерных уплотнений обуславливает основную массу отказов уплотнений в зимнее время. Как один из наиболее эффективных методов модификации свойств резин выбран метод совмещения каучуков с пластиками.

Высокая материалоемкость резиновой промышленности (рецептуры резиновых смесей содержат от 5 до 15 и даже более ингредиентов) вызывает большие трудности при переходе на новые рецептуры. Поэтому модификация серийных резин предоставляет возможность даже мелким производителям при наличии модифицирующих добавок изготавливать РТИ с учетом конкретных условий их эксплуатации. Наиболее успешной можно считать модификацию серийно выпускаемой резины марки В-14 на основе СКН-18 небольшими количествами (до 20%) сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ) или фторопласта марки Ф4МБ, проведенной в Институте проблем нефти и газа СО РАН. Свойства этих резин представлены в табл. 1.

Учитывая сложность процессов, происходящих при понижении температуры, морозостойкость полимеров и композиций на их основе характеризуют с помощью нескольких показателей. При оценке морозостойкости резин в первую очередь учитывают условия и режим эксплуатации деталей: для шинных резин наиболее важно оценить морозостойкость при растяжении и влияние низких температур на динамические показатели, для уплотнительных резин - коэффициент морозостойкости по эластическому восстановлению после сжатия и т.д. Таким образом, можно прогнозировать поведение материалов при наиболее распространен-

⁵ Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках комплексного проекта № 2010-21801-001 по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения.

ных видах деформаций и нагрузок, которые реализуются при эксплуатации конкретных видов изделий. Однако при разработке новых морозостойких материалов необходимо более глубоко изучать поведение материалов при низких температурах.

Таблица 1

Свойства резин на основе смесей бутадиен-нитрильных каучуков с композициями термопластичных полимеров

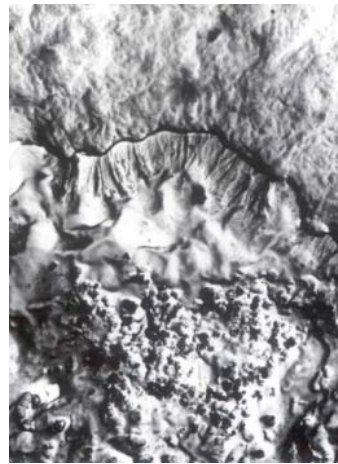
Показатели	В-14 исх.	В-14+ 10%СВМПЭ	В-14 +10% (СВМПЭ + β- сиалон +MoS ₂)	В-14 +10% (Ф4МБ+ +β-сиалон+MoS ₂)
Условная прочность при растяжении, МПа	13,9	13,9	13,8	13,0
Относительное удлинение при разрыве, %	230	173	208	190
Твердость по Шор А, усл. ед.	74	83	82	84
Коэффициент морозостойкости по эластическому восстановлению при -45 °С	0,171	0,208	0,233	0,241
Объемный износ при абразивном истирании, см ³	0,203	0,168	0,147	0,161
Степень набухания в масле АМГ-10 при 70 ⁰ в течение 72 ч	-4,38	-3,17	-2,87	-2,59

Из табл. 1 видно, что модифицированные термопластами резины, имеют повышенную морозостойкость, которую оценивали по эластическому восстановлению.

Исследование температуры стеклования проведено методами дифференциально-сканирующей калориметрии и термомеханического анализа. Анализ термограмм показывает, что при введении в резину СВМПЭ без добавок температура стеклования модифицированной резины практически не изменяется по сравнению с исходной (- 48 °С), в то время как введение композиции СВМПЭ с добавками приводит к снижению температуры стеклования композиции на 3...5 °С. Одной из наиболее вероятных причин снижения $T_{ст}$ может являться образование развитого переходного слоя между двумя несовместимыми полимерами, какими являются СКН и ПЭ [2]. Такой слой имеет разрыхленную структуру и, соответственно, в нем увеличивается сегментальная подвижность макромолекул. Электронно-микроскопические исследования модифицированных резин подтвердили наличие развитого переходного слоя при введении неорганических добавок в СВМПЭ (рис. 1).



а



б

Рис. 1. Микрофотографии (увеличение $\times 9000$) резины В-14, модифицированной:
а - СВМПЭ без добавок, б – СВМПЭ с добавками β -сиалона.

