

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 «Комплексное исследование полимерных материалов экстерьера
кузова»

Обучающийся

Е.Н.Русинова

(И.О. Фамилия)

_____ (личная подпись)

Научный руководитель

д.т.н., профессор НМиМ Д.А.Болдырев

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

Тольятти 2022

Содержание

Введение	4
1 Аналитический обзор	6
1.1 Полимерные эластомерные материалы для деталей экстерьера	6
1.1.1 Бутадиен-стирольные каучуки.....	7
1.1.2 Изопреновые каучуки.....	8
1.1.3 Этиленпропиленовые каучуки.....	9
1.1.4 Термопластичные вулканизаты	10
1.1.5 Стабилизаторы.....	10
1.2 Уплотнительные детали экстерьера автомобиля	15
1.2.1 Способы изготовления и виды уплотнителей	15
1.2.2 Дефекты и причины возникновения	16
1.3 Методы лабораторных испытаний эластомеров и деталей для экстерьера.....	18
1.3.1 Обзор требований и методов	18
1.3.2 Лабораторные методы механических испытаний	20
1.3.3 Лабораторные испытания на стойкость к старению	21
2 Методики для проведения экспериментов.....	28
2.1 Метод определения усилия сжатия	28
2.1.1 Испытания уплотнителей с трубчатой частью.....	28
2.1.2 Испытания уплотнителей с плоским профилем	34
2.1.4 Испытательное оборудование для метода испытания на сжатие	35
2.2 Метод определения устойчивости к пятнообразованию	37
2.2.1 Испытания эластомеров и деталей	37
2.2.3 Испытательное оборудование для методов старения	42
3 Результаты испытаний	48
3.1 Испытания эластомеров.....	48
3.2 Испытания деталей	56
4. Техника безопасности при проведении испытаний	69
4.1 Правила работы на испытательной машине	69
4.2 Правила работы с термокамерой или термощкафом	71

4.3 Правила работы с установкой УФ-излучения	72
4.4 Правила работы с озонной камерой	73
Заключение	75
Список используемых источников	77

Введение

В настоящее время в мировой практике расширяется применение полимерных материалов для изготовления изделий различного функционального назначения. Эластомерные материалы – особый класс конструкционных полимерных материалов. Наиболее известным и распространенным видом эластомерных материалов является резина. Также в настоящее время широко применяются термоэластопласты.

Автомобильная промышленность не исключение – для наружных деталей кузова широко применяются эластомерные полимерные материалы. Например, уплотнители стекол и дверей, окантовки и сточные желоба, защитные трубки проводов изготавливают из резин и термоэластопластов.

Актуальность темы исследования. В настоящее время автомобиль прочно вошел в нашу жизнь. Уплотнители стекол, дверей, багажника, являются важными элементами экстерьера кузова, их масса на одном автомобиле составляет порядка 50 кг, а роль их в конструкции очень важна. Они должны смягчать закрывание дверей, снижать соприкосновение металлических деталей и во время морозов предотвращать примерзание рамок дверей к проёмам, создавать герметичность кузова, предотвращая проникновение в салон влаги, пыли, грязи, газовых выхлопов, участвовать в обеспечении шумоизоляции и микроклимата в салоне. И к кузову современного легкового автомобиля наряду с надежностью предъявляются повышенные требования к комфорту и внешнему виду [1].

Климатические факторы: повышенные и пониженные температуры, их циклическое изменение, влажность, осадки, солнечное излучение и озонное воздействие, могут оказывать на полимерные материалы влияние, вызывающее различные изменения: повышение твердости, выцветание, трещины, образование липкости поверхности полимера, выступание ингредиентов в виде налета, а также окрашивание поверхностей, контактирующих с полимерами.

Проведя необходимый комплекс лабораторный исследований и испытаний, возможно оценить качество материала при подборе или его разработке, а также качество готовых образцов деталей и тем самым исключить применение изделий низкого качества для комплектации автомобиля. Существует набор стандартных методов исследований и испытаний. Однако, потребители автомобилей нередко сталкиваются с дефектами, проявляющимися в гарантийный период эксплуатации, связанными с кузовными уплотнителями. Следовательно, стандартных методов недостаточно или они требуют уточнений.

Цель работы: Уточнение стандартизованных методик исследования эластомерных материалов и деталей экстерьера кузова, разработка и установление более четких критериев оценки свойств при одобрении этих материалов и изделий, для повышения методологической достоверности получаемых результатов.

Задачи:

1. Провести информационный поиск и анализ научной литературы и технической документации по проблеме исследования.
2. Изучить имеющиеся методы исследования и оценить их эффективность.
3. Провести уточнение методик и разработать дополнительные критерии оценки результатов исследования.
4. Провести экспериментальные исследования.

