

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Нанотехнологии, материаловедение и механика»

(наименование)

22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

(код и наименование направления подготовки)

Инжиниринг перспективных материалов и диагностика поведения
материалов в изделиях

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Исследование свойств эластомеров с целью подбора материала для
сальников узлов трансмиссии автомобиля»

Обучающийся

Н. С. Панкрашкина

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н., доцент кафедры А.В. Святкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Оглавление

Введение	4
Глава 1 Аналитический обзор	8
1.1 Суть проблемы.....	8
1.2 Анализ причин дефектов.....	9
1.3 Литературный обзор.....	11
1.3.1 Основные понятия, свойства и классификация полимеров	11
1.3.2 Каучуки и резины: свойства, состав и область применения	12
1.3.3 Аналитический обзор резин для сальников автомобилей	14
1.3.4 Обзор по акрилатным резинам.....	15
1.3.5 Обзор по гидрированным нитрильным резинам.....	19
1.3.6 Обзор фторрезином перекисной вулканизации	20
Глава 2 Требования, методы испытаний, оборудование.....	26
2.1 Технические требования для сальников КП	26
2.1.1 Описание работы узла	26
2.1.2 Технические условия к сальникам.....	27
2.1.3 Требования чертежа и конструкция	30
2.1.4 Требования к резинам.....	32
2.1.5 Требования к трансмиссионным маслам.....	34
2.1.6 Специальные требования к резинам АСМ и FKM.....	35
2.2 Методы испытаний и оборудование.....	39
2.2.1 Подготовка образцов для испытаний	40
2.2.2 Определение упругопрочностных свойств резин	41
2.2.3 Определение твердости	43
2.2.4 Определение стойкости к термическому старению.....	45
2.2.5 Определение стойкости к воздействию жидких сред.....	47
2.2.5.1 Испытание методом погружения.....	48
2.2.5.2 Испытание методом воздействия паров жидкости	51
2.2.6 Определение стойкости к старению при деформации сжатия	53
2.2.7 Испытание на износостойкость	55

2.2.8 Исследование состава методом ИК-спектроскопии.	58
2.3 Техника безопасности при работе с оборудованием	60
2.3.1 Техника безопасности при работе с гидравлическим прессом ...	60
2.3.2 Техника безопасности при работе на разрывной машине	61
2.3.3 Техника безопасности при работе с твердомером	62
2.3.4 Техника безопасности при работе с термошкафом	62
Глава 3 Проведение испытаний, результаты и выводы	64
3.1 Испытания марки резины на основе акрилатного каучука	64
3.2 Испытания марки резины на основе фторкаучука	69
Заключение	74
Список используемых источников.....	77
Приложение А	
Отчет испытаний сальника 2110-1701043 фирмы «Фройденберг».....	81

Введение

В настоящее время существует огромное разнообразие полимерных материалов. Одним из первых полимеров, созданным человеком на основе природных материалов (каучука), стала резина, имеющая разнообразную сферу применения. Большое значение для автомобилей имеют многочисленные резинотехнические изделия – это ремни, шланги, чехлы, уплотнители, колпачки, сальники и прочие, от качества которых зависит работа автомобиля. Надежность и долговечность автомобиля, комфорт и безопасность движения не могут быть обеспечены без применения полимерных материалов – пластмасс, резин, клеев, красок и др.

Особые требования предъявляются материалам, применяемым для изготовления изделий, обеспечивающих герметичность узлов, применяемых для уплотнения валов в статике и динамике, для разделения сред без потерь и без проникновения одной среды в другую. Такими деталями являются сальникам автомобилей.

В связи с часто встречающимся дефектом по «течи сальников» долгое время идет поиск новых материалов, усовершенствование конструкции для получения надежных, герметичных сальников с высокой стойкостью к воздействиям агрессивных сред и повышенных температур работы узла. Каждый сальник проходит длинный и сложный путь отработки конструкции, подбора пригодного полимера (резиновой смеси), стендовых и ходовых испытаний.

Для изготовления уплотнительных изделий подбирают резины, исходя из места установки детали, температуры эксплуатации и рабочей среды (смазки, масла, охлаждающая жидкость и др.). Для оценки качества резин на соответствие техническим требованиям проводят лабораторные испытания по механическим показателям и по стойкости к агрессивным средам при температуре работы узла, в котором установлено изделие. Если резина

окажется не соответствующей техническим требованиям, в дальнейшем деталь из неё может потерять работоспособность.

Актуальность проведения работы заключается в анализе и выявлении причин «течевых» дефектов сальников, подборе и разработке перспективного материала для сальников узлов трансмиссии автомобиля.

Объектом исследования является сальник 2110-1701043 первичного вала коробки передач для автомобиля LADA.

Предметом исследования является материал эластомерной части детали «сальник первичного вала коробки передач».

Цель работы – снизить количество дефектов «течь сальника» КПП за счет подбора перспективных резин, обладающих высокой тепло-, масло-, износостойкостью, удовлетворяющих требованиям технических условий и специальным разработанным требованиям PTR.

Решаемые задачи:

1. Проведение исследований причин возникновения дефекта: ФМЕА-анализ конструкции сальника КП. Определение свойств используемых эластомеров путем испытаний образцов резин, используемых для сальников узлов трансмиссии, сбор данных.

2. Разработка специальных требований PTR к резинам на основе акрилатного и фторкаучуков.

3. Подбор альтернативного материала (резины), проведение испытаний и решение о возможности применения в условиях серийного производства.

Научная новизна исследования заключается в разработке альтернативных материалов взамен используемых, с целью улучшения качества эластомеров и снижения дефектов сальников узлов трансмиссии.

Практическая значимость.

– Установлено, что сальники первичного вала коробки передач имеют самое большое количество дефектов «течь» в гарантийный период эксплуатации автомобиля.

– Установлено, что сальники КП производят два поставщика: ОАО «Балаковорезинотехника» (БРТ) из акрилатной марки резины 2801 на

основе каучука «Akron-740» и ЗАО «Резинотехника» (РТ) из марки К70-801 на основе хлорсульфированного полиэтилена. Сальники из этих материалов имеют высокий износ рабочей кромки и недостаточную теплостойкость и маслостойкость.

– Для улучшения качества новых материалов были разработаны и утверждены нормативные документы: PTR (Preliminary Technical Requirement – предварительные технические требования) для резин на основе акрилатных и фтористых каучуков, а также ТТ (технические требования) на марку резины для сальников КП производства ЗАО «Резинотехника».

– С целью набора данных и определения наиболее перспективного материала для изготовления сальников КП проведены испытания двух марок резин: 2801-522V на основе полиакрилатного каучука «Noxite PA-522V» фирмы «Unimatec», К70-406 на основе фторкаучука «Viton B651C» фирмы «Du Pont».

Результаты работы опубликованы в сборнике научно-практической конференции «Студенческие Дни науки в ТГУ - 2021»: Панкрашкина Н.С. Улучшенный материал сальников коробок передач полноприводных автомобилей LADA // сборник тезисов научно-практической конференции «Студенческие дни науки в ТГУ», Тольятти, 05 апреля – 30 апреля 2021 года: Изд-во ТГУ, 2021. С.582-585. По итогам конференции, в направлении «Машиностроение» работа заняла 1 место.

Этапы выполнения работы:

– Сформировать подробный анализ возможных причин дефекта «течь сальника первичного вала КП».

– Провести аналитический обзор по полимерам, эластомерам. Проанализировать особенности применения разных видов каучуков для изготовления резин, их сравнительные характеристики, свойства и область применения.

– Подобрать методы испытаний, оборудование для организации и проведения комплексных исследований.

- Разработать специальные технические требования к перспективным резинам сальников трансмиссии используя имеющиеся технические требования к деталям (сальникам) и работе узла в целом.
- Провести комплекс лабораторных испытаний резин на соответствие требований НД.
- Провести сравнительный анализ свойств резин для сальников КП серийного производства и перспективных марок.
- Провести стендовые и дорожные испытания опытных сальников КП из предложенных перспективных марок резин.
- Проанализировать полученные результаты и сделать выводы о целесообразности применения предложенных материалов.

Личный вклад автора:

Заключается в подготовке подробного FMEA-анализа по конструкции сальника КП, аналитического обзора по применению материалов, проведению лабораторных испытаний применяемых и альтернативных марок резин, разработке специальных технических требований к резинам для узлов трансмиссии, организации комплекса испытаний деталей (сальников КП) на стендах и автомобилях, участие в обсуждении результатов исследований с предприятиями-изготовителями, выдача заключений по исследованию перспективных марок материалов, участие в научно-практических конференциях АО «АВТОВАЗ» с работами по результатам проведенных исследований.

Структура и объём работы:

Магистерская диссертация представлена на 80 страницах, включает 25 рисунков и 9 таблиц, содержит 37 источников литературы и 1 приложение. В состав работы входит введение, три главы, заключение, список источников и одно приложение.

Глава 1 Аналитический обзор

1.1 Суть проблемы

На протяжении многих лет существуют серьезные проблемы «течевых» дефектов сальников автомобилей LADA, которые связаны с жестким температурным режимом, значительными оборотами вращения вала и интенсивными разно-переменными нагрузками.

Проанализировав уровень дефектности сальников автомобиля выявлено, что самый «ненадежный» оказался сальник первичного вала коробки передач 1701043. На рисунке 1 представлена диаграмма по распределению дефектов «течь» сальников автомобиля LADA. В диаграмму вошли сальники с обозначением: 1701043 – сальник первичного вала коробки передач (КП), 2301034 – сальник правой полуоси, 2301035 – сальник левой полуоси, 2402052 – сальник редуктора заднего моста (ЗМ), 1701210 – сальник вторичного вала коробки передач, 1005160 – сальник задний коленвала, 1005034 – сальник передний коленвала, 2302052 – сальник ведущей шестерни переднего моста (ПМ).

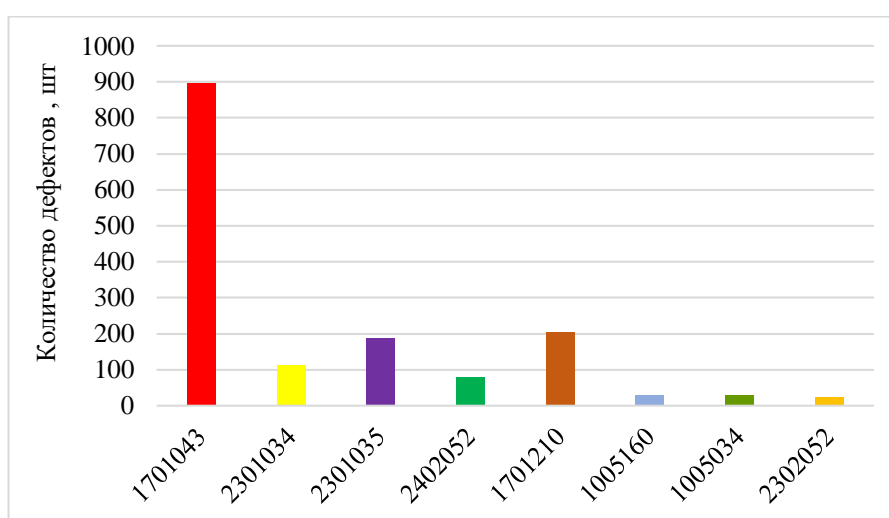


Рисунок 1 – Диаграмма количества дефектов сальников автомобиля LADA

На рисунке 2 представлена диаграмма по затратам на устранение дефекта «течь сальника» в гарантийный период эксплуатации по данным за 2020 год.

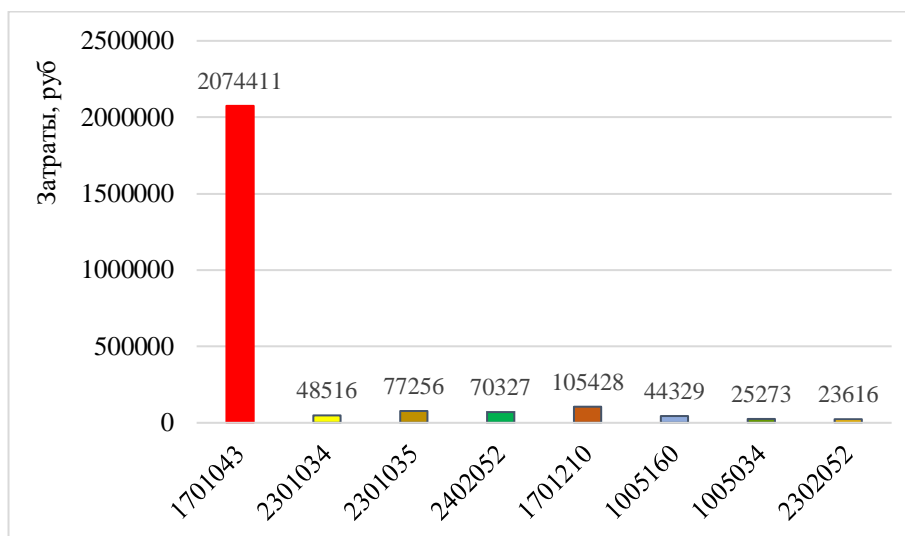


Рисунок 2 – Диаграмма затрат в гарантийный период эксплуатации автомобиля LADA

1.2 Анализ причин дефектов

Факторов, влияющих на надежность сальника очень много: начиная с самого вала и со способа его обработки, заканчивая воздействием рабочей среды на сальник и материалом, из которого он изготовлен.

Для решения данных проблем создаются рабочие группы по устранению ТОП-дефектов в гарантийный период эксплуатации, определяются вероятные причины дефектов и рассматриваются варианты по их устранению: начиная с оценки поставщика, заканчивая заменой материала.

Целью данной работы является снижение затрат на сальники КП за счет улучшения качества изделия путем замены материала.

Для определения причин, влияющих на неработоспособность сальника, рассмотрен подробный анализ потенциальных отклонений и их последствий – FMEA-анализ. На рисунке 3 показана разработанная «Диаграмма Исикава».

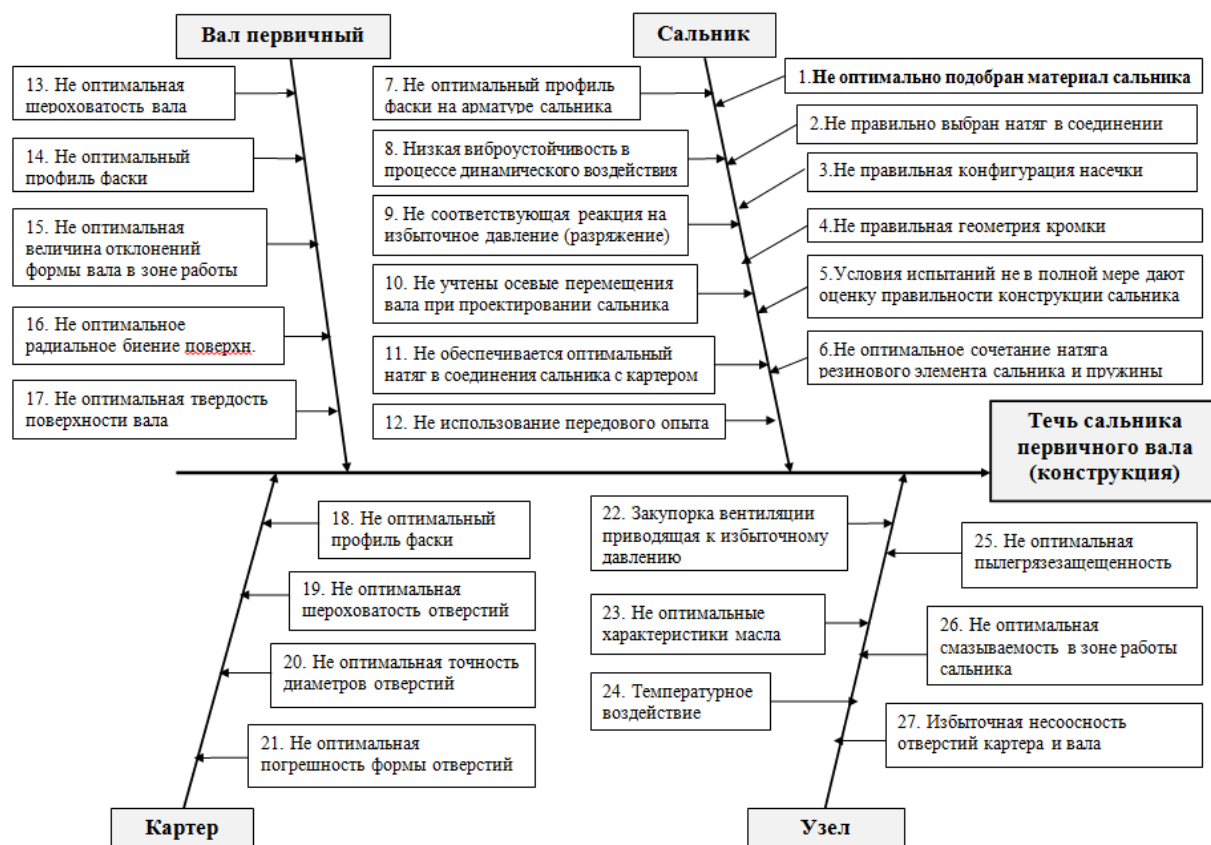


Рисунок 3 – «Диagramма Исикава» по конструкции сальника КП

Здесь рассмотрены возможные причины дефектов: как со стороны самой детали – сальника, так и со стороны узла, вала, картера. Анализ сальника показывает ряд возможных причин дефекта «течь сальника». Одной из возможных причин может являться не оптимально подобранный материал уплотняющего элемента сальника.

Как правило, основные внешне видовые дефекты, снятых по гарантии сальников, представлены в виде широкой полосы износа рабочей кромки, затвердевания резинового элемента сальника, что говорит о недостаточной стабильности свойств материала эластомерной части сальника.

1.3 Литературный обзор

1.3.1 Основные понятия, свойства и классификация полимеров

Полимеры – это вещества, которые имеют высокую молекулярную массу и совершенно различные свойства, заключающиеся в химическом составе звеньев, отличием связей между молекулами, их степени разветвленности и пространственной конфигурации, а также способами производства полимера.

Имея разные свойства, природу происхождения и способы образования, полимеры классифицируются, например, по составу молекул они делятся на группы:

- «органические: полиэтилен, поливинилхлорид, полипропилен, вискоза, нейлон, природный полимер – белок, нуклеиновые кислоты; в их состав входят биогенные элементы: атомы углерода, водорода, серы, кислорода, фосфора, азота» [2];

- «элементорганические: органическое стекло, стекло полимеры, композиционные материалы; полимеры, в составе которых входит какой-то посторонний неорганический и не биогенный элемент (в основном кремний, алюминий или титан)» [2];

- «неорганические: силикон, киноварь, где в основе цепи лежат атомы кремния, а не углерода» [2].