Уплотнения подвижных соединений чаще всего эксплуатируются в условиях смазки, поэтому особый интерес представляет изучение изменений низкотемпературных свойств при длительном воздействии среды. Исследования характера влияния среды гидравлического масла АМГ-10 на модифицированные резины при комнатной температуре (табл.1) показали, что в среде масла АМГ-10 происходит вымывание ингредиентов из резины (степень набухания отрицательна), с увеличением содержания СВМПЭ вымывание протекает с меньшей скоростью. Выдержка в агрессивной среде и последующее исследование морозостойких свойств исследуемых материалов показало, что резины, модифицированные СВМПЭ, имеют более высокий уровень морозостойкости после длительной (в течение 7 недель) выдержки в среде смазки.

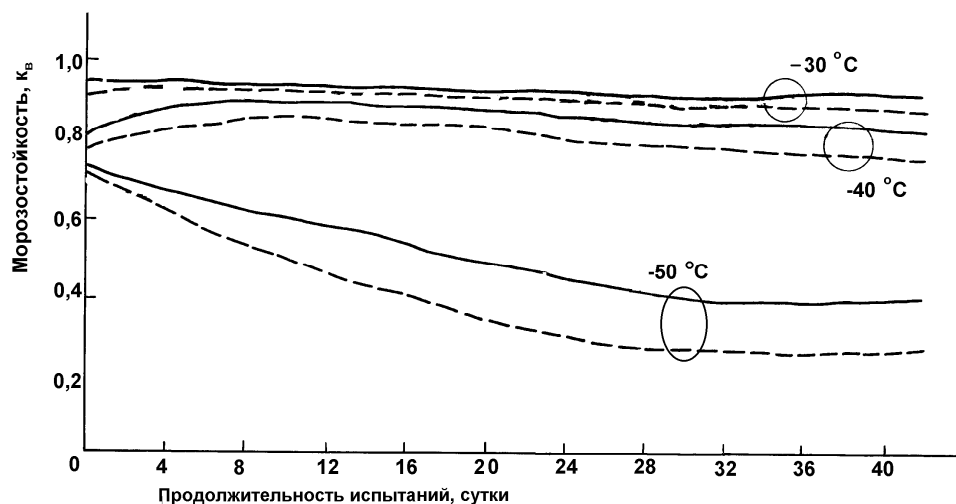


Рис. 2. Зависимость морозостойкости модифицированных резин от времени выдержки в среде масла АМГ-10: --- исходная резина В-14; — резина, модифицированная композицией СВМПЭ с добавками β -сиалона.

При разработке морозостойких уплотнительных материалов исследование адгезии при замерзания может служить одним из важных критериев оценки работоспособности уплотнений в условиях эксплуатации на Севере [3].

Исследования адгезии при примерзании резин с различным содержанием СВМПЭ к ме-

таллической поверхности (рис.3) показали, что адгезия при примерзании уменьшается с увеличением наполнения резины полиэтиленовой композицией, причем, чем ниже температура тем больше разница ее значений (при -45°C значение адгезии для модифицированной резины меньше по сравнению с исходной в 3 раза).

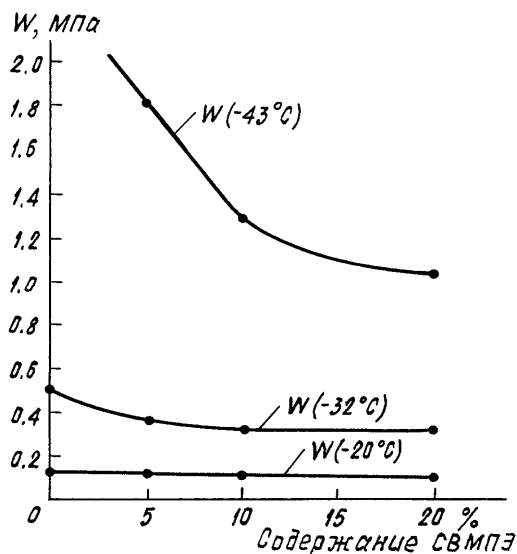


Рис. 3. Зависимость адгезии при примерзании модифицированных резин к металлической поверхности (W) от содержания композиции СВМПЭ с β -сиалоном и MoS_2 .

На рис. 4 представлены микрофотографии поверхностного слоя резин, полученные на сканирующем электронном микроскопе. Введение кристаллического полимера в каучуковую матрицу привело к обогащению поверхности образцов кристаллическим полимером СВМПЭ и появлению полиэтиленовой пленки толщиной порядка 70 мкм. Поскольку СВМПЭ обладает более высокими триботехническими и агрессивностойкими характеристиками, такая пленка выполняет защитную функцию. Таким образом, результаты исследований показали, что удалось совместить преимущества двух видов модификации - поверхностной и объемной. Улучшение поверхностных свойств изделий произошло за счет образования защитной полимерной пленки, которая обеспечивает высокий уровень триботехнических характеристик и агрессивностойкости модифицированных резин.