1 Аналитический обзор

1.1 Полимерные эластомерные материалы для деталей экстерьера

Состав и технологический процесс изготовления резин и термоэластопластов отличается между собой. Однако, они относятся к одному классу конструкционных полимерных материалов и имеют ключевые общие особенности. Основу для всех них составляют полимеры – это молекулы из большого числа повторяющихся звеньев. Кроме базового полимера в рецептуры входят: наполнители – для повышения прочности и придания специальных свойств; пластификаторы – для повышения пластичности и улучшения технологичности; красители – для придания цвета; стабилизаторы - для предотвращения или замедления процесса старения. Старением называют необратимые изменения основных физико-механических и химические свойств при длительном хранении или эксплуатации под влиянием различных факторов. В зависимости от преимущественного влияния одного из внешних факторов различают основные виды старения: тепловое, утомление (усталость-растрескивание при многократной деформации), световое, озонное [2].

Резину получают в результате химического пространственного структурирования (вулканизации) каучуков. Каучуки стабилизируются на стадии изготовления, резины – в процессе приготовления резиновой смеси. Термоэластопласты – получают смешиванием термопласта и каучука до гомогенного состояния и сбалансированного распределения фаз, с последующей вулканизацией путем смешивания химических компонентов [3].

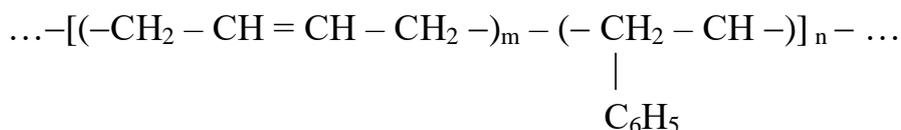
Применение эластомеров резин и термоэластопластов определяется уникальным сочетанием их физических свойств: прочности, эластичности, способности к большим деформациям, малой проницаемостью по отношению к газам и жидкостям, электро- и теплоизоляции. Именно поэтому детали,

изготовленные из них, чаще всего выполняют уплотнительные и защитные функции.

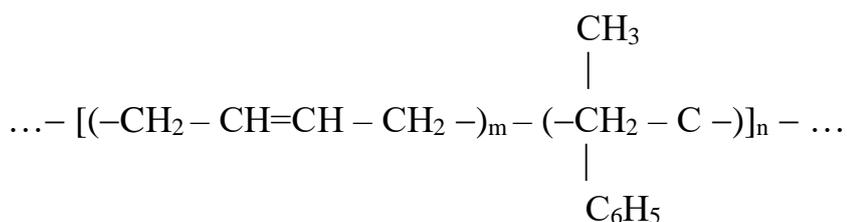
Физико-механические свойства конкретного изделия в первую очередь зависят от выбранных изготовителем типа базового полимера и остальных ингредиентов, во вторую – от технологического процесса изготовления. В настоящее время существует более двух десятков основных базовых полимеров для изготовления эластомеров. Детали экстерьера кузова автомобиля должны обладать повышенными износостойкостью, термостойкостью, морозостойкостью, озоностойкостью, стойкостью к солнечному излучению. Для этой цели наиболее подходят резины, изготовленные на основе бутадиен-стирольного, изопренового, этилен-пропиленового каучуков и термоэластопласты на основе соединения полипропилена и этилен-пропилена – термопластичные вулканизаты [3].

1.1.1 Бутадиен-стирольные каучуки

Бутадиен-стирольные каучуки (БСК или SBR) – продукт сополимеризации бутадиена-1,3 и стирола или бутадиена-1,3 и α -метилстирола. Молекулы БСК состоят из нерегулярно чередующихся звеньев бутадиена и стирола (α -метилстирола) и имеют следующие химические структуры:

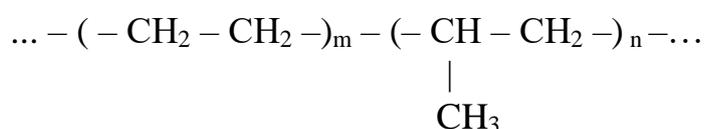


или



1.1.3 Этиленпропиленовые каучуки

Этиленпропиленовые каучуки (ЭПК или ЕРМ) – продукт сополимеризации этилена и пропилена (СКЭП) или двух этих мономеров с несопряженным диеном (дициклопентадиеном, этилиденнорборненом или др.) (ЭПДМ или EPDM). В результате введения третьего сомономера получают каучуки с боковыми ненасыщенными группами, способными к вулканизации серосодержащими системами. Молекулы этилен-пропилена состоят из чередующихся звеньев этилена и пропилена и имеют структуру:



Ненасыщенность (или малая насыщенность) этиленпропиленовых каучуков обуславливает их очень высокую стойкость к окислению и атмосферостойкость, хорошую теплостойкость, а также стойкость к действию многих агрессивных сред: спиртов, кетонов, эфиров, гидравлических жидкостей, щелочей, кислот.