По происхождению полимеры делятся:

- «природные полимеры: шелк, шерсть, белок, нуклеиновые кислоты, крахмал, целлюлоза, кожа, хлопок и прочие. Это такие макромолекулы, для создания которых человек не прилагал никаких усилий. Они являются продуктами реакций самой природы» [30];

- «искусственные: искусственный каучук, резина – это такие макромолекулы, которые создаются человеком, но на основе природных аналогов, т.е. улучшаются и изменяются свойства уже имеющегося природного полимера» [31];

– «синтетические: полиэтилен, полипропилен, вискоза, ацетатное волокно и прочее. В создании таких полимеров участвует только человек, разрабатывая методы синтеза новых материалов, которые отличались бы улучшенными техническими характеристиками, получая при этом синтетические полимерные соединения разного рода» [31].

«Физические свойства полимерных материалов показывают их два агрегатных состояния: аморфное и кристаллическое. Полимер, который существует в аморфном состоянии, может быть как вязкой жидкостью, так и стеклообразным веществом или высокоэластичным соединением (каучуком)» [13]. Химические свойства полимеров позволяют создавать термостойкие, кислотостойкие и щелочестойкие материалы с достаточной эластичностью и стабильностью.

1.3.2 Каучуки и резины: свойства, состав и область применения

Каучук, входящий в состав резиновой смеси, может быть получен как натуральным, так и синтетическим способом. Природным полимером является латекс, который образуется из сока тропических деревьев. Синтетический полимер получают с помощью полимеризации стирола, бутадиена, изобутилена, неопрена, хлоропрена и нитрила акриловой кислоты.

По области применения синтетические каучуки делятся на каучуки общего и каучуки специального назначения. Каучуки общего назначения имеют значительные технические свойства, необходимые для изготовления различных изделий, здесь важную роль играют показатели прочности, удлинения. Каучуки специального назначения выбирают для обеспечения специальных требований к эксплуатации изделий в экстремальных условиях работы [3].

Резину получают вулканизацией смеси, в состав которой входят:

Основной ингредиент – каучук.

Вулканизирующая группа: вулканизирующим агентом являются сера и кремниевая кислота, которые связывают атомы полимерного компонента, образуя пространственную сетку (в результате «сырая гибкая основа

становится эластичной и прочной резиной); активаторами вулканизации являются оксид цинка и стеариновые кислоты, которые провоцируют возникновение, а затем контролируют сам процесс вулканизации под воздействием давления или высокой температуры (то есть направляют химическую реакцию с резиной в сторону получения необходимых молекулярных связей в полимере» [11]); ускорители увеличивают скорость реакции, процесс объединения атомов и затвердевания сетки.

Наполнители: усиливающие (технический углерод) используются для обеспечения высоких физико-механических свойств, износостойкость и твердость готового изделия; полуусиливающие (твердая глина) и неусиливающие (карбонат кальция) применяются для удешевления резиновой смеси.

Добавки:

- пластификаторы: группа компонентов повышает текучесть композиции при ее обработке в оборудовании; такие вещества улучшают дисперсность наполнителя и снижают степень вязкости смеси, что облегчает процесс изготовления изделий и обеспечивает необходимые свойства (например: морозостойкость);
- мягчители (масла, смолы): важные компоненты, которые входят в рецепт в небольшом объеме и являются вспомогательными материалами, помогающим в формовании изделий, обеспечивают необходимую степень жесткости будущих изделий, определяя износостойкость изделий, повышают эластичность при пониженных температурах;
- противостарители (антиокислители, стабилизаторы): используют в рецептуре с целью минимизации последствий использования продуктов на открытом пространстве, замедления процессов старения резины;
- адгезионные добавки: ингредиенты, которые обеспечивают склеивание резиновой смеси в течение некоторого периода времени;

- специальные добавки, улучшающие обрабатываемость смеси;
- внутренние смазочные материалы, смешивающиеся чтобы предотвратить его прилипание материала к поверхностям оборудования во время обработки и уменьшить накопление тепловой энергии;
- защитные вещества – антиоксиданты, которые способны замедлять ухудшение свойств материала, обусловленное реакцией с кислородом воздуха, озоном;
- красители – дисперсионные добавки, которые ликвидируют загрязнение сухих пигментов, обеспечивают однородность окраса, снижают затраты на изготовление и могут улучшать качество резин;
- вспенивающие реагенты и связующие агенты.

«Подбором соответствующих каучуков, рецептуры резиновой смеси и условий вулканизации создают материалы, обладающие определенными свойствами, позволяющими получать изделия с необходимыми эксплуатационными свойствами, устойчиво сохраняющие их долгое время и обеспечивающие функциональное назначение деталей и работоспособность узлов и агрегатов» [18].

Физико-механические свойства конкретного РТИ в первую очередь зависят от выбранных изготовителем типа базового каучука и остальных ингредиентов, во вторую – от технологического процесса изготовления.

1.3.3 Аналитический обзор резин для сальников автомобилей

Сальник — это деталь двигателя, КПП и других агрегатов автомобиля, используемая для герметизации зазоров между неподвижными и подвижными элементами, предотвращая протечку масла и других технических жидкостей.

Сальники автомобиля должны обладать высокими прочностными характеристиками, повышенной износостойкостью, термостойкостью, маслостойкостью, морозостойкостью и при этом иметь хорошую эластичность.

Изготавливаются сальники из термостойких материалов и подбираются они исходя из места установки сальника, температуры работы узла и используемой рабочей среды.

Для изготовления манжет могут быть использованы резины на основе следующих каучуков:

- АСМ – акрилатный каучук,
- NBR – нитрильный каучук,
- HNBR – гидрированный нитрильный каучук
- ЕСО – эпихлоргидриновый каучук,
- VMQ – фторсиликоновый каучук,
- FKM – фторкаучук.

Подробнее рассмотрим основные типы резин, используемые для изготовления сальников автомобилей.

1.3.4 Обзор по акрилатным резинам

Базовой основой акрилатных резин являются каучуки АСМ.

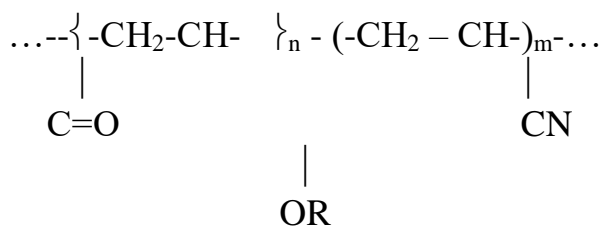
«Акрилатные каучуки получают путем эмульсионной сополимеризацией эфиров акриловой кислоты с непредельными соединениями – 2-хлорэтилвиниловым эфиром или нитрилом акриловой кислоты» [16].

«Исходными мономерами являются: бутилакрилат, этилакрилат, нитрил акриловой кислоты, 2-хлорэтилвиниловый эфир и 2-цианэтоксипропилакрилат» [16].

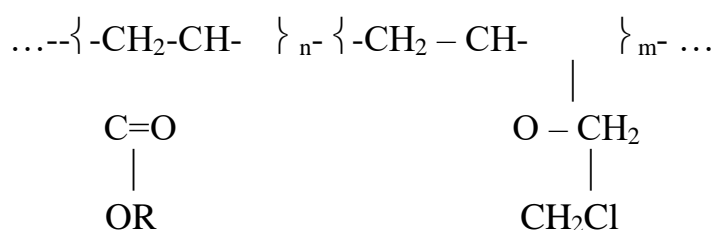
Молекулы акриловых каучуков имеют линейное строение с боковыми сложноэфирными группами.

Химическая структура сополимеров акрилатов [23]:

- с нитрилом акриловой кислоты:



– с 2-хлорэтилвиниловый эфиром:



«Введение в боковую цепь акрилата простого эфирного кислорода или серы приводит к повышению полярности полимеров. При этом не происходит потери морозостойкости, так как введение в боковую цепь гетероатомов с меньшим потенциальным барьером вращения, способствует нарушению гексагональной структуры боковых цепей и повышает их подвижность. В практике получения акрилатных каучуков часто используют этоксиэтилакрилат как сомономер при синтезе масло-бензостойких полимеров с повышенной морозостойкостью» [23].

Для повышения реакционной способности и полярности акрилатных полимеров в состав смеси мономеров могут быть введены галогеносодержащие производные виниловых мономеров, производные виоловых мономеров с эпокси группой, мономеры, содержащие гидроксильные, карбоксильные и другие группы.

«Первые акрилатные каучуки (например, сополимеры бутилакрилата с нитрилом акриловой кислоты) вулканизовались при 150-180°C с триэтиленetetрамином (ТЭТА) с серой, трименовым основанием с серосодержащими ускорителями. Резины на их основе отличались высокой теплостойкостью в напряженном состоянии и требовали применения антиоксидантов. При изготовлении резиновых смесей с указанными выше аминами резко возрастала прилипаемость к валкам. Смесей были не стабильны – теряли способность к вулканизации после 2-3-х суток хранения при комнатной температуре. Наблюдалась коррозия пресс-форм» [16].

«Введенные в полимер мономеры с повышенной реакционной способностью позволили перейти от аминной вулканизации к использованию мыл жирных кислот с серой или бензоат или адипата аммония с окисью магния или додецилбромидом. Такие смеси могут храниться на складе практически без ограничения, устраняется липкость при изготовлении смесей, уменьшается коррозия при вулканизации. Теплостойкость и прочность при растяжении резин при выбранной системе вулканизации и данном составе основных мономеров заметно зависят от характера введенного в сополимер реакционноспособного мономера» [23].

«К наиболее распространенным типам относятся сополимеры бутилакрилата с нитрилом акриловой кислоты, этилакрилата с нитрилом акриловой кислоты, этилакрилата с хлорэтилвиниловым эфиром. В последнее время все большее значение приобретают акрилатные каучуки, в состав которых введен третий мономер, характеризующийся повышенной реакционной способностью, например, мономер содержащий эпокси группы или легко отщепляющийся хлор» [23].

Вулканизация АСМ, содержащих эпоксидную смолу, происходит при помощи аминов и представляет собой простой способ обработки, однако скорость отверждения при этом очень низка. В случае, если необходимы высокие скорости отверждения, используются АСМ содержащие хлор. Эти эластомеры, вулканизация которых может быть осуществлена при помощи мыла/серы или триазины, отличаются превосходной термостойкостью и показателями остаточной деформации при сжатии. В случае традиционных АСМ участки отверждения и отвердители, не вступившие в реакцию, остаются в вулканизате, что снижает стойкость к высоким температурам.

Для обеспечения быстрого процесса вулканизации исследованы мономеры местного отверждения, содержащие карбоксильную функциональную группу. АСМ быстрого отверждения сочетают в себе свойства двух видов мономеров местного отверждения, содержащих карбоксильную группу и хлор. Вулканизация указанных АСМ осуществляется

при помощи четвертичной соли аммония (ОВ)/стеарата натрия или производного соединения ДММ (диурона)/стерата натрия. Последний метод позволяет осуществить, более мягкую вулканизацию.

В настоящее время развиваются современные технологии автомобильной промышленности, например, системы, не требующие технического обслуживания и системы двигателей с длительным сроком эксплуатации. В этой связи, требования к эластомерам становятся все более жесткими. В ответ на эти требования разработаны АСМ с высокими рабочими характеристиками, содержащие карбоксил. Вулканизация указанных АСМ происходит при помощи диаминов/производных соединений гуанидина (DOTG) и отличаются они превосходными показателями по термостойкости и остаточной деформации.

Основными производителями акрилатных каучуков являются:

- ф. «Tope Corp.», Япония – торговая марка каучуков «Acron AR»;
- ф. «Nippon Zeon», Япония – «Nipol AR»;
- ф. «Unimatec», Япония – «Noxtite»;
- ф. «Zeon Chemical», Япония – «HyTemp»;
- ф. «Denkikagaku», Япония – «Denka ER»;
- ф. «DuPont», США – «Vamac».

«Акриловые каучуки (АСМ) не содержат двойных связей в основной цепи и поэтому характеризуются повышенной тепло-, кислородо-, озоностойкостью и стойкостью к атмосферным воздействиям. Наличие полярных групп обеспечивает вулканизатам повышенную бензо- и маслостойкость. Ценной особенностью акрилатных каучуков является стойкость резин на их основе в серусодержащих маслах при высоких температурах и трансмиссионных жидкостях» [16].

Именно по этим причинам АСМ нашли широкое применение в промышленности в качестве материалов для уплотнения вращающихся валов.

1.3.5 Обзор по гидрированным нитрильным резинам

Гидрирование нитрильного каучука осуществляется при каталитическом процессе присоединения атомов водорода по двойным связям макромолекул бутадиен-нитрильных каучуков. Проводится в растворе углеводорода в присутствии растворимых катализаторов Циглера (гомогенное гидрирование) или платиновых, палладиевых и никелевых катализаторов на различных минеральных носителях (гетерогенное гидрирование).

Высоконасыщенные гидрированные бутадиен-нитрильные каучуки (ВНГБНК) по теплостойкости близки к акрилатным каучукам и занимают среднее положение между бутадиен-нитрильным (NBR) и фторкаучуками (FKM). Температурный интервал работоспособности изделий из них составляет от минус 50°C до плюс 160°C [30].

«По сравнению с фторкаучуками гидрированные каучуки более стойки к аминам, спирто- и серосодержащим топливам и маслам, упруго-прочностные показатели в 1,5-2,0 раза выше, чем у резин на основе фторкаучука. Кроме того, резины на основе ВНГБНК по сравнению с резиновыми смесями на основе фторкаучука более технологичны, не требуют специфических вулканизирующих агентов, ускорителей вулканизации» [29].

В связи с применением более современных масел с различными агрессивными присадками, а также изменения температур в узлах и агрегатах автомобилей ужесточили требования к РТИ, возросла потребность в эластомерах со специальным комплексом свойств: сбалансировать топливно-масло-термостойкость в сочетании с озоностойкостью и морозостойкостью резины.

Эластомеры на основе ВНГБНК обладают следующими свойствами:

- хорошие физико-механические показатели, в том числе при повышенной температуре (до +150°C) в среде синтетических масел и воздуха;
- достаточная износостойкость при нормальной и повышенной температурах;
- высокая стойкость к озону и атмосферным воздействиям;

- хорошая стойкость к маслам, содержащим агрессивные присадки;
- высокая стойкость к сероводороду (не более 20%);
- высокая кетонная стойкость.

Благодаря этим свойствам ВНГБНК являются перспективными эластомерами, применяющимися в различных областях, например, нефтедобыча и транспортировка нефти, автомобилестроение, машиностроение, авиастроение, энергетика, строительная промышленность, - везде, где РТИ работают в экстремальных условиях.

Основными производителями гидрированного нитрильного каучука являются:

- ф. Zeon, Япония – торговая марка «Zetpol»,
- ф. Байер, Германия – торговая марка «Terban».

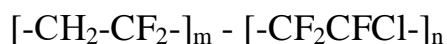
В России серийное производство гидрированного нитрильного каучука отсутствует. Опытно-промышленное производство было в ВНИИСКе, г.Воронеж.

В работе [20] приведен пример применения гидрированного нитрильного каучука для изготовления масляного уплотнения, работающего в двигателе.

1.3.6 Обзор фторрезином перекисной вулканизации

В промышленности в основном производятся и применяются каучуки сополимеры винилиденфторида (ВФ) и тетрафторэтилена (ТФЭ) или гексафторпропилена (ГФП). Существует большое количество типов и марок, производимых различными фирмами и несколько различающихся по мономерному составу.

Самыми распространенными являются каучуки, представляющие собой сополимеры ВФ и ТФХЭ:



Выпускаются промышленностью с 1955г., в основном это каучуки: фирмы «3М», США (Флуорелы) и СКФ-32, г. Кирово-Чепецк, Россия; содержание ВФ в них достигается 50-70% и связанного фтора 54-56%.

Также каучуки, представляющие собой сополимеры ВФ и ГФП (гексафторпропилен):



Выпускаются промышленностью с 1957г под названиями «Viton А», фирмы «Du Pont», США, Флуорелы фирмы «3М», США, «Technoflon», Италия, СКФ-26, г. Кирово-Чепецк, Россия; они содержат 60-80 % ВФ и около 65 % связанного фтора.

Существуют каучуки, представляющие собой терполимеры ВФ-ГФП-ТФЭ:



Выпускают с 1959г. и имеют повышенную стойкость к агрессивным средам из-за большого (до 67%) содержания связанного фтора; такие каучуки выпускаются в США, например: «Флуорел FT» и «Viton В», Италия (отдельные марки Технофлона – TN, TN50, TH) и в России – это СКФ-260.

Для вулканизации каучуков используются амины, фенолы и пероксиды.

Если рассмотреть возможность использования резин на основе фторкаучука пероксидной вулканизации для изготовления сальников трансмиссии, то наиболее перспективной является пероксидная вулканизация фторкаучуков с мономерными звеньями перфторолефинов с атомами брома, йода или мономерными звеньями олефинов – пропилена, этилена и др.

В работе [24] указано, что технически доступным путем придания фторкаучукам вулканизоваться перекисями является введение в эти эластомеры при их синтезе мономерных звеньев, содержащих атомы брома или йода. В качестве функциональных групп для эффективной вулканизации вводятся в цепь соагенты вулканизации. В качестве лучшего соагента пероксидной вулканизации является триаллилизотиоцианурат (ТАИЦ).

Наиболее эффективным пероксидом для вулканизации фторэластомеров является 2,5-диметил-2,5-бис (трет-бутилперокси) гексан.

Для пероксидной вулканизации предназначены специальные фторкаучуки, содержащие небольшое количество атомов брома или йода. Фирма «ЗМ» выпустила фторкаучук флуорел 2690 – терполимер ТФЭ с ВФ и ГФП, содержащий звенья специального мономера для вулканизации. Его вулканизируют комбинацией 2,5 масс. частей 2,5-дитре-бутилперокси-2,5-диметилгксана и 2,5 масс. частей ТАИЦ. Более известным является продукт «Viton GLT» фирмы «Du Pont». В отечественной промышленности разработаны в начале 70-х годов для повышения морозостойкости фторкаучуков на основе ВФ и ГФП (ТФЭ). Они выпускаются под названием СКФ-260, г. Кирово-Чепецк, Россия.

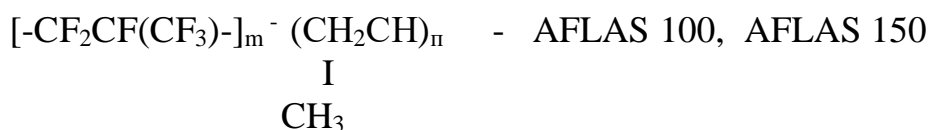
Вулканизация проводится в две стадии: формование в прессе и термостатирование на воздухе. Для фторов пероксидной вулканизации с целью получения оптимальных свойств по комплексу свойств резин рекомендуется температура прессования 177°C или выше [28]. Вулканизация в термостате должна проводиться при 232°C или 260°C в течение 24 час. Получаемые в этих условиях резины обладают оптимальным комплексом свойств.