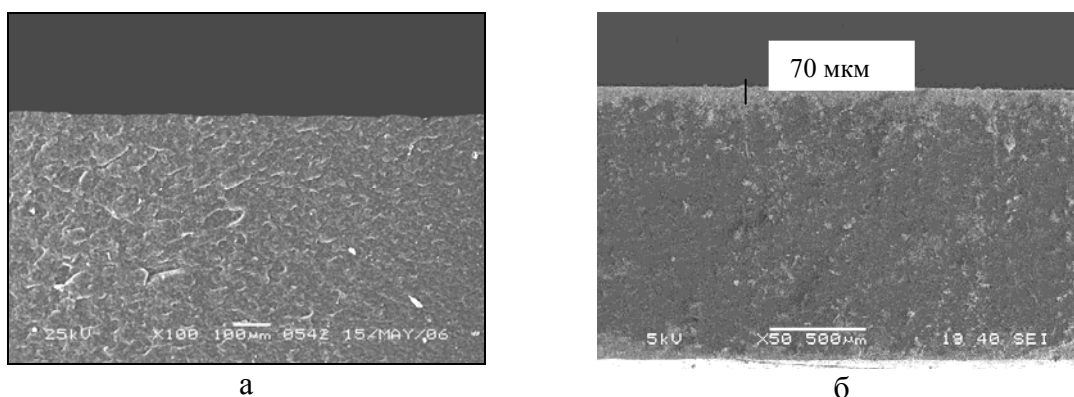


Рис. 4. Электронные микрофотографии поверхностных слоев образцов а- В-14; б-В-14+10%(СВМПЭ+2%шпинели магния). Увеличение $\times 100$ - а; $\times 50$ - б.

Стендовые и опытно-промышленные испытания уплотнений из модифицированной резины проведены в условиях зимней эксплуатации в РС(Я). Динамические испытания были проведены в объеме 9000 циклов возвратно-поступательного движения для каждого уплотнения. На рис. 5 представлены зависимости утечек от наработки для уплотнений “Бронзтефлон” (Германия) и “Честертон” (Англия) и уплотнения из модифицированной резины. Про-

веденные испытания различных по конструкции и применяемым материалам уплотнений силовых гидроцилиндров показали, что в условиях естественно-низких температур наибольшую герметичность обеспечивают уплотнения, выполненные из морозостойкого эластомерного материала, модифицированного композицией СВМПЭ с добавками β-сиалона и дисульфида молибдена.

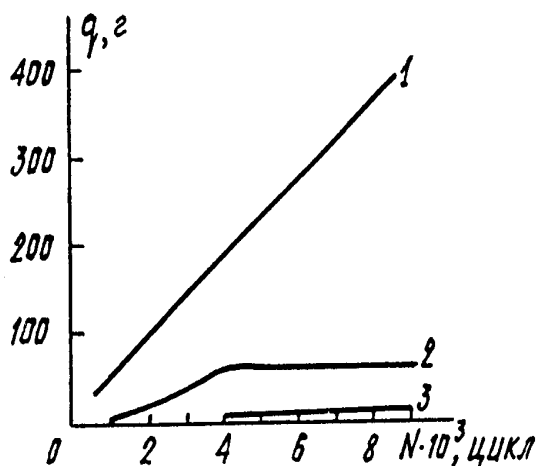


Рис. 5. Зависимость утечки от числа циклов возвратно-поступательного движения штока уплотнениями:
 1 - "Честертон 10000",
 2 - "Бронзтефлон",
 3 - Резина, модифицированная композицией СВМПЭ

Таким образом, расширенные испытания резины В-14, модифицированной термопластами показали, что введение СВМПЭ и Ф-4МБ в серийную резиновую смесь В-14, позволило получить резины с улучшенным комплексом низкотемпературных свойств. Опытно-промышленные испытания показали высокую герметизирующую способность разработанного материала. В настоящее время ООО «Нордэласт», созданный на базе опытно-промышленного участка ИПНГ СО РАН занимается производством и внедрением уплотнительных материалов на ведущие предприятия РС(Я).

Литература

1. Ишков А.М., Кузьминов М.А., Зудов Г.Ю. Теория и практика надежности техники в условиях Севера /Отв. ред. В.П. Ларионов. Якутск: ЯФ ГУ «Изд-во СО РАН». 2004. 313 с.
2. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров.- Москва:Химия.1991.-260 с.
3. Попов С.Н. Морозостойкие подвижные уплотнения для машин в северном исполнении: Автореф. Дис. ... докт. техн. наук. -Новосибирск, 1996. -32с.