Резиновые смеси на основе этиленпропиленовых каучуков пригодны для изготовления изделий методом литья под давлением, а также каландрованием и шприцеванием (неформовые уплотнители). Вулканизаты на основе этиленпропиленовых каучуков сочетают хорошие прочностные и эластические свойства с ценным комплексом специальных свойств, высокой атмосферо-, тепло-, и морозостойкостью, стойкостью к действию полярных растворителей (бензол, ацетон, вода), а также кислот и щелочей, имеют хорошие диэлектрические характеристики. По озоностойкости резины из этиленпропиленовых каучуков превосходят резины из всех др. каучуков. Недостаток резин из этиленпропиленовых каучуков – горючесть и невысокая маслостойкость [3].

1.1.4 Термопластичные вулканизаты

Термопластичные вулканизаты (ТПВ или TPV) один из перспективных видов термоэластопластов. Они состоят из чередующихся друг с другом звеньев эластомеров и термопластов, где «мягкой» фазой выступает каучук этиленпропиленовый, «жесткой» фазой – полипропилен (ПП или РР). В термопластичных вулканизатах каучуковая фаза сильно сшита методом динамической вулканизации и такие поперечные связи значительно улучшают целый ряд свойств [2]. Этиленпропиленовый каучук обеспечивает материалу эластичность, полипропилен обеспечивает стойкость к высоким температурам. Кроме того, ТПВ по усталостной выносливости значительно превышают вулканизированные резины на основе этого же EPDM-каучука, имеют стойкость к набуханию в жидкостях, прочность. Термоэластопласты на основе EPDM отличаются высокой стойкостью к озону и ультрафиолетовым излучениям, стойкостью к воздействию различных жидкостей и растворителей, широкий температурный интервал работоспособности, низкая усадка и остаточная деформация, сопротивление ударным нагрузкам, выносливость к многократному изгибу [3].

Значительным преимуществом термоэластопластов, в том числе и ТПВ является легкость и технологичность при переработке. Простота и эффективность изготовления изделий из термоэластопластов удешевляет производство. С переходом на термоэластопласты возможны сокращение технологических операций, новые методы изготовления без вулканизации, возможность вторичной переработки [4]. По этой причине они в последнее время имеют более широкое применение, чем резины.

1.1.5 Стабилизаторы

К стабилизаторам относятся антиоксиданты, антиозонанты, термостабилизаторы, светостабилизаторы, противоутомители [2].

Антиоксиданты (противостарители) – это вещества, повышающие устойчивость полимеров к действию кислорода – термоокислительной деструкции. Противоутомители повышают усталостную прочность резины.

Светостабилизаторы защищают каучуки от действия УФ-излучения. Антиозонанты – вещества, повышающие устойчивость резин к действию атмосферного озона.

Универсальных стабилизаторов не существует. Выбор зависит от типа каучука, условий его получения, назначения. В зависимости от химического строения различают основные стабилизаторы аминные, фенольные, гетероциклические азотосодержащие, металлосодержащие, дитиокарбонатные и другие [5]. Подразделяются они на окрашивающие и неокрашивающие. В резинах возможно использование двух стабилизаторов с одинаковым механизмом действия, при этом обычно наблюдается аддитивность. Противостарители наиболее необходимы для ненасыщенных эластомеров (стирольный, изопреновый), насыщенные (этиленпропиленовый) меньше нуждаются в защите. Наиболее сильными разрушающими факторами являются кислород, озон, динамические нагрузки, тепло и свет. При выборе противостарителя необходимо учитывать несколько факторов: тип применяемого базового полимера, область применения изделия, условия эксплуатации и стоимость [3].

В производстве эластомерных материалов применяются различные антиоксиданты. Наиболее известные и применяемые:

Неозон Д (Нафтам-2), химическое наименование – фенил-β-нафтиламин. Антиоксидант общего назначения, защищает каучуки и резины от теплового старения, частично защищает резины от свето-озонного старения и разрушения при многократных деформациях. В резинах из бутадиен-стирольного каучука при дозировке более 2 весовых частей наблюдается выцветание. На свету сильно окрашивает резины и контактирующие с ними материалы [3].

Ацетонанил Н, химическое наименование – олигомер N-нитрозо-2,2,4-триметил-1,2-дигидрохинолина. Олигомеры по размеру молекул занимают область между мономерами и высокомолекулярными соединениями. Слабоокрашивающий стабилизатор каучуков, не выцветает

при дозировках более 2 весовых частей. Защищает резины от термоокислительного и свето-озонного старения, при дозировках 0,5 весовых частей слабо окрашивает резины [3].