Дозировка пероксида и ТАИЦ, используемые для вулканизации фторкаучуков, содержащих атомы брома: зависят от состава конкретной смеси и содержания брома в каучуке. Содержание пероксида и ТАИЦ всегда находится в пределах 1-2 и 2-4 масс. частей.

«Пероксидная вулканизация дает возможность получать резиновые изделия с хорошими свойствами и малыми изменениями размеров (усадкой) при вулканизации. Пероксидные вулканизаты по сравнению с аминными и бисфенольными характеризуются повышенными паро- и водостойкостью, кислотостойкостью, стойкостью к действию сероводорода и стойкостью к серусодержащим присадкам трансмиссионных масел. Чистые моторные масла практически не влияют на свойства резин из фторэластомеров в широком интервале температур, тогда как присадки основного характера приводят к дополнительному сшиванию фторэластомеров и ухудшению

эксплуатационных свойств изделий. Степень изменений зависит от основы и концентрации присадки, содержания фтора в эластомере и температуры испытаний. Она меньше для резин из каучуков с повышенным содержанием фтора и при использовании пероксидов в качестве вулканизирующих агентов (даже при меньшем содержании связанного фтора и более высокой температуре испытания)» [25].

Современные тенденции разработки фторкаучуков связаны с возрастающим использованием в качестве основного мономера тетрафторэтилена (ТФЭ) [12]. Это объясняется стремлением получить каучуки с наибольшим содержанием связанного фтора и соответственно с повышенной стойкостью к агрессивным средам. Разработан новый класс фторэластомеров – сополимеров ТФЭ и пропилена. Этот каучук содержит 57% связанного фтора и выпускается под названием «Афлас» («Asachi Glass», Япония), химическая структура выглядит так:



К недостаткам каучуков на основе ТФЭ и пропилена относится их низкая морозостойкость и недостаточная эффективность при вулканизации.

Несмотря на то, что пероксидная вулканизация придает материалам на основе фторкаучуков новые эксплуатационные свойства, тем не менее она имеет ряд существенных недостатков по сравнению с фенольной: у нее хуже стойкость к подвулканизации, выделяющиеся газообразные продукты зачастую токсичны и имеют неприятный запах, а пероксидные вулканизаты уступают бисфенольным по стойкости к накоплению остаточной деформации при старении в напряженном состоянии.

На рисунке 4 представлены сравнительные характеристики по термостойкости и маслостойкости различных эластомеров.

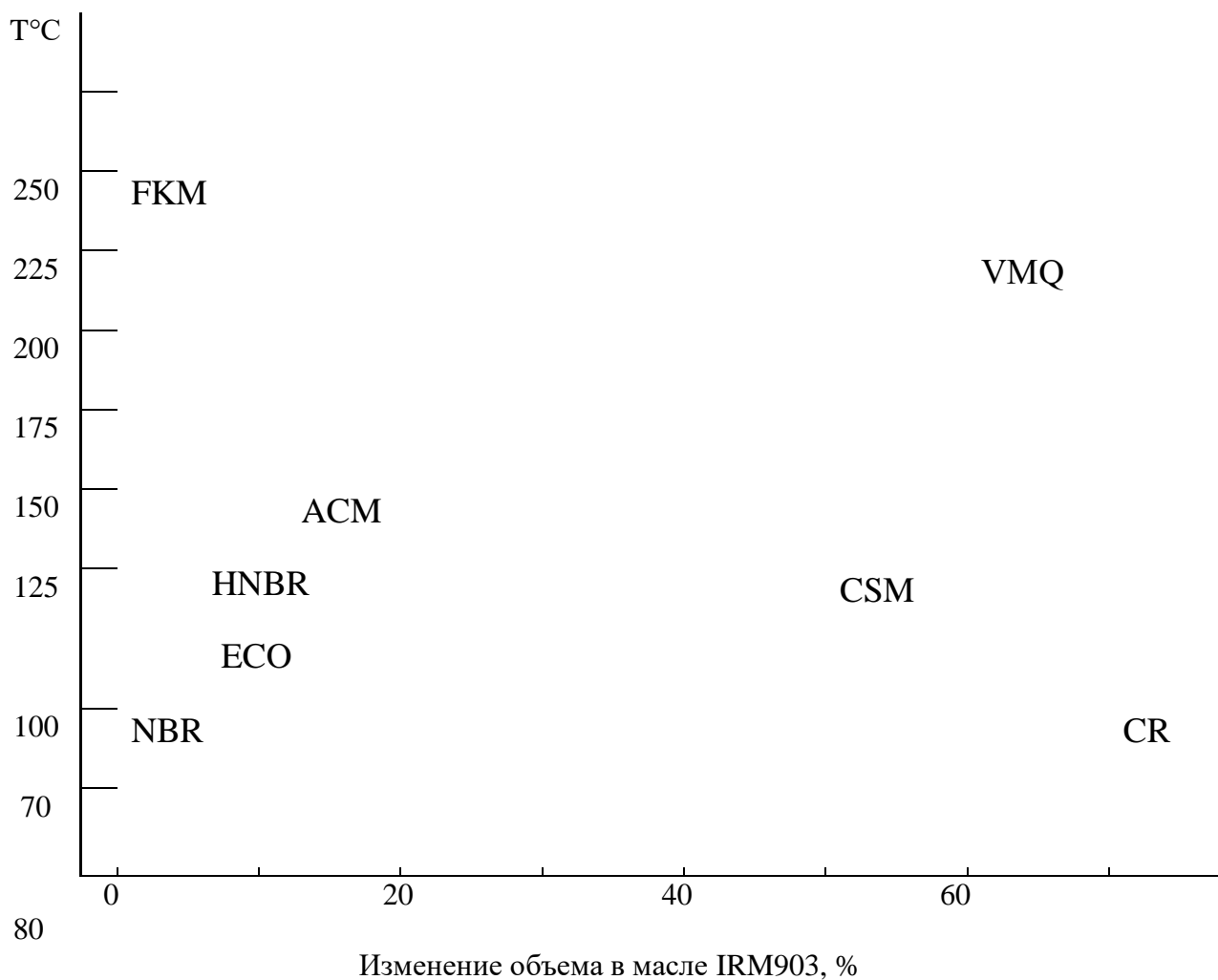


Рисунок 4 – Сравнительные характеристики тепло-, маслостойкости

На рисунке условно обозначены эластомеры по типу каучука:

- ACM – акрилатный,
- CR – хлоропреновый,
- CSM – хлорсульфированный,
- ECO – эпихлоргидриновый,
- HNBR – гидрированный нитрильный каучук,
- NBR – нитрильный,
- FKM – фтор,
- VMQ – фторсиликоновый.

Анализ показывает, что по тепло- и маслостойкости акрилатные эластомеры уступают только фторэластомерам.

Выводы

По литературным данным выявлено, что только определенные каучуки могут быть использованы для изготовления сальников, работающих в узлах трансмиссии и стойки к воздействию полусинтетических масел. Изучив работы [35] – [37], стало понятно, что каучуки на основе натуральных, хлоропреновых и этилен-пропиленов каучуков не могут быть использованы для изготовления сальников трансмиссии ввиду их недостаточных физико-механических свойств, стойкости к высоким температурам и низкой маслостойкостью. Среди найденных патентов [21], [22] был изучен опыт применения резиновых композиций для масляных уплотнений, а также интересна информация о самозатягивающихся сальниках.

Рассмотрев огромное количество изученных источников, в работу взяты и подробно описаны только каучуки, наиболее подходящие для изготовления сальников узлов трансмиссии. Из описанных в главе каучуков оптимально использование резин на основе высокотемпературных акрилатных и фторкаучуков.

Глава 2 Требования, методы испытаний, оборудование

2.1 Технические требования для сальников КП

2.1.1 Описание работы узла

Коробка передач или трансмиссия является одной из важнейших частей трансмиссии - наряду с карданным валом, сцеплением и задним ведущим мостом. «Коробка передач является неотъемлемой частью любого автомобиля с двигателем внутреннего сгорания. Назначение коробки передач - преобразовывать крутящий момент от двигателя к колесам, а также осуществлять согласование мощности для привода других агрегатов и дополнительного оборудования. Этот процесс обеспечивает оптимальную тягу и скорость автомобиля, а также движение задним ходом. Кроме того, коробка помогает отсоединить коленчатый вал двигателя от ведущих колес, что позволяет автомобилю работать на холостом ходу или полностью остановиться» [17].

Стабильность работы узла трансмиссии в существенной мере зависит от количества масла в КП. Сальник первичного вала коробки передач выполняет важную роль гидроизоляции, позволяет поддерживать в коробке уровень масла, необходимый для бесперебойной работы узла.

В случае протекания сальника количество масла в коробке начинает постепенно уменьшаться, и если его не доливать, то подвижные элементы КП начинают выходить из строя. Однако доливать масло достаточно затратная и трудоемкая операция. Поэтому вполне разумно выбирать сальник из высококачественных материалов с долгосрочным ресурсом работы. Наряду с увеличением расхода масла неизбежны имиджевые потери, т.к. потребитель не готов регулярно сталкиваться с доливом трансмиссионного масла, в то время как альтернативные производители гарантируют стабильный расход в течение всего срока службы автомобиля.

Для определения и выбора материала для сальника КП необходимо опираться на технические характеристики работы узла и рабочей среды.

2.1.2 Технические условия к сальникам

Сальники резинометаллические для уплотнения вращающихся валов автомобилей LADA должны соответствовать требованиям технических условий [34], чертежам, контрольным образцам внешнего вида, согласованным между изготовителем и потребителем, и изготавливаться по технологической документации, утвержденной в установленном порядке, предусматривающий контроль продукции на всех стадиях технологического процесса и с применением статистического регулирования процессов.

Сальники должны обеспечивать герметичность с валами, изготовленными в соответствии с действующей конструкторской документацией, с установкой сальника по принятой технологии сборки, при отсутствии повышенного износа сопрягаемой поверхности вала и рабочей кромки сальника, обеспечивая ресурс уплотнения при пробеге автомобиля 120 тысяч км при заданных условиях эксплуатации и соответствующем техническом обслуживании.

Сальники должны быть работоспособны в рабочей среде, состоящей из масел и смазок в соответствии с действующими химмотологическими картами потребителя, картерных газов и водяных паров, находящихся под пульсирующим давлением от 0 до 10 мм водяного столба и разряжением от 5 до 200 мм водяного столба, в диапазоне температур в соответствии с условиями вращательного движения и заданной в чертеже частотой вращения вала.

Сальники состоят из металлического каркаса, уплотнительного резинового элемента и поджимной пружины. Рабочая кромка и рабочие поверхности сальников должны быть чистыми, гладкими, не иметь включений, трещин, надрывов и пузырей. На остальных поверхностях резинового элемента допускаются вырывы, включения, возвышения и

углубления высотой не более 0,1 мм. Отклонений на одной детали не должно быть более трех.

Внешний вид сальников должен соответствовать контрольным образцам, утвержденным в установленном порядке. Сальники не должны иметь местных отслоений резины от арматуры. На сальниках с обрезиненным каркасом допускается оголение каркаса в местах фиксации каркаса в пресс-форме и не допускается разъем пресс-формы по рабочей кромке. Профиль сечения сальника должен соответствовать контрольному сечению профиля, согласованному между предприятием-изготовителем и предприятием-потребителем. Контрольный профиль сечения выполняет разработчик документации.

Каркасы сальников должны соответствовать требованиям технических условий и чертежа. Рабочая поверхность каркасов должна быть чистой, без трещин, окалин, следов коррозии, сколов, заусенец и других дефектов.

Пружины сальников должны соответствовать требованиям технических условий и чертежа, согласованных между предприятием-изготовителем и предприятием-потребителем. Навивка пружины должны быть равномерной, плотной, зазоры между витками не допускаются. Направление навивки правое. Пружины, свернутые в кольцо, должны проходить под собственной массой через щель, образованную между двумя плоскостями, отстоящими друг от друга на расстоянии $1,2 d$ (d – наружный диаметр витка пружины). Размеры плоскостей, образующих щель, должны быть не менее $1,5 D \times 1,5 D$ (D — наружный диаметр кольца пружины после свинчивания). Овальность наружного диаметра кольца пружины D не должна превышать $0,08 D$ без угловых изгибов. Нагрузочная характеристика пружины должна соответствовать требованиям чертежа. Замок пружины не должен открываться при одевании пружины на цилиндр диаметром, указанном в чертеже. У пружин, свернутых в кольцо, допускается недовинчивание на $2/3$ оборота.

Маркировка должна быть нанесена на нерабочую поверхность сальников отпечатками гравировки пресс-формы с указанием:

- товарного знака предприятия-изготовителя;
- обозначения сальника по чертежу;
- номера гнезда пресс-формы;
- основных размеров сальника (диаметр вала, диаметр наружный, высота);
- направления вращения вала (для сальников со специальной насечкой, предназначенных для валов с заданным направлением вращения);
- максимальной температуры работоспособности сальника в зависимости от типа полимера, на основе которого изготовлен резиновый элемент.

Допускается в первом квартале последующего года поставка сальников с маркировкой предыдущего года. Также допускается изменять маркировку сальников по согласованию с потребителем.

Для контроля качества сальников, пружин и каркасов проводят приемосдаточные, периодические и типовые испытания. Приемосдаточным испытаниям подвергают каждую партию деталей. Периодические испытания предприятие-изготовитель проводит на одной партии деталей и резин с периодичностью, оговоренной с потребителем. Типовые испытания проводят предприятие-изготовитель и предприятие-потребитель в полном объеме требований технических условий при изменении марки резины, конструкции и технологии изготовления. Для проведения типовых испытаний предприятием-потребителем предприятие-изготовитель направляет потребителю не менее 20 сальников с результатами проведенных испытаний, а также стандартные образцы резины (три пластины для определения физико-механических характеристик, три шайбы для определения твердости и три пробки для определения относительной остаточной деформации сжатия), замеры отпечатков с каждого гнезда пресс-формы.

При получении отрицательных результатов лабораторных испытаний образцов резин даже по одному из показателей, всю партию сальников из

испытанной закладки резины бракуют. Если при периодических и приемосдаточных испытаниях сальники не удовлетворяют требованиям технических условий, предприятие-изготовитель должен принять меры по выявлению причин дефекта и его устранению в производстве и при поставках.

Потребитель вправе осуществлять статистический приемочный контроль, определяя в зависимости от качества поставок, группы важности и степени значимости несоответствий объем выборки, который может быть от запуска продукции без контроля до сплошного контроля. В любом случае приемочным числом является ноль дефектов. Потребитель вправе проводить периодические испытания по всем пунктам технических условий и чертежа в полном и частичном объеме с периодичностью, установленной в зависимости от качества текущих поставок. Если при испытаниях хотя бы один сальник не соответствует требованиям технических условий и чертежа партия сальников, из которой взята выборка для проведения испытаний, бракуется. Изготовитель определяет причину несоответствия, намечает мероприятия по устранению, сроки внедрения сообщает потребителю [16].

Для оценки потребителем физико-механических показателей сальников изготовитель направляет потребителю по его запросу результаты испытаний по согласованным характеристикам изделия, обработанные с помощью статистических методов анализа с расчетом индексов воспроизводимости. Потребитель вправе инициировать перевод периодических испытаний в приемосдаточные.

2.1.3 Требования чертежа и конструкция

В чертеже должны быть указаны: обозначение технических условий, условное обозначение материала, группа и/или марка резины, рабочая среда и температурный интервал работы сальника в среде, рабочие поверхности и рабочая кромка, диаметры вала и посадочного гнезда сальника с допусками, место маркировки, значения по показателю «Радиальное усилие рабочей кромки сальников с пружиной и без пружины».

При необходимости в чертеже могут быть указаны: дополнительные требования к внешнему виду; виды, нормы и методы испытаний, не предусмотренные в технических условиях.

На рисунке 5 представлен чертеж конструкции сальника первичного вала коробки передач с уловным обозначением номера детали 1701043.

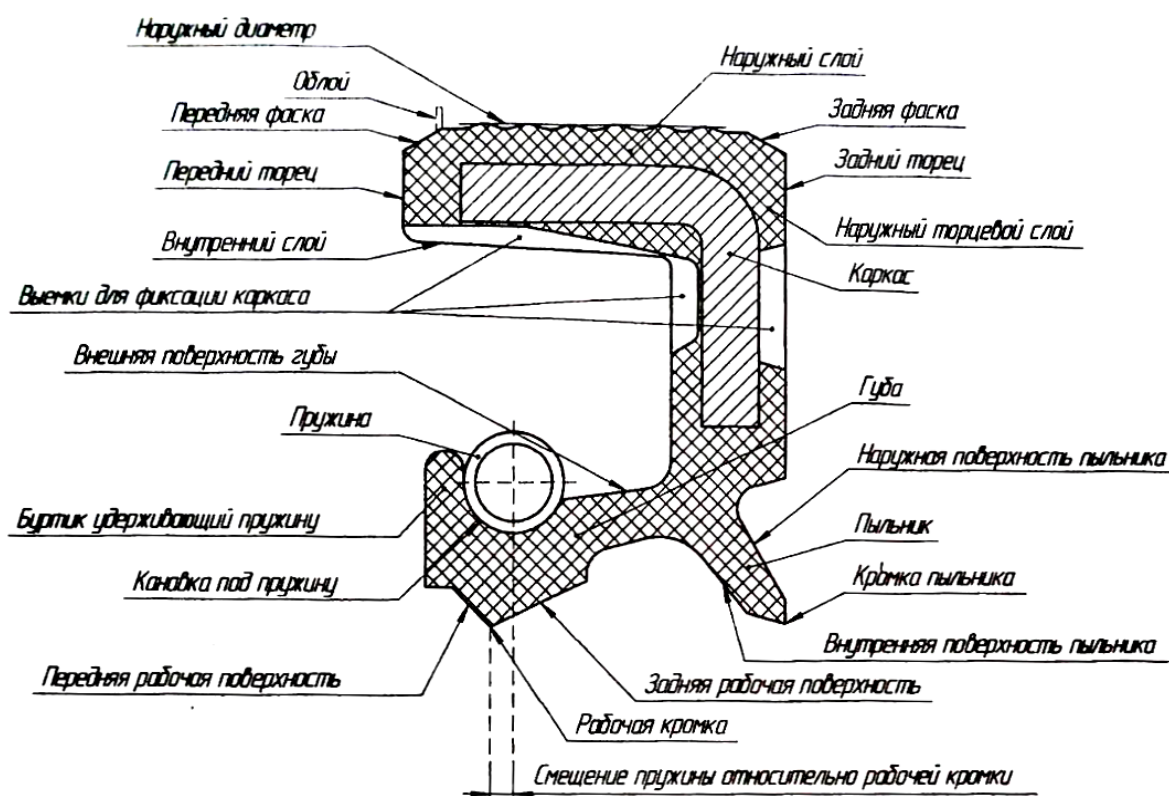


Рисунок 5 – Конструкция сальника первичного вала коробки передач

Показатели сальников 1701043 КП должны соответствовать требованиям, указанным в чертеже:

- номинальная частота вращения вала – 5600 оборотов в минуту;
- рабочая среда – полусинтетическое трансмиссионное масло SAE 75W-85 типа GL-4;
- диапазон рабочих температур: от -45 °С до 140 °С, где минимальная -45 °С, нормальная 120 °С, пиковая (до 10ч работы) 125 °С и максимальная температура 140 °С;
- суммарное радиальное усилие рабочей кромки с пружиной $5,5 \pm 1,5$ Н;

- твердость резинового элемента 75 ± 5 ед. IRHD;
- биение рабочей кромки относительно наружного диаметра сальника не более 0,2 мм.