Диафен ФП, химическое наименование – N-изопропил-N'-фенил-n-фенилендиамин. Стабилизатор бутадиен-стирольного, изопренового, бутадиенового и др. каучуков. Защищает резины на основе НК и синтетических каучуков общего назначения от термоокислительного и свето-озонного старения, разрушения при многократных деформациях. Относится к окрашивающим стабилизаторам. На свету окрашивает резины и контактирующие с ними материалы. Не выцветает при дозировках до 2,0-2,5 весовых частей [2].

Диафен НН, химическое наименование – N,N'-Ди-β,β'-нафтил-n-фенилендиамин. Стабилизатор синтетических каучуков: изопреновых, бутадиеновых и др. Эффективный антиоксидант общего назначения для каучуков и резин. Под действием прямых солнечных лучей умеренно окрашивает резины, но не окрашивает контактирующие с ними материалы. Не выцветает при дозировках до 1 вес.ч. Для защиты резин от теплового старения, особенно при наличии динамических деформаций применяется неозон Д, сильно окрашивающий резину и контактирующие с ней детали. Действия неозона Д недостаточно: применяют окрашивающий – продукт 4010А и слабоокрашивающий ацетонанил [3].

Алкофен БП, химическое наименование – 2,6-Ди-*трет*-бутил-4-метилфенол, диметиламинометил фенол. Неокрашивающий стабилизатор синтетических каучуков: бутадиен-стирольного, бутадиен-нитрильного, бутадиенового, изопренового и др. Защищает резины на основе этих каучуков от термоокислительного и светового старения. Незначительно окрашивает резины при длительной экспозиции на свету. Не окрашивает контактирующие с резинами материалы [2].

Антиоксидант 2246, химическое наименование – бис-(2-окси-5-метил-3-*трет*-бутилфенил)-метан. Неокрашивающий стабилизатор синтетических

каучуков: бутадиен-стирольного, бутадиен-нитрильного, бутадиенового, хлоропренового и других. Защищает резины на основе этих каучуков от термоокислительного и частично от свето-озонного старения, от поверхностного фотоокисления и от разрушения при многократных деформациях. Не окрашивает контактирующие с резинами материалы и не выцветает [2].

Диафен ФЦ, Россия, химическое наименование – N-фенил-N'-циклогексил-*n*-фенилендиамин. Окрашивающий стабилизатор синтетических каучуков: бутадиен-стирольного, бутадиенового, изопренового. Защищает резины на основе этих каучуков от термоокислительного и свето-озонного старения, от атмосферных факторов и от разрушения при многократных деформациях. Окрашивает резины и контактирующие с ними материалы, выцветает [2].

К критериям при выборе противостарителя можно отнести их способность окрашивать, высокая растворимость в каучуке и низкая – в воде, летучесть, стабильность, его способность к миграции и физическому переходу в другой материал и контактному изменению цвета. Летучие аминные антиоксиданты дают сильные миграционные изменения. Для устранения такой проблемы предпочтительнее использовать низколетучие аминные и высокоэффективные фенольные противостарители.

При выборе типа каучука для какого-либо изделия рассматривают свойства эластомеров на их основе. Потребитель-заказчик или изготовитель намечает ряд показателей, которые являются ключевыми и важными для конкретного изделия и определяется с выбором базового полимера и дополнительных ингредиентов. В соответствии с основными характерными признаками – молекулярным строением и типом получения могут быть синтезированы различные продукты от однокомпонентных до компаундовых.

В таблице 1 приведены сравнительные свойства некоторых эластомеров на основе различных каучуков.

Таблица 1 – Сравнение свойств эластомеров на основе различных полимеров

Свойство резины	Тип каучука				
	SBR	NBR	IR	EPDM	TPV
Твердость, по Шору	20-95A	20-75A	25-95A	20-95A	45A-45D
Прочность					
Износостойкость					
Морозостойкость, °С	-45	-45	-55	-50	-60
Теплостойкость					
Погодоозоностойкость					
Маслостойкость					
Примечание – уровень показателя: - высокий; - выше среднего; - средний; - ниже среднего; - низкий					

«Рецептуростроение – это искусство и наука, направленные на выбор различных ингредиентов и их количества, при смешении которых может быть получена технологичная смесь и качественный эластомер» [3].

1.2 Уплотнительные детали экстерьера автомобиля

1.2.1 Способы изготовления и виды уплотнителей

Профильные ленточные изделия изготавливаются из резины методом экструзии (шприцеванием) и из термоэластопластов также методом экструзии/соэкструзии или литья [4]. Различие формы поперечного сечения – профиля уплотнителей, общий вид которых приведен на рисунке 1, объясняется не только количеством краевых элементов и каркасов кузова, на которые они монтируются, но и продиктовано разнообразием моделей автомобилей.