2.1.4 Требования к резинам

Для изготовления сальников автомобилей используются определенные резины на основе каучуков специального назначения в зависимости от условий эксплуатации механизмов и оговоренного срока гарантийной эксплуатации.

В зависимости от условий работы сальников группу резины выбирают с помощью специальной конструкторской документации. Пример в виде выдержки из технических требований приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Температура испытаний в зависимости от марки каучука

Группа	Марка каучука	Температура работы в воздухе, °С	Рабочая среда	Температура работы в среде, °С	Показатель ООД сжатия на 25% в воздухе
I	АСМ	135	Трансмиссионное масло	135	150
II	NBR	100	Трансмиссионное масло	110	125
III	FKM	175	Моторное масло	150	175

По физико-механическим показателям резина для изготовления сальников должна соответствовать нормам, указанным в таблице 2, взятым из технических условий ТУ 2539-001-00149289-2010 для сальников автомобилей LADA[34].

Таблица 2 – Требования и нормы ТУ к резинам для изготовления сальников

№ п/п	Наименование показателя	Нормы для резин группы			Метод испытания
		I	II	III	
1	Твердость по Шору А, условные ед., в пределах	73 ± 5	70 ± 5	75 ± 5	ГОСТ 263
2	Условная прочность при растяжении, кгс/см ² , не менее	65	65	100	ГОСТ 270 образец типа 1
3	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	130	400	175	
4	Условное напряжение при 100% удлинении, кгс/см ² , не менее	60	25	50	
5	Относительная остаточная деформация при 25% статической деформации сжатия в воздухе в течении 72 ч. при температуре, указанной в табл.1, %, не более	70	65	35	ГОСТ 9.029 метод А, образец типа 1
6	Стойкость к воздействию масла трансмиссионного в течении 72 ч. при температуре, указанной в табл.1				ГОСТ 9.030 метод В
6.1	Изменение твердости по Шору А, условные ед., в пределах	-8...+8	-8...+8	-2...+4	
6.2	Изменение условной прочности при растяжении, %, не менее	-20	-25	-30	
6.3	Изменение относительного удлинения при растяжении, %, не менее	-25	-30	-30	
6.4	Изменение объема, %, в пределах	-2...+10	-6...+10	-1...+3	ГОСТ 9.030 метод А
7	Стойкость к термическому старению в воздухе в течении 72 ч. при температуре, указанной в табл.1				ГОСТ 9.024 Метод В
7.1	Изменение твердости по Шору А, условные ед., в пределах	-8...+8	0...+8	-5... +5	
7.2	Изменение условной прочности при растяжении, %, не менее	-25	-30	-15	
7.3	Изменение относительного удлинения при растяжении, %, не менее	-35	-40	-20	

По результатам исследований оформляется протокол испытаний.

Обращает на себя внимание различная температура работы в воздухе, что подтверждает высокую вероятность нестабильных температурных условий, имеющих в процессе эксплуатации.

Конечно, в наиболее «жестких» условиях находятся материалы, работающие в контакте с моторными маслами, но в некоторых случаях рабочие температуры трансмиссионного масла также достаточно высокие.

В случае сравнительных испытаний полученные результаты позволяют оценить преимущества и недостатки полимерных материалов от различных поставщиков, либо выполнить сравнение различных технологий изготовления. Так как технологические особенности могут значительно влиять на уровень физико-механических свойств и показатели работоспособности.

Дополнительное преимущество сравнительных испытаний в том, что только при таком подходе возможно выявить факторы, объясняющие качественную разницу материалов, а также определиться с ключевыми критериями, введение которых в нормативную документацию позволит исключить вероятность изготовления дефектной продукции или деградации эксплуатационных характеристик.

Результаты сравнительных испытаний могут представляться не только в абсолютных значениях, но и в относительных единицах.

2.1.5 Требования к трансмиссионным маслам

Трансмиссионное масло для коробок передач по вязкостно-температурным и эксплуатационным свойствам должно соответствовать требованиям следующих отечественных и зарубежных классификаций:

- по SAE J 306: SAE 75W-85,
- по API: типа GL-4,
- по ГОСТ 17479.2: ТМ-4-12.

Разрабатываемое масло должно соответствовать ТУ 0253-070-48120848-2012 [33], обладать высокими противоизносными, противозадирными,

противопиттинговыми, антикоррозионными, антиокислительными и антипенными свойствами, не уступающими аналогам.

Трансмиссионное масло для коробок передач на весь срок службы агрегатов трансмиссии должно обеспечивать работоспособность автомобилей при следующих условиях:

- контактные напряжения в зубчатых зацеплениях – до 3000 Мпа;
- температура масла в объеме – до 120 °С;
- максимально возможная кратковременная температура масла в КП – до 130 °С;
- температурный диапазон применения: от – 40 °С до + 50 °С;
- предполагаемый срок службы масла – 150 тыс. км пробега или 5 лет эксплуатации.

По совместимости с резинами для сальников узлов трансмиссии масло проверяется ежеквартально или при замене марки масла для установления разницы с ранее применяемой.

2.1.6 Специальные требования к резинам АСМ и FKM

Для каждого материала и детали из него существует специальный стандарт (ТУ, PTR, чертеж). При работе узла, в котором работает сальник, повышается внутренняя температура соединения. Если сальник окажется не соответствующим техническим требованиям, деталь может потерять работоспособность.

Одним из важнейших элементов обеспечения контроля качества выпускаемой продукции является разработка методов испытания, а также определение значений, обеспечивающих выпуск качественной продукции.

Для обеспечения контроля качества поступающих деталей существуют нормативные документы (НД): технические условия (ТУ), чертежи, карты замеров. Для сальников используют ТУ 2539-001-00149289, которые содержат требования и нормы к серийно-применяемым маркам резин, изготовленным производителем ОАО «Балаковорезинотехника», одобренным ОАО «АВТОВАЗ» в 2010 году. За истекший период времени изменились подходы

к формированию технических требований к эластомерам, особое внимание уделяется характеристикам позволяющим спрогнозировать эксплуатационную надежность материалов.

В связи с часто встречающимся дефектом «течь сальников» было принято решение о пересмотре требований и норм к материалам для изготовления сальников.

Для обеспечения надежной работы сальников узлов трансмиссии на АО «АВТОВАЗ» специалистами УЛИР совместно с конструкторами завода были разработаны специальные требования PTR (Preliminary Technical Requirement – предварительные технические требования) для сальников узлов трансмиссии из резин на основе акрилатных каучуков (рисунок 6) и фтористых каучуков (рисунок 7).

На основе разработанных специальных требований PTR для сальников узлов трансмиссии из резин на основе фтористых каучуков совместно с поставщиком ЗАО «Резинотехника» разработаны технические требования ТТ 025-2010 (таблица 3) на резину К70-406 для изготовления сальника первичного вала коробки передач 2110-1701043-12 [32]. Материалом для изготовления сальников служит резиновая смесь К70-406 на основе импортного фторкаучука «Viton В651С» фирмы «Du Pont».

ДОКУМЕНТ ОГРАНИЧЕННОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ, НЕ МОЖЕТ БЫТЬ СКОПИРОВАН ИЛИ ПЕРЕНЕСЕН НА ДРУГОЙ СТОРОНЕ БЕЗ ПИСЬМЕННОГО СОГЛАСИЯ РАЗРАБОТЧИКА.


 ОАО «АВТОВАЗ» Управление лабораторно-испытательных работ ОТДЕЛ ПОЛИМЕРОВ И ГСМ		РЕЗИНА для сальников узлов трансмиссии Исходные технические требования к материалу для комплектующих изделий PTR 1.92-АСМ			Лист 1, из 1	
Лаборатория конструктивных пластмасс и резины						
Настоящие технические требования распространяются на резину и сальники узлов трансмиссии, работающие в трансмиссионном масле при температуре +135°С, кратковременно при +150°С.						
1. Технические характеристики.						
1.1 Таблица показателей.						
№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Норма	Методы испытания		
1. <u>Стандартные образцы:</u>						
1.1	Твердость, IRHD	ед.	73 ± 5	ГОСТ 20403		
1.2	Условная прочность при растяжении	МПа	≥ 6,4	ГОСТ 270, обр. тип 1		
1.3	Относительное удлинение при разрыве	%	≥ 200	То же		
1.4	Относительная остаточная деформация при сжатии на 25%, 135°Сх72 час.	%	≤ 50	ГОСТ 9.029, метод А обр. тип 1		
1.5	Стойкость к воздействию трансмиссионного масла типа GL-4, 150°Сх72 ч:			ГОСТ 9.030		
	-изменение твердости	ед.	± 8			
	-изменение прочности	%	≥ -20			
	-изменение удлинения	%	≥ -20			
	-изменение объема	%	-2 ÷ +8			
1.6	Стойкость резины к термическому старению в воздухе при 150° в течение 72 ч:			ГОСТ 9.024		
	изменение твердости	ед.	± 5			
	изменение прочности	%	≥ -25			
	изменение удлинения	%	≥ -25			
1.7	Модуль при 100% удлинении	МПа	≥ 4,5			
1.8	Эластичность по отскоку	%	≥ 5,0			
2. <u>Детали:</u>						
2.1	Температурный интервал работоспособности	°С	-45 ÷ +150			
2.2	Твердость резинового элемента, IRHD	ед.	70 ± 5	п.3.7 ТУ2539-001-00149289-2010		
2.3	Относительное изменение внутреннего диаметра сальника после старения в трансмиссионном масле при 150°Сх72 ч	%	≤ 50	п.3.5 ТУ2539-001-00149289-2010		
2.2	Изменение объема после выдержки в трансмиссионном масле типа GL-4 150°Сх72 ч:	%	-2 ÷ +10	ГОСТ 9.030		
1.2 <u>Примечания к таблице показателей.</u>						
1.2.1. Остальные технические требования по ТУ 2539-001-00149289-2010, таблица 1, гр.16 п.2,4,6,7,8,9.						
1.2.2. В процессе разработки резин данные технические требования могут быть уточнены.						
ДОКУМЕНТ	КОД	ДАТА	РАЗРАБОТАН	ПРОВЕРЕН	УТВЕРЖДЕН	

Рисунок 6 – Требования PTR для сальников узлов трансмиссии из резин на основе акрилатных каучуков


 ОАО «АВТОВАЗ» Управление лабораторно-испытательных работ ОТДЕЛ ПОЛИМЕРОВ И ГСМ	РЕЗИНА ДЛЯ САЛЬНИКОВ УЗЛОВ ТРАНСМИССИИ Исходные технические требования к материалу для комплектующих изделий PTR 1.92-FKM		Лист 1, из 1																																																																																																																		
	Лаборатория конструктивных пластмасс и резин																																																																																																																				
Настоящие технические требования распространяются на резину и сальники узлов трансмиссии, работающие в трансмиссионном масле при температуре +135°C, кратковременно при +175°C.																																																																																																																					
1. Технические характеристики. 1.1 Таблица показателей.																																																																																																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;">№ п/п</th> <th style="width: 55%;">Наименование показателя</th> <th style="width: 10%;">Ед.изм.</th> <th style="width: 10%;">Норма</th> <th style="width: 20%;">Методы испытания</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="6">1. Стандартные образцы:</td> </tr> <tr> <td>1.1</td> <td>Твердость, IRHD</td> <td>ед.</td> <td>73 ± 5</td> <td>ГОСТ 20403</td> </tr> <tr> <td>1.2</td> <td>Условная прочность при растяжении</td> <td>МПа</td> <td>≥ 9,8</td> <td>ГОСТ 270, обр. тип 1</td> </tr> <tr> <td>1.3</td> <td>Относительное удлинение при разрыве</td> <td>%</td> <td>≥ 200</td> <td>То же</td> </tr> <tr> <td>1.4</td> <td>Относительная остаточная деформация при сжатии на 25%, 175°Сх72 час.</td> <td>%</td> <td>≤ 35</td> <td>ГОСТ 9.029, метод А обр.тип 1</td> </tr> <tr> <td>1.5</td> <td>Стойкость к воздействию трансмиссионного масла типа GL-4, 150°Сх72 ч:</td> <td></td> <td></td> <td>ГОСТ 9.030</td> </tr> <tr> <td></td> <td>-изменение твердости</td> <td>ед.</td> <td>± 3</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>-изменение прочности</td> <td>%</td> <td>-20 ÷ +15</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>-изменение удлинения</td> <td>%</td> <td>-20 ÷ +15</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>-изменение объема</td> <td>%</td> <td>0 ÷ +3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.6</td> <td>Стойкость резины к термическому старению в воздухе при 175° в течение 72 ч:</td> <td></td> <td></td> <td>ГОСТ 9.024</td> </tr> <tr> <td></td> <td>изменение твердости</td> <td>ед.</td> <td>± 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>изменение прочности</td> <td>%</td> <td>-15 ÷ +15</td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td>изменение удлинения</td> <td>%</td> <td>-20 ÷ +15</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.7</td> <td>Модуль при 100% удлинении</td> <td>МПа</td> <td>≥ 5,1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.8</td> <td>Эластичность по отскоку</td> <td>%</td> <td>≥ 4,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="6">2. Детали:</td> </tr> <tr> <td>2.1</td> <td>Температурный интервал работоспособности</td> <td>°С</td> <td>-45 ÷ +175</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Твердость резинового элемента, IRHD</td> <td>ед.</td> <td></td> <td>п.3.7 ТУ2539-001-00149289-2010</td> </tr> <tr> <td>2.3</td> <td>Относительное изменение внутреннего диаметра сальника после старения в трансмиссионном масле при 150°Сх72 ч</td> <td>%</td> <td>70 ± 5</td> <td>п.3.5 ТУ2539-001-00149289-2010</td> </tr> <tr> <td>2.2</td> <td>Изменение объема после выдержки в трансмиссионном масле типа GL-4, 135°Сх72 ч:</td> <td>%</td> <td>0 ÷ +3</td> <td>ГОСТ 9.030</td> </tr> </tbody> </table>						№ п/п	Наименование показателя	Ед.изм.	Норма	Методы испытания	1. Стандартные образцы:						1.1	Твердость, IRHD	ед.	73 ± 5	ГОСТ 20403	1.2	Условная прочность при растяжении	МПа	≥ 9,8	ГОСТ 270, обр. тип 1	1.3	Относительное удлинение при разрыве	%	≥ 200	То же	1.4	Относительная остаточная деформация при сжатии на 25%, 175°Сх72 час.	%	≤ 35	ГОСТ 9.029, метод А обр.тип 1	1.5	Стойкость к воздействию трансмиссионного масла типа GL-4, 150°Сх72 ч:			ГОСТ 9.030		-изменение твердости	ед.	± 3			-изменение прочности	%	-20 ÷ +15			-изменение удлинения	%	-20 ÷ +15			-изменение объема	%	0 ÷ +3		1.6	Стойкость резины к термическому старению в воздухе при 175° в течение 72 ч:			ГОСТ 9.024		изменение твердости	ед.	± 5			изменение прочности	%	-15 ÷ +15			изменение удлинения	%	-20 ÷ +15		1.7	Модуль при 100% удлинении	МПа	≥ 5,1		1.8	Эластичность по отскоку	%	≥ 4,0		2. Детали:						2.1	Температурный интервал работоспособности	°С	-45 ÷ +175		2.2	Твердость резинового элемента, IRHD	ед.		п.3.7 ТУ2539-001-00149289-2010	2.3	Относительное изменение внутреннего диаметра сальника после старения в трансмиссионном масле при 150°Сх72 ч	%	70 ± 5	п.3.5 ТУ2539-001-00149289-2010	2.2	Изменение объема после выдержки в трансмиссионном масле типа GL-4, 135°Сх72 ч:	%	0 ÷ +3	ГОСТ 9.030
№ п/п	Наименование показателя	Ед.изм.	Норма	Методы испытания																																																																																																																	
1. Стандартные образцы:																																																																																																																					
1.1	Твердость, IRHD	ед.	73 ± 5	ГОСТ 20403																																																																																																																	
1.2	Условная прочность при растяжении	МПа	≥ 9,8	ГОСТ 270, обр. тип 1																																																																																																																	
1.3	Относительное удлинение при разрыве	%	≥ 200	То же																																																																																																																	
1.4	Относительная остаточная деформация при сжатии на 25%, 175°Сх72 час.	%	≤ 35	ГОСТ 9.029, метод А обр.тип 1																																																																																																																	
1.5	Стойкость к воздействию трансмиссионного масла типа GL-4, 150°Сх72 ч:			ГОСТ 9.030																																																																																																																	
	-изменение твердости	ед.	± 3																																																																																																																		
	-изменение прочности	%	-20 ÷ +15																																																																																																																		
	-изменение удлинения	%	-20 ÷ +15																																																																																																																		
	-изменение объема	%	0 ÷ +3																																																																																																																		
1.6	Стойкость резины к термическому старению в воздухе при 175° в течение 72 ч:			ГОСТ 9.024																																																																																																																	
	изменение твердости	ед.	± 5																																																																																																																		
	изменение прочности	%	-15 ÷ +15																																																																																																																		
	изменение удлинения	%	-20 ÷ +15																																																																																																																		
1.7	Модуль при 100% удлинении	МПа	≥ 5,1																																																																																																																		
1.8	Эластичность по отскоку	%	≥ 4,0																																																																																																																		
2. Детали:																																																																																																																					
2.1	Температурный интервал работоспособности	°С	-45 ÷ +175																																																																																																																		
2.2	Твердость резинового элемента, IRHD	ед.		п.3.7 ТУ2539-001-00149289-2010																																																																																																																	
2.3	Относительное изменение внутреннего диаметра сальника после старения в трансмиссионном масле при 150°Сх72 ч	%	70 ± 5	п.3.5 ТУ2539-001-00149289-2010																																																																																																																	
2.2	Изменение объема после выдержки в трансмиссионном масле типа GL-4, 135°Сх72 ч:	%	0 ÷ +3	ГОСТ 9.030																																																																																																																	
1.2 Примечания к таблице показателей. 1.2.1. Остальные технические требования по ТУ 2539-001-00149289-2010, таблица 1, гр.16 п.2,4,6,7,8,9. 1.2.2. В процессе разработки резин данные технические требования могут быть уточнены по результатам испытаний сальников из указанных резин. 1.2.3. До п.1.5 и 2.2 стойкость к воздействию трансмиссионных масел на синтетической основе проверять при 150°Сх72ч																																																																																																																					
ДОКУМЕНТ	КОД	ДАТА	РАЗРАБОТАН	ПРОВЕРЕН	УТВЕРЖДЕН																																																																																																																

Рисунок 7 – Требования PTR для сальников узлов трансмиссии из резин на основе фторкаучуков

Таблица 3 – Технические требования на резину К70-406

№ п/п	Наименование показателя	Значение	Метод испытания
1	Твердость, межд. ед. JRHD, в пределах	75 ± 5	ГОСТ 20403 образец толщиной 8÷10 мм.
2	Условная прочность при растяжении, МПа, не менее	9,8	ГОСТ 270 образец типа 1 толщиной 2 мм.
3	Относительное удлинение при разрыве, %, не менее	175	
4	Условное напряжение при 100% удлинении, кгс/см ² , не менее	50	
5	Относительная остаточная деформация при 25% статической деформации сжатия в воздухе в течении 72 ч. при 150 °С, %, не более	30	ГОСТ 9.029 метод А, образец типа 1
6	Стойкость к воздействию масла трансмиссионного (SAE 80W85 GL-4) ТМ 4-12 при 135°С в течении 72 ч:		ГОСТ 9.030 метод В
6.1	Изменение твердости межд. ед. JRHD, в пределах	-3 ... +3	
6.2	Изменение условной прочности при растяжении, %, в пределах	-20 ... +15	
6.3	Изменение относительного удлинения при растяжении, %, в пределах	-20 ... +15	
6.4	Изменение объема, %, в пределах	0 ... +4	ГОСТ 9.030 метод А
7	Стойкость к термическому старению в воздухе при 150°С в течении 72 ч:		ГОСТ 9.024 Метод В
7.1	Изменение твердости межд. ед. JRHD, в пределах	-5...+5	
7.2	Изменение условной прочности при растяжении, %, в пределах	-15... +15	
7.3	Изменение относительного удлинения при растяжении, %, в пределах	-20... +15	

2.2 Методы испытаний и оборудование

Для изготовления уплотнительных изделий подбирают резины, исходя из места установки детали, температуры эксплуатации и рабочей среды (смазки, масла, охлаждающая жидкость и др.). Для оценки качества резин на соответствие техническим требованиям проводят лабораторные испытания по механическим показателям и по стойкости к агрессивным средам при

температуре работы узла, в котором установлено изделие. Если резина окажется не соответствующей техническим требованиям, в дальнейшем деталь из неё может потерять работоспособность

2.2.1 Подготовка образцов для испытаний

«Образцы подготавливают и кондиционируют в соответствии с требованиями ГОСТ 269-66 Резина. Общие требования к проведению физико-механических испытаний» [5].

На рисунке 8 представлены образцы резин, подготовленных с помощью вырубных ножей. Состояние вырубных ножей может значительно влиять на результаты измерений, поэтому вырубные ножи не должны иметь повреждений на режущей кромке. Состояние поверхности ножей контролируют перед каждой серией испытаний.



Рисунок 8 – Образцы резин для испытаний по ГОСТ 270

Толщиномером с ценой деления шкалы 0,01 мм и диаметром измерительной площадки не более 16 мм измеряют толщину образцов. Толщину образцов лопаток измеряют на узкой части не менее, чем в трех точках, за результат измерения принимают среднее арифметическое всех измерений.

Размеры образцов, кроме толщины, определяются размерами штанцевых ножей и после вырубки не контролируются. Вырубные ножи не должны иметь повреждений на режущей кромке.

Образцы из готовых изделий могут иметь толщину не более 3 мм. Разность между максимальной и минимальной толщиной образца в узкой части не должна превышать 0,1 мм.

Выполнение описанных методических указаний позволяет адекватно сравнивать результаты измерений между собой, нивелировав влияние размерных факторов. В одной серии испытаний не допускается измерение образцов различных форм и габаритов.

2.2.2 Определение упругопрочностных свойств резин

ГОСТ 270-75 Резина. Метод определения упругопрочных свойств при растяжении [6].

«Суть метода заключается в растяжении образцов с постоянной скоростью перед разрывом и измерении силы при заданных удлинениях и в момент разрыва, а также удлинения образца в момент разрыва» [6].

В ходе испытания на разрывных машинах типа «Instron-3365» (рисунок 9) определяют значения предела прочности при растяжении, относительное удлинение при разрыве, напряжение при заданном удлинении.

Испытания на разрывной машине проводят с заданной постоянной скоростью, а датчик фиксирует нагрузку, растягивающую образец. Относительное удлинение определяется либо автоматически, если прибор оснащен соответствующими датчиками, в противном случае с помощью предварительной разметкой образца делениями разного размера.

Образец зажимается в тисках крепления разрывной машины для испытания на растяжение и растягивается со скоростью, определенной процедурой (обычно 500 мм/мин), до полного разрушения. Важным моментом является разрушение образца в области рабочей зоны, иначе результат испытания не может считаться удовлетворительным, и образец приходится изготавливать заново.



Рисунок 9 – Разрывная машина «Instron-3365»

«По результатам испытания рассчитывают следующие показатели.

Относительное удлинение определяется по линейке разрывной машины, на которой находится шкала значений, рассчитанных по формуле:

$$\varepsilon = (l_1 - l_0) \times 100 / l_0, \quad (1)$$

где ε – относительное удлинение, %;

l_0 – длина рабочего участка недеформированного образца, м;

l_1 – длина рабочего участка в момент растяжения или разрыва, м.

Условное напряжение при заданном удлинении (модуль при заданном удлинении):

$$f_\varepsilon = P_1 / S_0, \text{ Н/м}^2, \quad (2)$$

где f_ε – условное напряжение при заданном удлинении, МПа;

P_1 – нагрузка, вызывающая заданное удлинение (300%), Н;
 S_0 – площадь поперечного сечения рабочего участка недеформированного образца, м²;

$$S_0 = b_0 n_0, \quad (3)$$

где b_0 – ширина,

n_0 – толщина рабочего участка, м.

Условная прочность при разрыве:

$$f = P_P / S_0, \quad (4)$$

где f – условная прочность при разрыве, МПа;

P_P – нагрузка при разрыве образца, Н.

Относительное остаточное удлинение:

$$\theta = (l_2 - l_0) \times 100 / l_0, \quad (5)$$

где θ – относительное остаточное удлинение, %;

l_2 – длина рабочего участка по двум сложенным вместе частям разорванного образца через 1 мин после разрыва, м.» [6].

При оценке результат необходимо учитывать так называемый «масштабный фактор», потому что результаты напрямую зависят от размеров образца, так как на единицу площади приходится меньшее количество дефектов материала.

2.2.3 Определение твердости

Для определения твердости резин наиболее широко применяется измерение твердости методом Шора по ГОСТ 263-75 [4].

Измерение твердости является наиболее универсальным методом и позволяет определять механические свойства не только сырья, но и готовых изделий.

Образец должен иметь форму пластины или шайбы толщиной не менее 6 мм с плоскопараллельными плоскостями. «Измерение производится не менее чем в трех точках, расстояние между точками не менее 5 мм, а от точки измерения до края образца не менее 13 мм. За результат испытания принимается среднее арифметическое значение всех измерений, округленное до целого числа» [4]. В случае большого числа измерений возможно определить рассеивание результатов измерений с помощью определения стандартного отклонения. Данный подход наиболее применим при реализации исследовательских задач, получаемая погрешность находится в обратной зависимости от количества проводимых измерений.

На рисунке 10 представлен «твердомер типа Шора А с игольчатым индентором, наиболее распространенный в промышленных испытательных лабораториях. Градуировка производится в условных единицах твердости от 0 до 100, где 0 – показания прибора в нерабочем состоянии, 100 – показания прибора, установленного на гладкой твердой поверхности» [4].

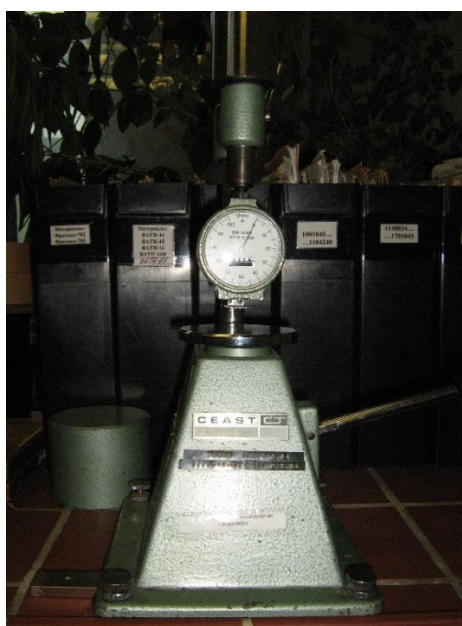


Рисунок 10 – Твердомер Шор А

Для измерения твердости образцов до и после старения в агрессивной среде или воздухе также используется автоматический твердомер «DIGI TEST II» фирмы «Bareiss» (рисунок 11) со шкалами IRHD и Shore.



Рисунок 11 – Твердомер «Bareiss»

2.2.4 Определение стойкости к термическому старению

ГОСТ 9.024-74. Метод заключается в ускоренном испытании резин на стойкость к термическому старению в воздухе или кислороде и определяет способность резин сопротивляться термическому воздействию. Что важно, данный метод позволяет оценивать не только фактические механические свойства, но и прогнозировать поведение материала в условиях эксплуатационных воздействий. Как правило, этот метод используется «для определения изменчивости таких показателей, как твердость, условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, сопротивление раздиру» [8].

Выдержка контейнера с образцами или образцов в ненапряженном состоянии при повышенной температуре осуществляется в термошкафу (рисунок 12). Данное оборудование должно иметь регуляторы температуры и

таймер, а также оснащен системой воздухообмена для создания необходимой циркуляции потоков воздуха в камере.

Температуру сушильного шкафа для проведения испытания выбирают исходя из рабочей температуры узла, в котором работает сальник и типа применяемого при его изготовлении полимера. Нормативными документами (техническими требованиями документов на поставку) регламентируется значения температуры, при которых производят испытания.



Рисунок 12 – Универсальный сушильный шкаф

В случае, когда проводятся испытание резин из смеси различных полимеров, температуру выбирают таким образом, чтобы значение соответствовало полимеру, с наибольшей долей содержания в смеси. В случае одинакового соотношения полимеров в резине температуру старения назначают исходя из физических параметров менее термостойкого полимера.

По окончанию испытаний термостарения, образцы извлекаются и «остывают» при комнатной температуре не менее 30 минут, после чего испытываются по изменению физико-механических упругопрочностных показателей.

В настоящее время более перспективными являются разрывные машины с термокамерами (рисунок 13). Такое оборудование позволяет экономить рабочее пространство лаборатории и оптимизирует испытательный процесс.



Рисунок 13 – Разрывная машина «Zwick Rowel Z010» с встроенной термокамерой

2.2.5 Определение стойкости к воздействию жидких сред

Еще одним методом, позволяющим оценить работоспособность резиновых изделий является испытания по ГОСТ 9.030-74 [10]. Способ испытания образцов резин в ненапряженном состоянии на «воздействие жидких агрессивных сред при заданных температурах и времени выдержки. Используя данный метод, можно определить изменение показателей: условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, твердости, сопротивления разрыву, изменения массы и объема» [10].

Тип и концентрацию среды устанавливают в зависимости от условий эксплуатации резин и резиновых изделий в соответствии со стандартами или техническими условиями на резины или резиновые изделия.

Стойкость резины к старению в агрессивных средах определяется методом измерения физико-механических показателей после воздействия среды, и сравнивая их с исходными показателями.

Изменение значений в зависимости от показателя может быть:

- в абсолютных величинах (изменение твердости), рассчитывая по формуле:

$$\Delta X = (X_1 - X_0); \quad (6)$$

- в относительных величинах (изменение условной прочности при разрыве; изменение удлинения при разрыве; изменение размеров или массы):

$$\Delta X = (X_1 - X_0) / X_0, \quad (7)$$

где X_0 – характеристика, измеренная в исходном состоянии,

X_1 – характеристика, измеренная после контакта, выраженная в тех же единицах, что и X_0 .

На практике применяют два основных метода проведения испытаний: это метод погружения в среду и метод воздействия паров агрессивной жидкости.

2.2.5.1 Испытание методом погружения

При данном способе испытания на стойкость к воздействию жидких агрессивных сред образцы резин или деталей в ненапряженном состоянии помещаются в специальный контейнер с агрессивной средой и выдерживают при заданных температурах в течение заданного времени. Ключевым фактором воздействия здесь является агрессивная среда. «Скорость проникания жидкостей в резину зависит от температуры, типа резины и типа жидкости» [10]. Тип и концентрацию среды устанавливают в зависимости от условий эксплуатации резин и резиновых изделий в соответствии со стандартами или техническими условиями на резины или резиновые изделия.

«При контроле качества может быть достаточно одного периода погружения, предпочтительно выбирая его таким образом, чтобы достичь

максимальной абсорбции. Для этого используют один из следующих периодов: 24 ч; 72 ч; 7 дней ± 2 ч; кратный 7 дням ± 2 ч» [10].

Температура испытаний в зависимости от агрессивной среды приведена в таблице 4, указывается в чертежах на деталь или в технических требованиях и выбирается она из рекомендаций.

Таблица 4 – Температура испытаний в зависимости от агрессивной среды

Среда	Температура
Масло	100°C, 125°C, 135°C или 150°C
Охлаждающие жидкости	110, 118°C
Электролит	Испарение при 70°C
Тормозная жидкость	23°C
Смазки	70°C
Хлорид цинка	23°C
Топливо	23°C
Мочевина (Adblue)	23°C (разбрызгивание) или 30°C (в работе)

«При полном погружении помещают образцы на расстоянии не менее 5 мм от боковых стенок контейнера и не менее 10 мм от верхней и нижней поверхностей. Если плотность резины меньше плотности жидкости, следует использовать средства удерживания образцов полностью под поверхностью жидкости» [10].

Контейнер с герметичной крышкой, как представлено на рисунке 14, применяют в испытаниях, когда температура значительно ниже точки кипения испытательной жидкости, а при температурах испытаний примерно равных температуре кипения испытательной жидкости, контейнер должен быть снабжен клапаном для выхода паров жидкости, например как на рисунке 15.

Размеры контейнера «должны обеспечивать полное погружение образцов в жидкость. Объем жидкости должен не менее чем в 15 раз превышать общий объем образцов, объем воздуха над жидкостью должен

быть минимальным. Закрепленные в зажимах образцы следует подвешивать на стержень или проволоку и отделять от соседних образцов, например с помощью стеклянных колец или других инертных прокладок» [10].



Рисунок 14 – Контейнер для испытания образцов методом погружения



Рисунок 15 – Контейнеры с клапаном для испытания методом погружения

2.2.5.2 Испытание методом воздействия паров жидкости

При испытании в парах жидкости основным действующим агрессивным фактором является температура, воздействие паров ускоряет поверхностное старение материала. Схема размещения образцов для испытаний в паровой фазе представлена на рисунке 16.

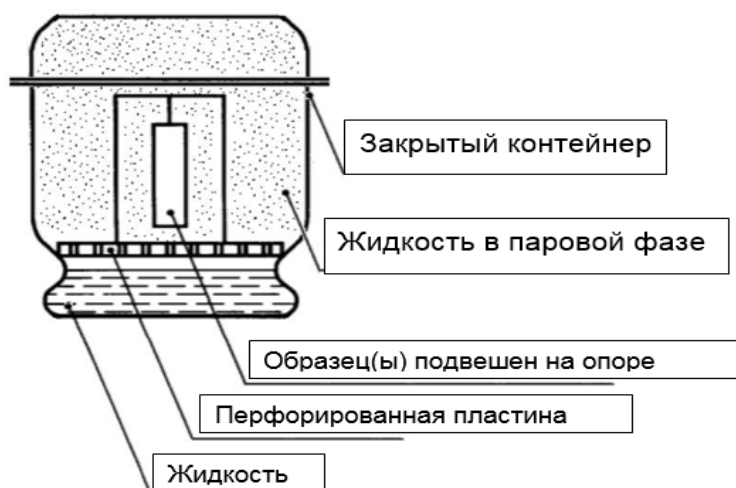


Рисунок 16 – Пример устройства для старения в паровой фазе.

Для создания таких условий может использоваться обычный эксикатор с притертой крышкой (рисунок 17), на дно которого помещается открытая емкость с агрессивной средой и в нее устанавливается оснастка для крепления образцов в свободном ненапряженном состоянии – держатель с образцами (рисунок 18).



Рисунок 17 – Эксикатор с притертой крышкой.

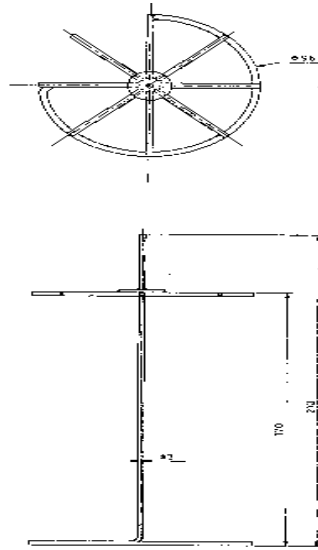
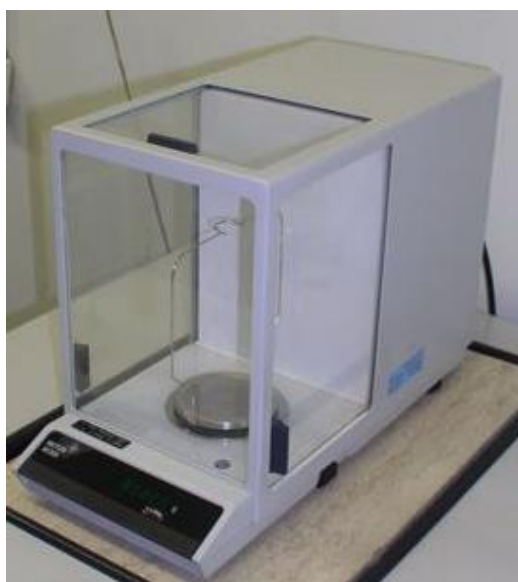


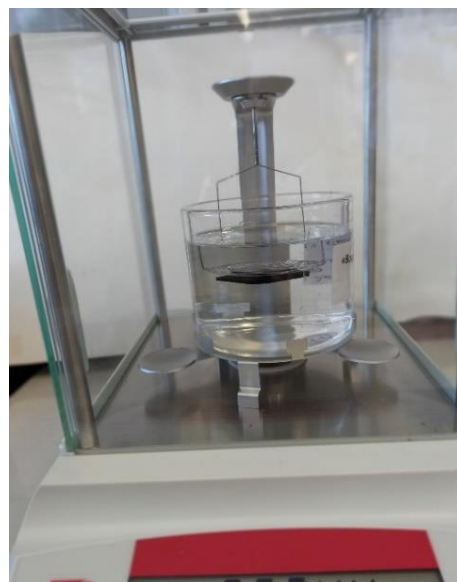
Рисунок 18 – Держатель для крепления образцов

По окончании времени испытаний, определяют изменение показателей: условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, твердости, сопротивления разрыву, изменения массы и объема.