Рисунок 1 – Общий вид разнообразных профильных уплотнителей

В зависимости от назначения различают:

- динамические уплотнители для дверей кузова, проемов дверей, капота и багажника - в их конструкции имеется монолитная монтажная часть, с армированием каркасом из стальной перфоленты и с камерой из пористой резины, которая подвергается сжатию при закрывании дверей;
- уплотнители опускаемых стекол с ворсованным покрытием или полимерным покрытием на «лапки» для обеспечения скольжения;
- окантовки неподвижных стекол.

Качество конечного изделия зависит не только от рецептуры самой резиновой смеси, но и от параметров техпроцесса: температуры, скорости, времени прохождения массы смеси через фильерный канал, давления в системе. Задать правильные режимы для такого техпроцесса изготовления тем сложнее,

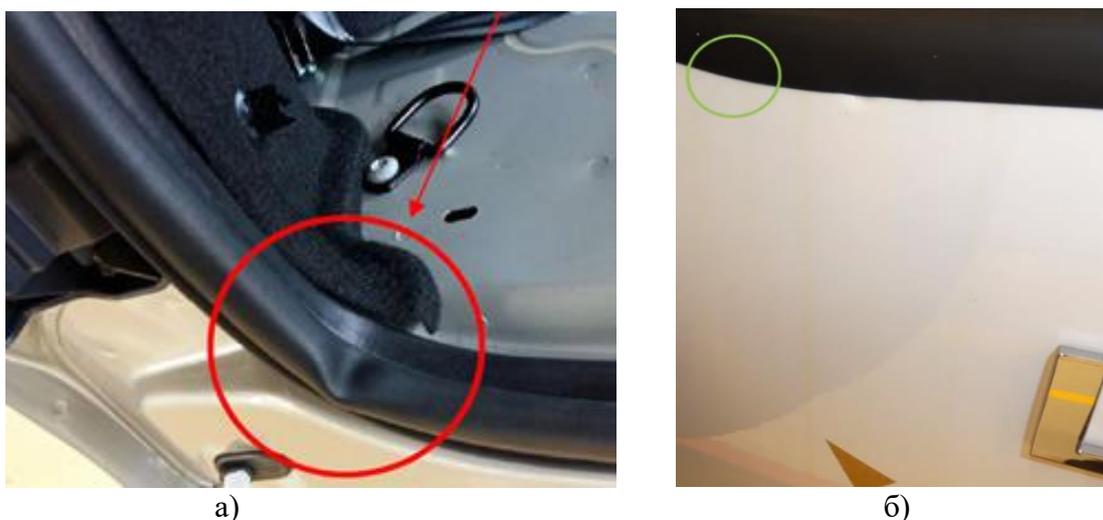
чем сложнее профиль. Следует тщательно соблюдать режимы, так как выпускается не заготовка, а готовое изделие [6].

1.2.2 Дефекты и причины возникновения

Потребители автомобилей зачастую, обращаются в сервисные центры с претензиями по механическим дефектам, связанным с качеством уплотнителей: «натиры», «скрипы», «проникновение воздуха в салон», «аэродинамический шум» (свист ветра), «тугое закрывание дверей», «западание уплотнителя за стекло», «дребезжание стекла», «замин лапки», «гофры» и т.д. Такие дефекты как правило возникают из-за недостаточной упругости уплотнителя или преждевременного старения эластомера, из которого он изготовлен. Назначение уплотнений – это прилегание к металлическим частям кузова, чтобы исключить попадание снаружи воздуха и посторонних частиц при движении автомобиля [6].

Кроме того, для потребителя важны дизайн, цвет автоэмали, который должен длительное время сохранять блеск и красоту. Однако, одним из недостатков, с которым сталкиваются потребители автомобилей, является дефект «темные пятна на светлой эмали кузова от эластомерных деталей экстерьера», проявляющийся в гарантийный период эксплуатации автомобилей, например в виде потеков на панелях дверей под уплотнителями стекол после дождя или после нахождения автомобиля на открытом воздухе под солнечными лучами. Дефект может наблюдаться в местах контакта резиновых изделий с частями кузова, окрашенного чаще всего светлой эмалью. Эти следы и пятна являются диффузными, окрашивающие компоненты от резины проникают в поверхностный слой лакокрасочного покрытия, и их невозможно удалить обычным протиранием или смыванием, даже с помощью моющих растворов или специальных жидкостей. Такой вид пятнообразования является неприемлемым для потребителей, и они обращаются в сервисные центры. Неоднократны случаи замены автомобилей в гарантийный период эксплуатации по данному дефекту. В свою очередь

производители автомобилей повышают требования к качеству комплектующих изделий из эластомеров, поступающих на сборку от заводоизготовителей РТИ. Проблема связана с применением каучуков низкой стоимости с окрашивающими противостарителями для изготовления эластомеров, с нестабильностью и низким качеством сырья, а также нарушением технологии изготовления на заводах [7]. На рисунке 2 изображены фото с примерами дефектов.