Для определения изменения объема, гидростатическим методом, которое определяется через измерение массы образца в воздухе и в воде, применяются весы (рисунок 19) с пределом взвешивания до 200г и оснащенные комплектом специальной оснастки для гидростатического взвешивания.



а



б

Рисунок 19 – Весы аналитические «ACCULAB» (а) и приспособление для взвешивания (б) для определения изменения объёма

2.2.6 Определение стойкости к старению при деформации сжатия

ГОСТ 9.029-74. «Метод применяется к резинам с твердостью от 30 до 95 единиц по Шору А. Суть метода заключается в определении упругости резин после старения образцов при статической деформации сжатия в заданных условиях» [9].

Испытательные образцы изготавливаются в соответствии с ГОСТ 269-66 и имеют форму цилиндров. В то же время допустимо использовать образцы, собранные из различных слоев резин путем наложения друг на друга. При таком подходе разнородные слои совмещаются без склеивания. Толщина одного слоя должна быть не менее 2 мм. Наличие зазоров и посторонних веществ между слоями не допускаются.

Образцы помещаются между струбцинами, представляющие собой две стальные параллельные пластины. Равномерное стягивание образцов осуществляется путем болтового соединения (рисунок 20).

Образцы подвергают деформации сжатия на 25%, затягивая болты до соприкосновения пластин с ограничителями. Используемые струбцины и

ограничители должны быть из нержавеющей стали или должны быть хромированы. Температуру и время старения для конкретной марки резины устанавливают в соответствии со стандартами или техническими условиями на резины.

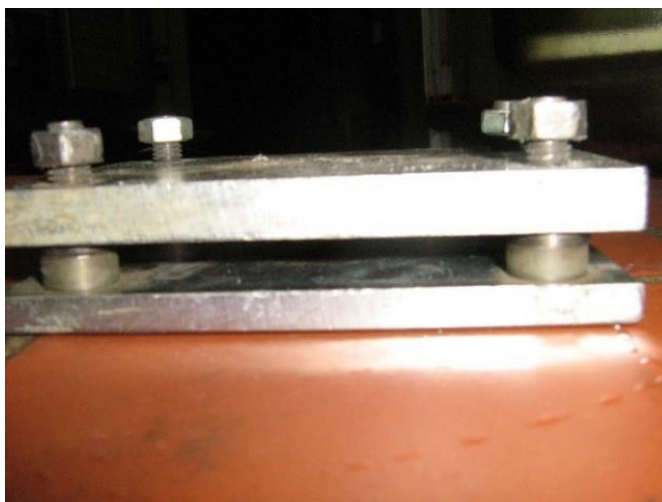


Рисунок 20 – Струбцины с ограничителями

Показатель «относительная остаточная деформация сжатия (С) в процентах с точностью до 0,01 вычисляют по формуле:

$$C = \frac{h_0 - h}{h_0 - h_s} \times 100, , \quad (8)$$

где h_0 – высота образца перед испытанием, мм;

h – высота образца после испытаний и «отдыха», мм;

h_s – высота ограничителя, мм» [9].

2.2.7 Испытание на износостойкость

Абразиметр «Taber ABRASER» (рисунок 21) является одним из широко применяемых в мире приборов для определения прочности к истиранию эластомеров. Суть метода заключается в определении устойчивости материала к сухому истиранию



Рисунок 21 – Абразиметр «Taber ABRASER 5135»

Абразивные круги TABERA производят абразивное воздействие. Установленные на вращающейся поверхности, образцы для испытаний истираются двумя абразивными кругами: перемещаясь по образцу, круги оставляют границы истирания, которые образуют узор из пересекающихся арок на круглом кольце площадью около 30 см². Это показывает устойчивость к истиранию под любым углом по отношению к износу или зернистости материала. Простой в использовании прибор был принят во всем мире в качестве инструмента для исследований по оценке абразивного износа; процессов качества и контроля; оценки поставщиков и разработки продукции.

Роторные абразиметры могут воспроизводить достоверные результаты в течение нескольких минут, по сравнению с годами, которые потребовались бы для проведения испытаний в реальном времени. Испытания по методу Табера подразумевают установку плоского образца квадратной или круглой формы

размером около 100 мм на платформу, которая вращается вокруг вертикальной оси с постоянной скоростью. Стандартная толщина материала, которую можно оценить с помощью ротационного абразива Taber, составляет 6,35 мм (материалы толщиной более 6,35 мм, но менее 40 мм могут быть испытаны с помощью дополнительных принадлежностей). Два настоящих абразивных круга Taber, которые прикладываются с определенным давлением, опускаются на поверхность образца. Характерное трехстороннее изнашивание происходит при контакте образца со скользящим вращением двух абразивных кругов (рисунок 22).

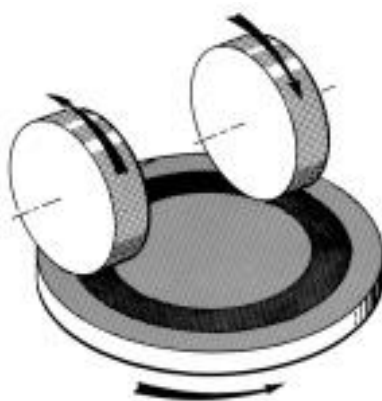


Рисунок 22 – Абразивные круги прибора

При вращении поворотные круги движутся в противоположных направлениях вокруг горизонтальной оси, смещенной тангенциально относительно оси образца. Один абразивный круг трет образец наружу к периферии, а другой - внутрь к центру, в то время как вакуумная система удаляет мусор во время испытания. Круги проходят полный круг по поверхности образца, демонстрируя стойкость к истиранию под любым углом по отношению к переплетению или зерну материала. Полученные следы истирания образуют узор из пересекающихся дуг в виде круговых полос, которые покрывают площадь около 30 см².

Каждый поворотный стол имеет два абразивных рычага, которые точно сбалансированы. Независимо функционирующие, абразивные рычаги могут

быть подняты (или опущены) при установке или осмотре образцов. Каждый рычаг нагружен давлением 250 грамм на образец, за исключением веса колеса. Чтобы увеличить нагрузку до 500 или 1000 г, крепление для вспомогательных весов размещается на внешней стороне подшипникового узла абразивного круга. Такое расположение обеспечивает concentricность весов с абразивным кругом. Шпильки на заднем конце абразивного рычага используются для передачи дополнительного противовеса (используется для уменьшения нагрузки на 50, 125 или 175 грамм).

Абразиметр «Taber 5135» имеет стандартные характеристики:

- собран в прочном герметичном алюминиевом корпусе, имеет один поворотный стол образца;
- возможность управления скоростью вращения поворотного стола 60 об/мин и 72 об/мин;
- простой в использовании интерфейс оператора, включающий тактильные кнопки и четырехстрочный цифровой дисплей, простые инструкции на экране позволяют оператору изменять параметры испытания с помощью кнопки меню, а внутренняя память сохраняет настройки;
- вакуумная система имеет решающее значение для правильной работы прибора; вакуумное сопло закреплено на регулируемом креплении на задней стороне корпуса; точная регулировка вакуума сопла позволяет изменять его высоту для работы с образцами различной толщины;
- прецизионные грузы из нержавеющей стали весом 250 и 750 грамм поставляются для стандартной нагрузки на колесо 500 и 1000 грамм, на грузиках указана общая нагрузка на колесо, эта маркировка включает вес абразивного рычага (250 грамм);
- быстросъемная монтажная ступица позволяет быстро установить колесо без необходимости использования гайки, увеличить зазор для вакуумных сопел и увеличить зону обзора, в экспериментальном образце.

Коническая гайка обеспечивает положительное усилие фиксации на фиксирующем выступе ступицы, что позволяет надежно закрепить колеса до их отсоединения.

Методы оценки основан по ГОСТ 426-77 [7]. Результаты испытаний с использованием абразива Табера включают: циклы до заданной конечной точки - количество циклов, необходимое для достижения заданной конечной точки, или внешний вид, или состояние образца после заданного количества циклов. Критерии оценки могут включать: потерю прочности на разрыв, обрыв нити, потерю покрытия, изменение блеска, потерю цвета или другие изменения внешнего вида. В этих случаях истирание образца, как правило, сравнивается с известным стандартным материалом для испытаний. При визуальном осмотре изменений внешнего вида образца оценка должна проводиться с использованием последовательной системы оценок, такой как шкала визуальной оценки (например, пятиступенчатая) или критерий "прошел/не прошел".

Потеря веса (массы) - этот метод измеряет, сколько материала было удалено в результате истирания, определяется в процентах и рассчитывается по формуле:

$$L = (A - B)/A \times 100, \quad (9)$$

где L – показатель массы, %;

A – масса образца до истирания, мг;

B – масса образца после истирания, мг.

При выполнении метода потери веса на образцы во время испытания могут налипать свободные частицы. Очень важно как можно лучше очистить образцы перед взвешиванием.

2.2.8 Исследование состава методом ИК-спектроскопии.

При разработке резин для сальников автомобилей, а также для выявления причин дефектов деталей в процессе эксплуатации проводятся

исследования их химического состава.

В основном эти работы заключаются в определении базового каучука и содержания групп НАК. Определение типа каучука проводится с применением метода ИК-спектроскопии по Технологической инструкции.

Для идентификации состава записываются ИК-спектры стандартных образцов всех марок нитрильных резин (СКН-18, 20, 26, 40), фторрезин СКФ-26, СКФ-32 и на основе TER-полимера, а так же акрилатных марок типа 2801 на основе Akron-740.

Содержание нитрильных групп определяется по методике МИ-1-92, разработанной ВНИИСК (г. Санкт-Петербург).

Проводится пробоподготовка, записываются информационные ИК-спектры на спектрофотометре (рисунок 23) и строится калибровочный график зависимости относительной оптической плотности от содержания нитрильных групп в % в соответствии с методикой.



Рисунок 23 – ИК-Фурье спектрометр «Nicolet IS10»

Метрологические характеристики методики:

- допустимые расхождения двух параллельных определений содержания нитрильных групп в нитрильных резинах 4-6% масс;

- погрешность анализа (с доверительной вероятностью 0,95 составляет 2,5-4,0 % масс. (в зависимости от марки резины).

На рисунке 24 показан пример ИК-спектра сравнения графиков образца сальника с сравнением с графиками резин на основе акрилатного и нитрильного каучуков.

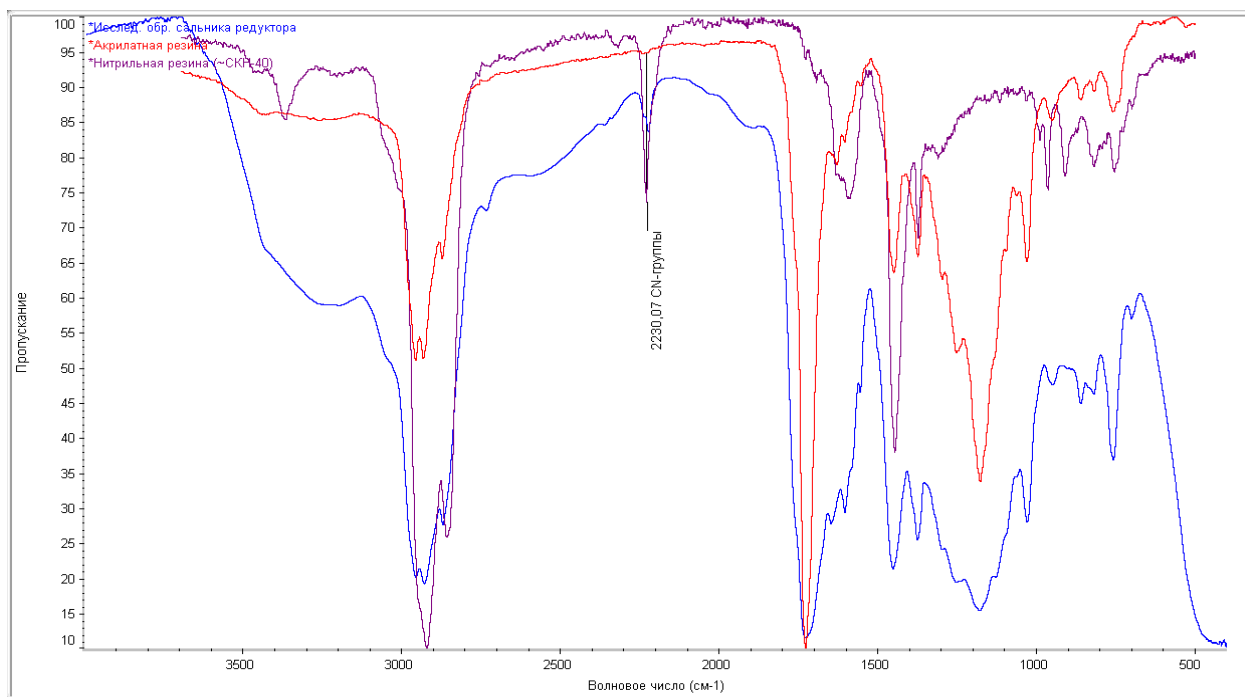


Рисунок 24 – пример ИК-спектра резин: синяя полоса – образец сальника, красная полоса – акрилатная резина, фиолетовая – нитрильная резина.

2.3 Техника безопасности при работе с оборудованием

2.3.1 Техника безопасности при работе с гидравлическим прессом

Гидравлический пресс с поворотным ударником «Compart 13/005.85» предназначен для вырубki контрольных образцов для проведения испытаний полимерных и композиционных материалов.

К работе допускается только обученный персонал. Установка должна иметь заземление. Категорически не допускается в момент вырубki устанавливать или поправлять образец. Остатки материала должны быть удалены сразу после проведения вырубki. Пресс должен содержаться в

чистоте и рабочем состоянии. При обнаружении неисправности отключить пресс и поставить в известность инженера и вызвать ремонтную службу.

2.3.2 Техника безопасности при работе на разрывной машине

Универсальная напольная машина «Instron №3365» подходит для испытаний на растяжение и/или сжатие материалов с нагрузками до 100 кН при комнатной температуре.

К работе допускается только обученный персонал. Перед тем, как приступить к работе проверить целостность проводки и исправность заземления. При необходимости произвести смену динамометрического датчика только при выключенной машине. Включить последовательно блок, ПК, машину за 15-20 мин до начала работы с целью прогрева всех систем. Перед началом работы проверить установку пределов рабочего хода (ограничителя перемещения траверсы) во избежание травм и повреждения оборудования в результате неожиданного движения траверсы. В процессе закрепления образцов в зажимы или установки приспособления траверса должна оставаться неподвижной. Во время движения траверсы, руки работающего не должны находиться между зажимами. При этом необходимо держать наготове руку на красной кнопке «стоп». Перед сменой зажимов и приспособлений подвижную траверсу опустить вниз на расстояние, достаточное для свободного манипулирования.

Если во время работы машины произошла экстренная остановка траверсы по причине касания ограничителя, то необходимо отвести траверсу с помощью кнопок «вверх», «вниз» на передней панели. Если траверса не двигается, необходимо отвести ограничитель от приводного элемента траверсы и перезапустить систему, щелкнув кнопку «Запустить раму» на экране компьютера.

При возникновении иных внештатных ситуациях во время проведения испытаний следует сообщить инженеру или начальнику лаборатории, совместно изучить справочное руководство и принять необходимые меры по разрешению проблемы.

2.3.3 Техника безопасности при работе с твердомером

Твердомер по Шору А используют для измерения твердости полимерных материалов (резин, пластмасс).

К работе допускаются сотрудники лаборатории, изучившие инструкцию и прошедшие инструктаж по правилам техники безопасности:

- не устанавливать ничего на блок прибора;
- не допускать нахождение пальцев рук в зоне испытаний во время процесса измерения во избежание травмирования концами инденторов;
- не допускать нахождение посторонних предметов (канцелярские принадлежности, пинцеты, скальпели, проволоки и т.п.) в зоне испытаний во время процесса измерения твердости во избежание повреждения прибора;

При обнаружении неисправности сообщить инженеру и начальнику лаборатории.

2.3.4 Техника безопасности при работе с термошкафом

Термошкаф предназначен для термической обработки материалов и деталей в лаборатории (термическое старение в воздухе или среде).

К работе допускаются лица, получившие соответствующий допуск от руководителя работ, после прохождения инструктажа, изучения инструкции по эксплуатации и безопасным правилам эксплуатации оборудования.

Перед началом работы проверить исправность проводки и заземления, проверить подключение шкафа в сеть с напряжением 220В. Установить на шкале температур тумблером терморегулятора требуемое значение температуры и после этого включить тумблер обогрева шкафа. Систематически проверять показатели температуры настоящей и заданной. Нагретые образцы и приспособления вынимать из термошкафа с помощью асбестовых перчаток. Разогретые образцы извлекать из термошкафа только при включенной вытяжной вентиляции. По окончании работы выключить оборудование.

При возникновении неисправностей сообщить инженеру или начальнику лаборатории и принять меры по разрешению проблемы.

Выводы

В главе представлены основные технические требования к работе узла, требования к проведению испытаний и нормы для резин сальников трансмиссии. Описаны требования к рабочей жидкости – трансмиссионному маслу. Рассмотренные методики испытаний образцов резин позволяют оценить основные физико-механические характеристики материалов, а нормы определить уровень качества. Предложенные нормы и требования к резинам на основе акрилатных и фторкаучков, изложенных в требованиях PTR АСМ и PTR FKM позволяют повысить качество эластомеров, поставить их на высший уровень. Техника безопасности при работе с оборудованием позволяет сохранить здоровье персонала.

Глава 3 Проведение испытаний, результаты и выводы

3.1 Испытания марки резины на основе акрилатного каучука

Долгое время производитель ОАО «Балаковорезинотехника» изготавливал сальники коробки передач из марки резины 2801 на основе акрилатного японского каучука AkronAR-740. По результатам периодических испытаний серийных резин в лаборатории, зачастую выдавались отрицательные заключения, после чего партии деталей браковались и возвращались поставщику, а также сальник 1701043 КП часто приходил на исследования, снятый в гарантийный период эксплуатации. Для анализа материала было решено взять за основу отчет мирового производителя уплотняющих манжет – фирмы «Фройденберг» («Freudenberg») по испытаниям сальника КП от серийных поставок, представленного в Приложении А (рисунки А1. А2).