а) замин трубчатой части; б) темные потеки на светлой эмали от уплотнителя

Рисунок 2 – Дефекты, связанные с уплотнителями кузова

Также изредка встречаются претензии потребителя ещё по ряду дефектов, которые относят к пятнообразованию, связанному с выступанием ингредиентов полимерной смеси.

1.3 Методы лабораторных испытаний эластомеров и деталей для экстерьера

1.3.1 Обзор требований и методов

Оценка качества материала заключается в обеспечении пригодности эластомера, предложенного поставщиком для конструкции детали, к определенным условиям, установленным на чертеже детали. Данная оценка качества материалов проводится после проверки физико-механических свойств на соответствие характеристикам, приведённым в технических условиях, как самим изготовителем материала и изделия, так и может проводиться в лаборатории потребителя изделия. Испытания, позволяющие определить физико-механические характеристики резиновой смеси в исходном состоянии и после старения (в зависимости от типа базового полимера и пиковой температуры их функционирования), проводятся на образцах, изготовленных из репрезентативных материалов смеси, выбранных для серийного определения эластомерного элемента. «Образцы изготавливаются из пластин с размерами не менее (150 x 150) мм и толщиной $(2,0 \pm 0,1)$ мм, а также изготавливают цилиндрические образцы, для испытания на твердость диаметром $(50,0 \pm 0,5)$ мм и толщиной не менее 6 мм, остаточную деформацию при сжатии диаметром $(29,0 \pm 0,5)$ мм и толщиной $12,5 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$, гистерезис при сжатии диаметром $(35,7 \pm 0,5)$ мм и толщиной $(17,8 \pm 0,5)$ мм» [8]. На пластинах обязательно должно быть указано направление каландрования, поскольку эластомеры имеют явные анизотропические свойства, который влияют на прочностные показатели [9], [10]. На рисунке 3 показан набор образцов эластомеров, предоставляемый изготовителем для комплекса испытаний.



Рисунок 3 – Образцы эластомеров для испытаний в виде вулканизированных пластин и цилиндров

Физико-механические характеристики, условия испытаний и требования различаются в зависимости от места установки деталей в транспортное средство и условий эксплуатации, поэтому после подбора и одобрения материала необходимо исследовать само изделие и поведение материала в конкретном готовом изделии.

Существует набор стандартных методов исследования материалов, по которым может быть сделано заключение о возможности применения его для деталей экстерьера автомобиля. Это такие показатели как: плотность, твердость, условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, сопротивление раздиру, теплостойкость, морозостойкость, озоностойкость, светостойкость [11], [12]. Однако стандартизованные универсальные методы исследования материала в детали из-за большого разнообразия формы изделий экстерьера, а также оценка влияния полимерного материала на соседние контактирующие поверхности – отсутствует.

Для оценки качества ряда уплотнителей автомобиля присутствуют требования в технических условиях и в чертеже по показателям: усилие сжатия трубчатой (пористой) части; усилие монтажа уплотнителя на контрольную пластину; усилие снятия уплотнителя с контрольной пластины; относительная

остаточная деформация сжатия трубчатой части; стабильность размеров; кажущая плотность пористой части; нейтральность материала уплотнителей к лакокрасочным покрытиям; уровень запаха [11], [12]. Показатели из данного перечня направлены на оценку монтажных и потребительских свойств изделий. При этом отсутствуют требования к прочностным свойствам самого изделия [13]. Для некоторых деталей экстерьера (не для всех) существуют требования, внесенные в технические условия производителя материала, нормативное значение которых сформулировано качественно в виде «Не допускается появление темных пятен в зонах соприкосновения пластин с уплотнителями. Допускается незначительное потемнение эмали (в соответствии с контрольным образцом)» [11], [12]. Соответственно, описание результата испытания по внешнему виду образца после воздействия фактора будет качественного типа, например «темные пятна на ЛКП отсутствуют», «незначительное потемнение эмали» и другие подобные формулировки. Они носят субъективный характер и существует риск возникновения спорных трактовок результатов и формирования заключений.

1.3.2 Лабораторные методы механических испытаний

Механические испытания необходимо проводить для определения прочностных свойств материалов и изделий. Для этих испытаний применяют следующее оборудование: твердомеры, универсальные испытательные машины на растяжение и сжатие, термокамеры для осуществления старения и последующего испытания на прочностные и упруго-эластические свойства, а также всевозможная оснастка. Для испытания материалов подходит набор стандартных приспособлений, предлагаемых производителями испытательных машин и входящих в комплект. Однако, для испытания самих уплотнителей именно оснастка имеет большое значение, поскольку в зависимости от назначения и формы уплотнителя может возникнуть необходимость проектировать новое приспособление.

Все свойства эластомера по стандартизованным методам определяются на стадии отработки рецептуры материала. Когда эластомер «превращается» в

уплотнительное изделие, здесь необходимо оптимальное сочетание между плотностью, твердостью и прочностью [13]. Так, если на динамических уплотнителях дверей для надежной прочности трубчатой пористой части повысить кажущуюся плотность, то существует риск возникновения тугого закрывания дверей. Аналогично, при повышении твердости монолитного эластомера возникает риск затрудненного монтажа, а понижение твердости могут вызывать замины, заломы или гофры на уплотнителе. Именно на этой стадии отработки изделия уже больше важны нестандартные методы испытания, которые требуют творческого подхода и инновационных инженерных решений.

1.3.3 Лабораторные испытания на стойкость к старению

Все исследования в большей степени сводятся к определению свойств материала и изменению их под влиянием внешних условий, окружающей среды и времени. Натурные испытания достаточно длительны и имеют зависимость от погодных условий. И для выявления некоторых процессов необходимы лабораторные методы ускоренных испытаний, которые могут быть значительно короче по времени и удобнее. Таким образом, целью лабораторных испытаний на старение является определение в *короткий* промежуток времени изменений, происходящих в материале в течение *длительного* периода эксплуатации. Особенность ускоренных лабораторных испытаний заключается в том, что такие методы проводятся путем интенсификации одного из параметров: температуры, концентрации озона, интенсивности излучения [9]. Ускоренные лабораторные испытания для изготовителя важны при выборе компонентов рецептуры, сырья, параметров техпроцесса. Для потребителя автомобильных комплектующих это позволит определить является ли партия соответствующей по качеству перед валидацией или отправкой на сборку. В этой связи, кроме механических испытаний на прочность и упругость очень важны, так называемые, физические испытания.

Все процессы старения носят характер окислительной деструкции и представляют собой радикально-цепной окислительный процесс. Этот процесс активируется различными внешними воздействиями, то есть под действием тепла, механических нагрузок, света, озона происходит разрыв связей в полимерной цепочке с образованием макрорадикалов, которые быстро окисляются. Ингибиторы, которые вводятся в рецептуру материала, расходуются в процессе окисления и не могут полностью предотвратить процесс окисления, а лишь увеличивают его время [10].

1.3.3.1 Стойкость к температурному старению

Стойкость к температурному старению проводится для материалов и готовых деталей при заданных режимах (температура, влажность, время), которые определяются исходя из условий эксплуатации и функционального назначения изделий. Цель этого метода – оценить устойчивость деталей в отношении усадки, деформации, изменений во внешнем виде, изменений по физико-механическим характеристикам после термического воздействия.

Перед выдержкой исследуемых деталей или образцов материала в термокамере на образцах измеряются исходные характеристики, производится оценка внешнего вида. Затем их помещают в предварительно нагретую до заданной температуры вентилируемую термокамеру и выдерживают в течение заданного времени. По окончании выдержки образцы охлаждают при температуре $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ и производят осмотр и измерение исследуемых характеристик. Стоит отметить, что поскольку определение прочностных характеристик является разрушающим видом испытания, то прочность, удлинение, сопротивление раздиру до старения и после старения определяются на разных образцах, но изготовленных из одной партии материала или детали.

Для термического старения как правило применяют термошкафы или термокамеры климатические, имеющие систему принудительной вентиляции, поддержание постоянной температуры внутри всего полезного пространства и выбранную на время проведения испытания и влажности. Колебания температуры относительно выбранной не должно превышать $\pm 2^\circ\text{C}$ на время

проведения испытания. Наружные размеры термокамеры должны быть таковыми, чтобы испытуемый материал или деталь не контактировала со стенками термокамеры или днищем, а также не препятствовала циркуляции воздуха. Камеры должны быть оснащены внутренней сеткой, для исключения контакта между образцами и днищем термокамеры, зажимными приспособлениями [14]. Для измерения характеристик после старения применяются различные средства измерения: для линейных размеров – линейки, штангенциркули; для твердости – твердомеры; для прочностных характеристик – разрывные машины. При оценке изменения внешнего вида обращают внимание на появление зернистости, изменение цвета, блеска, видимых изменений формы.