По результатам испытаний были сделаны выводы:

- на манжетах выявлена хорошо различимая полоса износа;
- анализ манжет показывает сильное затвердевание материала;
- причина, скорее всего, лежит в нестабильности свойств материала

при повышенных температурах работы узла.

Следовательно, повышение температуры в узле приводит к затвердеванию резинового элемента сальника, что приводит к износу, и, как следствие – течи.

Для изменения ситуации, было предложено заменить резиновый элемент сальника путем замены базового каучука [19]. Для достижения поставленных целей разработана и реализована программа работ с ОАО «Балаковорезинотехника» по подбору альтернативного материала. Японской фирмой «Unimatec» был рекомендован специально разработанный для уплотнений систем трансмиссии, высокотемпературный полиакрилатный

каучук «Noxtite PA-522V», обеспечивающий лучшую износостойкость сальников, а также стойкость к минеральным и полусинтетическим маслам.

Важно отметить, что этот же каучук использует фирмой «Фройденберг» для изготовления сальников узлов трансмиссии.

На рисунке 25 представлены сравнительные характеристики каучуков по тепло- и масло- стойкости, взятых из презентации фирмы [27]. Здесь высокотемпературный акрилатный каучук «Noxtite» представлен HT-АСМ, каучук на основе акрилата – АСМ.

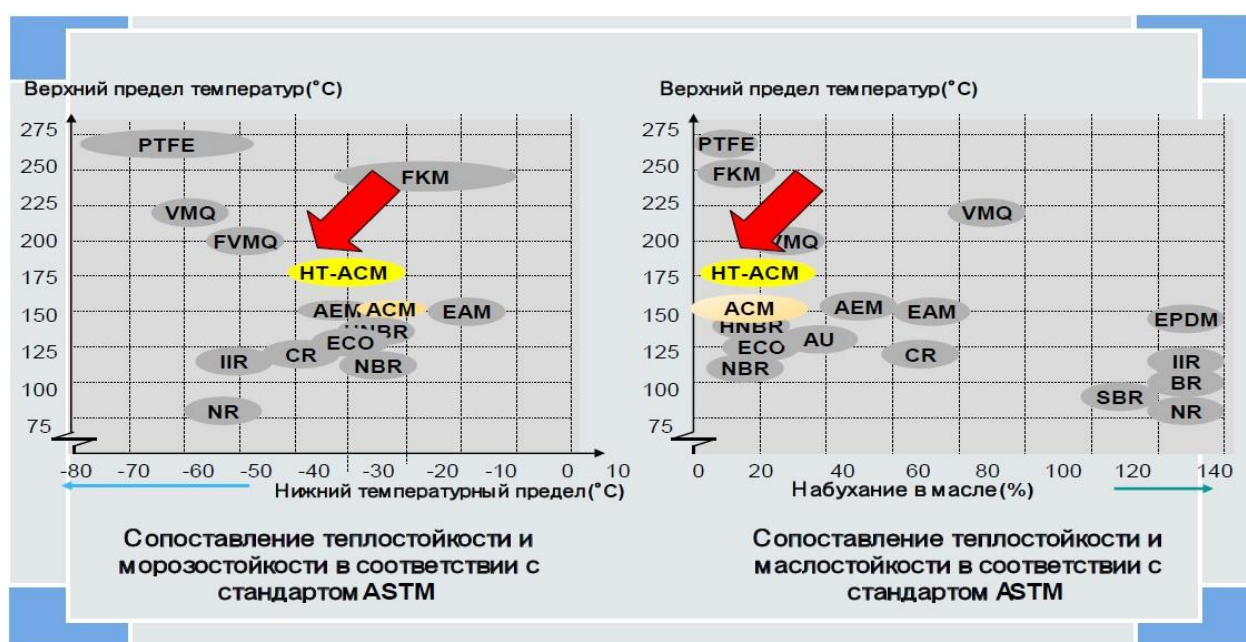


Рисунок 25 – Сравнительные характеристики каучуков

Производителем направлялись образцы резин для проведения испытаний в управление лабораторно-испытательных работ. Образцы испытывались на соответствие требованиям действующих ТУ 2539-00149289-2010 и в сравнении с требованиями PTR для акрилатных резин.

В период работ по освоению новых материалов в УЛИР проведены несколько лабораторных испытаний образцов резины 2801-522V, некоторые из них представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты испытаний резин 2801-522V

№ п/п	Наименование показателей	Результаты испытаний					Норма ТУ	Норма PTR	
		Пр.1	Пр.2	Пр.3	Пр.4	Пр.5			
1	Твердость IRHD, ед.	73	74	76	75	73	75±5	73±5	
2	Условная прочность при растяжении, МПа	7,8	8,1	8,9	8,5	7,6	≥ 6,9	≥ 6,4	
3	Относительное удлинение при разрыве, %	180	170	140	160	190	≥ 130	≥ 200	
4	Относительная остаточная деформация при сжатии на 25% при температуре 150°Сx72ч:								
	- изменение, %	28	26	36	23	32	≤ 70	≤ 50	
5	Стойкость к воздействию трансмиссионного масла:						135°Сx72ч	150°Сx72ч	
	- изменение твёрдости, ед	+1	-1	+2	+1	-1	±8	±8	
	- изменение прочности, %	-5	-2	-1	-3	-4	≥-20	≥-20	
	- изменение удлинения, %	-4	-3	+6	-3	+2	≥-20	≥-20	
	- изменение объёма, %	+1	+2	0	+3	+1	-2÷+8	-2÷+8	
6	Стойкость к термическому старению в воздухе при 150°Сx72ч:								
	- изменение твёрдости, ед	+2	+3	+5	+1	0	±8	±5	
	- изменение прочности, %	-6	-4	-2	-5	-6	≥-25	≥-25	
	- изменение удлинения, %	-8	-9	-5	-8	-7	≥-25	≥-25	

По результатам испытаний все образцы резины 2801-522V соответствуют требованиям ТУ, выданы положительные заключения.

Кроме того, проведены испытания по разработанной программе совместимости применяемых для изготовления сальников резин с полусинтетическими маслами. В таблице 6 показан набор данных по изменению ключевых показателей после испытаний нескольких закладок резины марки 2801-522V в маслах, используемых для первой заправки автомобилей (промышленных), а также в маслах с различными присадками, которые могут войти в список допущенных к заправке на производстве.

Таблица 6 – Набор данных по результатам испытаний в трансмиссионных маслах с определением изменения физико-механических показателей

№ обр. резины	Проба масла	Изм. твердости	Изм. прочности	Изм. удлинения	Изм. объема
01	промышл	0	-5	-7	3
02	промышл	-1	-2	-3	3
03	Присадка Англамол	1	-1	4	-1
04	промышл	2	-3	4	2
05	Присадка Axcel S	3	-2	0	1
06	промышл	4	-1	5	0
07	Присадка Англамол	-3	-2	-6	1
08	промышл	2	1	6	0
09	Присадка Axcel S	2	-1	3	2
10	промышл	1	-1	-1	1

Со стороны поставщика проведены испытания по сравнению износостойкости вулканизированных резин серийной и перспективной марки, где оценивали в испытательной лаборатории Инженерного центра ОАО «Балаковорезинотехника» по показателю «Сопротивление истиранию» на приборе «Taber 5135 ABRASER» по определению % потери массы.

На приборе «Taber-5135 ABRASER» проведена исследовательская работа по определению процента потери массы вулканизированных резин марок 2801 (на основе каучука AR-740) и 2801-522V (на основе Noxite PA-522V) по сопротивлению истиранию. Режим испытания: нагрузка на материал $m = 1$ кг; скорость вращения $v = 60$ об/мин; количество циклов $N = 550$; марка абразива H-18. Результаты приведены в сравнительной таблице 7.

Таблица 7 – Результаты сравнительных испытаний по износу

Марка резины	Масса образца до	Масса образца после	Потеря массы в %	Среднее значение процента потери массы
2801	22,3431	21,8215	2,3345	1,7009
	21,8215	21,4207	1,8367	
	24,0636	23,7632	1,2484	
	23,7632	23,4343	1,3841	
2801-522	22,5892	22,2326	0,2504	0,2443
	23,6482	23,5971	0,2158	
	21,5694	21,5099	0,2756	
	22,2456	22,1932	0,2356	

По результатам испытаний резина марки «2801-522» по проценту износа превосходит серийную резину марки «2801» в 7 раз.

Проведен комплекс испытаний сальников из резины 2801-522V: стендовые, дорожные, монтажные.

Стендовые испытания сальников в составе узла.

Объект испытаний: опытные сальники первичного вала КП в сборе, дет. 2110-1701043, производства ОАО «Балаковорезинотехника» из резины марки 2801-522V на оснастке для изготовления серийного сальника, в количестве 3 шт.

Условия и методика проведения оценки: оценка монтажных свойств опытных сальников проводилась на производственном участке, в соответствии с методикой И 31480.37.101.0025-2011 «Оценка собираемости и монтажных свойств коробки передач» [15]. Установка сальников проводилась по методике И 37.101.0155-2012. Оценка функционирования коробки передач 2190 с опытными сальниками проводилась в режимах методики И 31130.37.101.0011-2009 «Оценка функционирования сальников редукторных узлов трансмиссии в стендовых условиях» [14] применительно для автомобиля с двигателем ВАЗ 21126 с частотой вращения первичного вала 5600 оборотов в минуту на стенде код. № 06.22.689.033.

По результатам испытаний по монтажу опытных сальников замечаний нет, в процессе испытаний на всех режимах по герметичности опытных сальников течи не выявлено, а ширина износа по рабочей кромке сальников после испытаний составила 0,15 мм, что допускается.

Дорожные испытания в объеме 35000 км на двух автомобилях LADA GRANTA прошли успешно, выдан положительный отчет.

В производстве сработана опытно-промышленная партия сальников первичного вала КП (с серийной оснастки) в объеме 200 шт. Выдано предварительное заключение на поставку сальников первичного вала КП 1701043 из резины 2801-522V.

3.2 Испытания марки резины на основе фторкаучука

Для анализа материала были проведены сравнительные испытания серийной резины двух поставщиков: ОАО «Балаковорезинотехника» из резины 2801 на основе акрилатного японского каучука AkronAR-740 и ЗАО «Резинотехника» из резины К70-801 на комбинации нитрильного и хлорсульфированного каучуков, оба предприятия расположены в городе Балаково и оба имеют рекламации в эксплуатации.

Проанализировав оба варианта, было предложено рассмотреть возможность изготовления сальников КП из резин, обладающих наибольшей термо-, масло- и износостойкостью.

По совместной программе работ с ЗАО «Резинотехника» принято решение о разработке и внедрении фторрезины марки К70-406 на взамен применяемой.

За время разработки новых материалов были разработаны и утверждены нормативные документы: PTR (Preliminary Technical Requirement – предварительные технические требования) для резин на основе акрилатных и фтористых каучуков, а позже и ТТ (технические требования) на марку резины для сальников КП производства ЗАО «Резинотехника».

Совместно с поставщиком ЗАО «Резинотехника» проведена большая работа. В качестве альтернативного материала сальника КП была разработана резина К70-406 на основе фторкаучука «Viton В651С» фирмы «Du Pont» [26], имеющего повышенную износостойкость и термостойкость, способность работать в температурных интервалах от -45°C до $+175^{\circ}\text{C}$.

Производителем направлялись образцы резин для проведения испытаний в управление лабораторно-испытательных работ. Впервые испытания нового материала были проведены на соответствие обновленным техническим требованиям – по разработанному проекту PTR для фторкаучуков. После проведенного сравнительного анализа требований и норм для резины К70-406 были утверждены новые технические условия ТТ 025-2010.

В период работ по освоению новых материалов в УЛИР проведены несколько лабораторных испытаний образцов резины К70-406, все направленные образцы соответствовали требованиям НД.

В таблице 8 представлены результаты лабораторных испытаний одной из партий образцов резины К70-406 на соответствие требованиям ТУ 2539-001-00149289-2010 (для резин группы I) в сравнении с требованиями PTR для фторкачуков и техническим условиям ТТ 025-2010.

Таблица 8 – Результаты испытаний резины К70-406

№	Наименование показателей	Результаты испытаний	Норма ТУ	Норма PTR	Норма ТТ
1	Твердость IRHD, ед.	72	75±5	73±5	75±5
2	Условная прочность при растяжении, МПа	13.3	≥ 9,8	≥ 9,8	≥ 9,8
3	Относительное удлинение при разрыве, %	200	≥ 150	≥ 200	≥ 175
4	Относительная остаточная деформация при сжатии на 25% при температуре 150°Сx72ч:				
	- изменение, %	16,6	≤ 25	≤ 35	≤ 30
5	Стойкость к воздействию трансмиссионного масла при 135°Сx72ч:				
	- изменение твёрдости, ед	0	-2÷+4	-3÷+3	-3÷+3
	- изменение прочности, %	-10	-20÷+20	-20÷+15	-20÷+15
	- изменение удлинения, %	-9	-20÷+20	-20÷+15	-20÷+15
	- изменение объёма, %	+1	0÷+5	0÷+3	0÷+4
6	Стойкость к термическому старению в воздухе:		135°Сx72ч	175°Сx72ч	150°Сx72ч
	- изменение твёрдости, ед	0	-3÷+5	-5÷+5	-5÷+5
	- изменение прочности, %	-3	-10÷+25	-15÷+15	-15÷+15
	- изменение удлинения, %	-1	-20÷+20	-20÷+15	-20÷+15

По результатам испытаний резина марки К70-406 соответствует требованиям указанных НД, выданы положительные заключения.

Для сравнительной оценки результатов испытаний проведен анализ изменения прочностных характеристик серийно-используемых резин двух поставщиков резины 2801 и резины К70-801 с разработанной резиной К70-406 на основе фторкаучука. В таблице 9 показаны изменения прочностных характеристик после воздействия трансмиссионного масла и термического старения в воздухе, при температурном режиме испытаний 135°Сx72ч.

Таблица 9 – Сравнительные результаты испытаний резины К70-406 и серийно применяемых резин

Марка резины	БРТ 2081 серийная	РТ К70-801 серийная	РТ К70-406	Норма ТУ на 2081	Норма ТУ на К70-801	Норма ТТ (PTR) на К70-406
Показатели						
прочность	8,8	13,8	13,3	≥ 6,4	≥ 13,7	≥ 9,8
изменение прочности после масла	-7	-31	-10	≥ -20	≥ -35	-20 ÷ +15
изменение прочности после воздуха	-2	-12	-3	≥ -25	≥ -25	-15 ÷ +15
удлинение	140	280	200	≥ 130	≥ 150	≥ 175
изменение удлинения после масла	+3	-44	-9	≥ -25	≥ -40	-20 ÷ +15
изменение удлинения после воздуха	-20	-47	-1	≥ -35	≥ -30	-20 ÷ +15

По результатам сравнительных испытаний выявлено, что разработанная марка резины по основным показателям превосходит применяемые материалы и может быть использована для изготовления сальников первичного вала КП.

Разработанный совместно с ЗАО «Резинотехника» сальник КП из марки резины К70-406 для КП прошел комплекс испытаний: стендовые, дорожные и монтажные в цехе.

Стендовые испытания сальников в составе узла.

Объект испытаний: опытные сальники первичного вала КП в сборе, дет. 2110-1701043-12, производства ЗАО «Резинотехника», в количестве 3 шт., из резины марки К70-406 на оснастке для изготовления серийного сальника.

Условия и методика проведения оценки: оценка монтажных свойств опытных сальников проводилась на производственном участке, в соответствии с методикой И 31480.37.101.0025-2011 «Оценка собираемости и монтажных свойств коробки передач». Установка сальников проводилась по методике И 37.101.0155-2012. Оценка функционирования КП 2190 с опытными сальниками проводилась в режимах методики И 31130.37.101.0011-2009 «Оценка функционирования сальников редукторных узлов трансмиссии в стендовых условиях» применительно для автомобиля с двигателем ВАЗ 21126 с частотой вращения первичного вала 5600 оборотов в минуту на стенде код. № 06.22.689.033.

По результатам испытаний по монтажу опытных сальников замечаний нет, в процессе испытаний на всех режимах по герметичности опытных сальников «течи» не выявлено, ширина износа по рабочей кромке сальников после испытаний составила 0,10 мм, что является нормой.

По результатам проведенных дорожных испытаний в объеме 80000 км на двух автомобилях LADA GRANTA выдан положительный отчет.

В производстве без замечаний сработана опытно-промышленная партия сальников первичного вала КП в объеме 200 шт. с серийной оснастки. Выдано предварительное заключение на поставку сальников первичного вала КП из резины К70-406.

Выводы

По итогам проведенной работы по разработке перспективных резин для сальников узлов трансмиссии определены две марки резины:

– 2801-522V на акрилатном каучуке «Noxtite PA-522V» производства ОАО «Балаковорезинотехника»;

– К70-406 на основе фторкаучка «Viton В651С» производства ЗАО «Резинотехника».

Подобранные марки резин прошли весь комплекс испытаний, начиная с лабораторных по исследованию образцов резин, заканчивая дорожными испытаниями сальников первичного вала коробки передач. Выданы положительные заключения, получены одобрения к запуску в производство для серийных поставок.

Заключение

По литературным данным не все каучуки используются для изготовления сальников узлов трансмиссии, работающие в жестких разно переменных температурных условиях и под воздействием полусинтетических масел. Высокие требования предъявляются к резинам, применяемым для уплотнения валов в статике и динамике, чтобы они обеспечивали герметичность узлов.

Проведение исследования с помощью FMEA-анализа конструкции сальника КП определяет возможные причины возникновения дефекта «течь сальника», имеющего высокие затраты в гарантийный период эксплуатации. Широкая полоса износа рабочей кромки, например, является одним из внешне видовых дефектов сальников и позволяет считать материал нестабильным и недостаточно работоспособным. Исходя из анализа определена одна из возможных причин несоответствия – не оптимально подобран материал уплотняющего элемента сальника.

Среди большого количества литературных данных выбраны каучуки, наиболее подходящие для применения их в узлах трансмиссии. Из описанных в работе каучуков оптимально использование резин на основе высокотемпературных акрилатных и фторкаучков. Разработанные на их основе марки резин лучше других отвечают требованиям работы изделия и применимы к изготовлению сальников КП.

В работе представлены основные технические требования к работе узла, требования к проведению испытаний и нормы для резин сальников трансмиссии. Описаны требования к рабочей жидкости – трансмиссионному маслу. Представлены специально разработанные требования PTR к перспективным маркам резин на основе акрилатного и фторкаучка.

Рассмотренные методики испытаний образцов резин позволяют оценить основные физико-механические характеристики материалов, а нормы определить уровень качества. Предложенные нормы и требования к резинам

на основе акрилатных и фторкаучков, изложенных в требованиях PTR АСМ и PTR FKM позволяют повысить качество эластомеров, поставить их на высший уровень.

Показаны результаты испытаний перспективных марок резин на указанном в работе оборудовании по описанным методикам. Представлены как стандартные методы испытаний, так и порядок организации работ при сравнительных испытаниях материалов двух поставщиков.

Проведены испытания двух марок резин от двух поставщиков. Первая марка резины 2801-522V на основе полиакрилатного каучука «Noxtite PA-522V» производства ОАО «Балаковорезинотехника», вторая – резина марки К70-406 на основе фторкаучука «Viton B651C» производства ЗАО «Резинотехника».

Выводы по результатам исследования образцов резин и сальников КП из марки резины 2801-522V на основе акрилатного каучука:

1. Получены положительные результаты лабораторных испытаний в УЛИР на соответствие требованиям ТУ и PTR АСМ.
2. Проведенные испытания по износостойкости показывают превосходство в сравнении с серийно применяемой в 7 раз.
3. Стендовые испытания новых сальников КП в составе узла получили положительное заключение. В процессе испытаний на всех режимах по герметичности опытных сальников течи не выявлено, а ширина износа по рабочей кромке сальников после испытаний составила 0,15 мм, что является нормой.
4. По результатам проведенных дорожных испытаний в объеме 35000 км на двух автомобилях LADA GRANTA выдан положительный отчет.
5. Сработана опытно-промышленная партия сальников первичного вала КП (с серийной оснастки) в объеме 200 шт. По результатам монтажных испытаний замечаний не выявлено.
6. Выдано предварительное заключение на поставку сальников первичного вала КП 1701043 из резины 2801-522V.

Выводы по результатам исследования образцов резин и сальников КП из марки резины К70-406 на основе фторкаучука:

1. Получены положительные результаты лабораторных испытаний в УЛИР на соответствие техническим требованиям и PTR FKM.

2. Стендовые испытания опытных сальников КП в составе узла получили положительное заключение. В процессе испытаний на герметичность по всех режимах течи сальников не выявлено, ширина износа по рабочей кромке сальников после испытаний составила 0,10 мм.

3. По результатам дорожных испытаний на двух автомобилях LADA GRANTA в объеме 80000 км выдан положительный результат.

4. Сработана опытно-промышленная партия сальников первичного вала КП (с серийной оснастки) в объеме 200 шт. По результатам монтажных испытаний замечаний не выявлено.

5. Выдано предварительное заключение на поставку сальников первичного вала КП 1701043-12 из резины К70-406.

По итогам проведенной работы можно сделать вывод, что переход на сальники КП, изготовленных из перспективных марок резин, снизит или совсем устранил дефект «течь» по первичному валу коробки передач.

Список используемых источников

1. Бадалова П.В., Родина Т.А., Таганова В.А., Щербинина Н.А., Пичхидзе С.Я. Наноструктурированные неорганические технологические добавки // Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологии : сб. тр. IV междунар. науч. конф., г. Балаково, 5 апр. 2018г. – 2013. – С.195.
2. Большой справочник резинщика, часть 1 Каучуки и ингредиенты / Под ред. Резниченко С.В. – Москва: «Химия», 2012.
3. Гармонова И.В. Синтетический каучук. – Ленинград: «Химия», 1983.
4. ГОСТ 263-75 Резина. Метод определения твердости по Шору А. – Взамен ГОСТ 263-53; Введ. С 01.01.77. – Москва: Изд-во стандартов, 1989.
5. ГОСТ 269-66 Резина. Общие требования к проведению физико-механических испытаний. [Текст] – Взамен ГОСТ 269-66; Введ. С 01.07.66. – Москва: Изд-во стандартов, 2001.
6. ГОСТ 270-75 Резина. Метод определения упругопрочностных свойств при растяжении. – Взамен ГОСТ 270-64; Введ. С 01.01.78. – Москва: Изд-во стандартов, 2008.
7. ГОСТ 426-77 Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении. – Взамен ГОСТ 2426-66; Введ. С 01.01.78. – Москва: Изд-во стандартов, 2002.
8. ГОСТ 9.024-74 Резины. Методы испытаний на стойкость к термическому старению – Взамен ГОСТ 271-67 Введ. С 01.07.75. – Москва: Изд-во стандартов, 1994.
9. ГОСТ 9.029-74 Резины. Методы испытаний на стойкость к старению при статической деформации сжатия – Взамен ГОСТ 11099-64 Введ. С 01.01.76. – Москва: Изд-во стандартов, 1981.
10. ГОСТ 9.030-74 Резины. Методы испытаний на стойкость в ненапряженном состоянии к воздействию жидких агрессивных сред – Взамен

ГОСТ 421-59 и ГОСТ 424-63 Введ. С 01.07.75. – Москва: Изд-во стандартов, 2008.

11. Зуев А.В. Исследование технологичности каучука СКФ-26ВС / Зуев А.В., Сочнев А.Н., Пичхидзе С.Я., Юровский В.С // Резиновая промышленность. Сырье. Материала. Технологии: материалы XV международной науч.-практич. конф. (Москва, 25-29 мая 2009) / НИИШП. – М., 2009. – С.154.

12. Зуев А.В. К вопросу о качестве фторкаучука СКФ-26 / Зуев А.В., Сочнев А.Н., Морозова Н.Г., Пичхидзе С.Я., Юровский В.С. // Каучуки и резина. – 2009. - №4. – С.9.

13. Иванова В.Н., Алешунина Л.А. Технология резиновых технических изделий. – Ленинград: «Химия», 1988.

14. И 31130.37.101.0011-2009. Оценка функционирования сальников редукторных узлов трансмиссии в стендовых условиях. – Инструкция с изм.3, 2009. – АО «АВТОВАЗ».

15. И 31480.37.101.0025-2011. Оценка собираемости и монтажных свойств коробки передач. – Инструкция с изм.2, 2011. – АО «АВТОВАЗ».

16. Киселева Г.С., Власов В.В., Зеленина Т.Н., Тоцкая М.Г., Роберт Малек, Муравьев В.Н. Разработка и подбор акрилатных резин для сальников узлов трансмиссии автомобилей ВА3-2123 [Текст]. – Тольятти. 2015г. – С.4-9.

17. Круташов А.В. Конструкция автомобиля: коробки передач: учебное пособие для СПО – 2е изд. [Текст], Москва, 2022г.

18. Материалы в автомобилестроении // сборник докладов II международной научно-практической конференции. – М.: 2003.

19. Панкрашкина Н.С. Улучшенный материал сальников коробок передач полноприводных автомобилей LADA // сборник тезисов научно-практической конференции «Студенческие дни науки в ТГУ», Тольятти, 05 апреля – 30 апреля 2021 года: Изд-во ТГУ, 2021. С.582-585.

20. Патент 111944219 Китай. Oil seal HNBR rubber for engine and preparation method of the oil seal HNBR rubber / Ma Xiaopeng, Zhu Daigui, Gao Donglan. Оpubл. 17.11.2020.

21. Патент 20190111296 Южная Корея. OIL SEAL RUBBER COMPOSITION AND OIL SEAL MANUFACTURED USING THE SAME / Kang Jaewook. Оpubл. 02.10.2019.

22. Патент 210890097 Китай. SEIF-TIGHTENING RUBBER OIL SEAL / Lin Qingxing. Оpubл. 30.06.2020.

23. Патент 5569898 Япония. ACRYLIC RUBBER COMPOSITION AND VULCANIZATES THEREOF / Uichiro Yamagishi, Toshiaki Miyauchi, Yasushi Abe. Оpubл. 13.08.2014.

24. Пичхидзе С.Я. Совершенствование рецептуры фтористых резин для сальников трансмиссии автомобилей [Текст] / Юровский В.С., Куприянович О.Б., Колпакова В.А., Васильев О.М., Пичхидзе С.Я // Фторполимерные материалы. Научно-технические, производственные и коммерческие аспекты: материалы I Всерос. науч.-практ. Конф. Кирово-Чепецк, 2008. С.22.

25. Пичхидзе С.Я. Эластомерные композиции на основе фторкаучков перекисной вулканизации для автомобилей ВАЗ / Пичхидзе С.Я., Васильев О.М., Юровский В.С., Устинова Т.П., Кононенко С.Г. // Пластические массы. – 2009. – №1. – С.52-53.

26. Презентация американской фирмы «Du Pont». Фторэластомеры «Viton» и этилен-акрилатные эластомеры «Vamac». – Москва, март 2009.

27. Презентация японской фирмы «Unimatec» по полиакрилатному каучуку «Noxtite». – Москва, май 2018.

28. Таганова В.А., Копыльцов В.В., Игнатов А.И., Пичхидзе С.Я. Прочность связи резины с металлом // International Scientific Review. – 2015. Вып. №2(3). – №2(3). – С.9-12.

29. Таганова В.А., Пичхидзе С.Я. Сравнительная оценка активности катализаторов вулканизации фторкаучка // Фундаментальные и прикладные исследования: проблемы и результаты : сб.материалов XIV междунар.науч.-практ.конф., г.Новосибирск, 33 окт.2014г.. – 2014. – С.113-114.

30. Технология резины. Рецептуростроение и испытания [Текст] / Под ред. Дика Дж.С.; Пер.с англ. Под ред. Шершнева В.А. — Санкт Петербург: Научные основы и технологии, 2010г.

31. Технология эластомерных материалов: учебник для вузов - изд.3-е [Текст] / А.Е. Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шевердяев. – Москва: НППА «Истек», 2009.

32. ТТ 025-2011 Сальник первичного вала коробки передач и резина К70-406. Технические требования с изм.2, 2019. – ЗАО «Резинотехника».

33. ТУ 0253-070-48120848-2012 Масло трансмиссионное полусинтетическое. Технические требования. 2012. – ООО «Новокуйбышевский завод масел и присадок».

34. ТУ 2539-001-00149289-2010 Сальники резинометаллические для уплотнения вращающихся валов автомобилей ВАЗ. Технические условия с изм.8, 2019. – ОАО «Балаковорезинотехника». – С.2-12.

35. Atefeh Salimi, Foroud Abbassi-Sourki, Mohammad Karrabi, Mir Hamid, Reza Ghoreishy. Investigation on viscoelastic behavior of virgin EPDM/ reclaimed rubber blends using Generalized Maxwell Model (GMM) // Polymer Testing. Vol.93, January 2021, 106989. DOI: 10.1016/j.polymertesting.2020.106989.

36. Harekrishna Panigraha, P.R.Sreenatha, Anil K, Bhowmickb K., Dinesh Kumara. Unique compatibilized thermoplastic elastomer from polypropylene and epichlorohydrin rubber // Polymer. Vol.183, 21 November 2019, 121866. DOI: 10.1016/j.polymer.2019.121866.

37. Salleha S.Z., Ahmada M.Z., H. Ismaila. Properties of Natural Rubber/Recycled Chloroprene Rubber Blend: Effects of Blend Ratio and Matrix // Procedia Chemistry. Vol.19, 2016, Pages 346-350. DOI: 10.1016/j.proche.2016.03.022.

Приложение А
Отчет испытаний сальника 2110-1701043 фирмы «Фройденберг»


								
Freudenberg Simmerringe GmbH & Co. KG Weinheim								
Отчет по тесту								
Отчет №:	PE-PKW-9-48/06	Страниц/ Приложений	1/1					
Ответственный:	C. Kohl	Клиент	АВТОВАЗ					
Тема Функциональный тест манжет конкурента (Балаково)								
To understand the input sealing system "Lada input shaft manual transmission", several actions were done. One of these actions was this functional test with original Lada-Seals, tested with Freudenberg-Shafts (according to DIN3761).								
Тестовые манжеты								
RSS Описание 1:	BDSL DRR	Материал:	ACM					
Номер АВТОВАЗа №:	2110-1701043	Производитель	Балаково					
Тестовые условия:								
Спецификация DIN3761		Продолжитель 240 ч						
Шаг	Время	Температура	Обороты	Направление	Повторяемость			
[№]	[ч]	[°C]	[мин ⁻¹]					
1	14 ч	120	6 000	часовая	} X 10 = 240 ч			
2	6 ч	140	6 000	часовая				
3	4 ч	откл. Обогрев	статика	статика				
Среда:	Burmah MTF 0063 (= MTF 1067 Plus)		Стат. эксцентр.	0,1 мм	TIR			
Уровень масла:	Середина вала		Дин. эксцентр.	0,1 мм	TIR			
Вал:	FDS (DIN 3761)		Тестовая установка	FDS DIN3761				
Результаты теста:								
Тест №	Факт	Время [ч]	герметичность [ч]	Протечка [мл]	Осевое усилие [Н]	Износ [мм]	Заметки	
					до теста	после теста		
69245	+	240	240	0	17,3	25,2	0,70 - 1,20	затвердение, канавки
69246	o	240	48	64,5	18,7	27,3	0,25 - 0,35	затвердевание
69247	+	240	240	0	17,5	23,9	0,25 - 0,45	затвердевание
69248	o	240	144	1	19,2	26,7	0,65 - 0,85	затвердение, канавки
69249	o	240	24	1	21,6	26,9	0,60 - 1,00	затвердение, канавки
69250	o	240	24	1	19,5	27,7	0,45 - 0,90	затвердение, канавки
Среднее					20,10	27,10	0,65	
ИТОГИ И ВЫВОДЫ								
Все манжеты удовлетворительного качества были герметичны. Все манжеты неудовлетворительного качества <u>потекли</u> . Везд хорошо различимая полоса износа. Ширина полосы износа имеет различную величину по периметру рабочей кромки манжеты. На некоторых манжетах наблюдаются канавки на полосе износа, скорее всего из-за сильного износа. На всех манжетах можно найти следы износа резины в масле (в канавках насечки) (см. рис. 69246 и 69248).								
Нет следов карбонизации масла. Анализ манжет показал сильное затвердевание эластомерного материала.								
Вывод: Качество материала и манжет имеет влияние на функциональные параметры. Все манжеты имеют широкую полосу износа. Ширина полосы износа варьируется по периметру. Причина скорее всего лежит в нестабильности свойств материала. Это согласуется с результатами анализа вышедших из строя манжет. Скорее всего материал не <u>соответствует</u> заявленным температурным диапазонам, так как на всех манжетах есть следы затвердевания резины, хотя на манжетах написано "ACM 150°C".								

Рисунок А.1 – Результаты функционально теста сальника 2110-1701043

Продолжение Приложения А

Freudenberg
Simmerring GmbH & Co. KG
Weinheim



Отчет по тесту

Отчет №: PE-PKW-9-48/06

Страницы/ Приложения 1/1

Ответственный: С. Kohl

Клиент: АВТОВАЗ

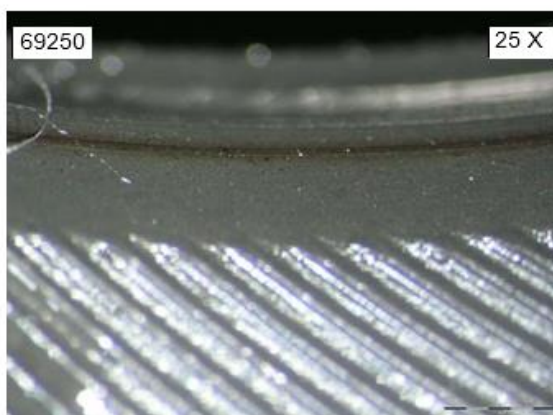
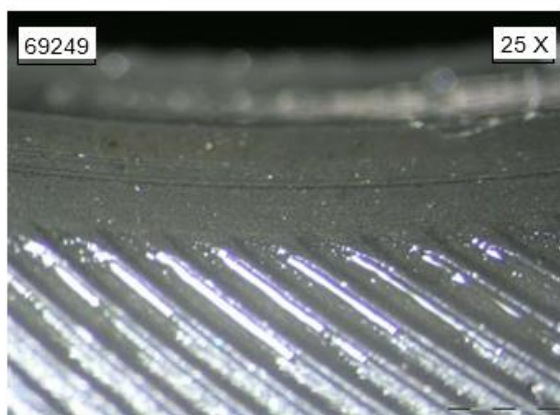
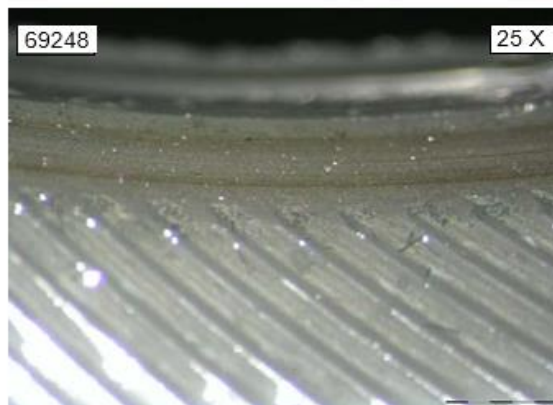
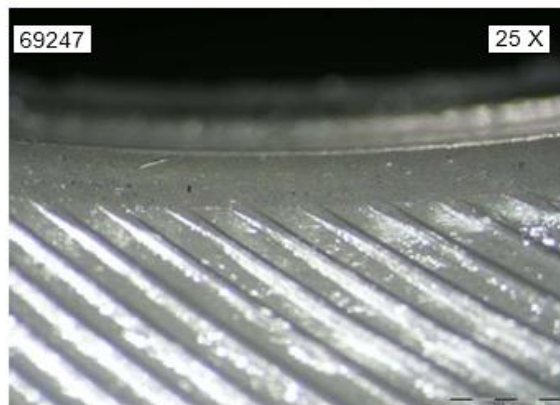
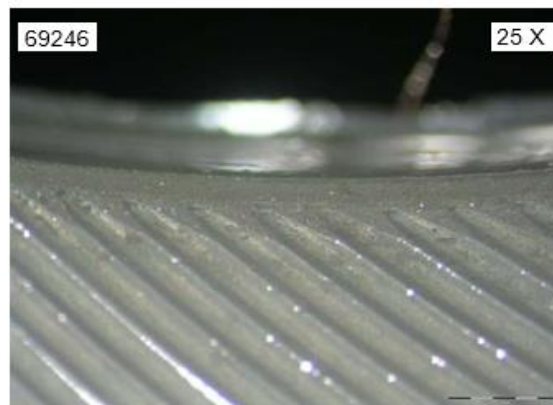
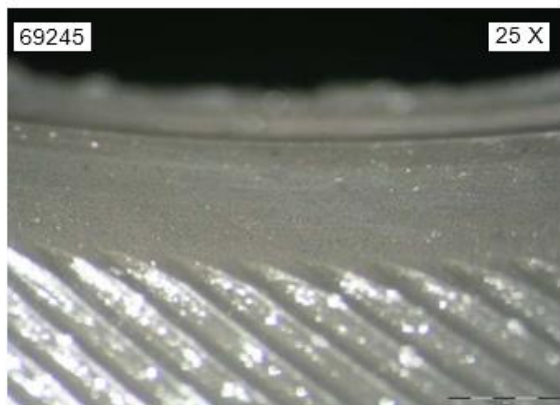


Рисунок А.2 – Фотоотчет результатов функционально теста сальника 2110-1701043 «износ рабочей кромки»