1.3.3.2 Стойкость к озонному воздействию

Данный вид испытания обязательно применяется к резинам, термоэластопластам и деталям экстерьера. Суть метода аналогична воздушному старению, но в камере образцы подвергаются выдержке в воздухе с заданной концентрацией озона и температуры. Образцы материала предварительно растягивают в специальной струбцине, а детали закрепляют на специальной оправке, затем помещают в камеру в подвешенном состоянии. Содержание озона выбирается исходя из назначения деталей: для деталей, работающих на открытом воздухе, деталей экстерьера концентрация устанавливается $[(50 \pm 5) \text{ pphm}]$.

Озонные камеры достаточно сложны по своей конструкции и обслуживанию. Обычно камера состоит из рабочей закрытой темной камеры, выполненной из материала, не разлагающего озон (например алюминия), генератора озона и устройства определения концентрации озона. Камера должна быть снабжена окошком, чтобы специалист мог наблюдать за образцами, не открывая дверь, поскольку озон – токсичен и может быть опасен для человека. Внутри камеры находится устройство для подвешивания образцов и вращения. Снаружи камеры в специальном отсеке находится

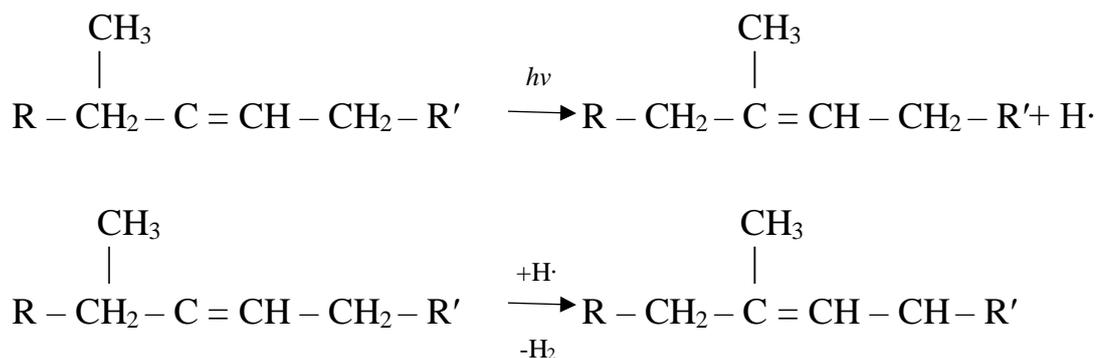
анализатор, который отвечает за контроль концентрации озона в камере испытаний и регулирует генерацию озона или её прекращение [15].

После выдержки в камере в течение заданного времени проводится оценка образцов по внешнему виду на наличие трещин или фиксируется количество часов, через которое появились трещины. Это зависит от назначения эластомера и требований в технической документации.

1.3.3.3 Световое старение эластомеров

Световое излучение – один из сильных климатических факторов, который может оказывать на полимерные материалы воздействие, вызывающее различные изменения: трещины, выцветание, повышение твердости, образование липкости, выступание ингредиентов в виде налета, а также окрашивание поверхностей, контактирующих с полимерами [16].

При световом старении, которое естественно сочетается с умеренно тепловым, разрушающими агентами являются атмосферный кислород, свет и тепло. Действие света зависит от состава и строения эластомера. «Обобщено, основным процессом при действии света на каучук является разрыв боковых двойных связей, отщепление водорода, идущее по радикальному механизму:



Отщепление водорода уменьшает энергию связи C – H. Радикал R· способен к изомеризации и взаимодействию с другим полимерным радикалом и с молекулой кислорода- происходит присоединение кислорода (окисление) по месту двойных связей в каучуке, в результате чего его молекулы разрываются на части и укорачиваются. Это приводит к потере

эластичности, охрупчиванию и, наконец, появлению сетки трещин на поверхности резины» [10].

Фотохимические реакции имеют большое значение как самостоятельный фактор старения и утомления эластомеров и в особенности как фактор, активизирующий взаимодействие эластомеров с кислородом и другими веществами. Для уменьшения взаимодействия кислорода с эластомерами в резиновую смесь вводят ингибиторы – антиоксиданты (фенолы, сульфиды, дитиофосфаты, дитиокарбонаты), разлагающие гидроперекиси без образования свободных радикалов. Эффективность антиоксидантов зависит от их химического строения. Основным недостатком антиоксидантов низкого качества является их плохая совместимость с полимером. Под действием света происходит разрыв молекулярных связей и образуются «летучие» макромолекулы меньшего молекулярного веса [9]. По этой причине под действием света на эластомер, изготовленный с применением антиоксидантов низкого качества, происходит выцветание, а при контакте такой резины, со светлой поверхностью происходит миграция летучих окрашивающих веществ, диффундирование и образование устойчивых контактных пятен на светлой поверхности.

Для лабораторных испытаний применяют ртутные или ксеноновые лампы. Испытания под ксеноновыми и флуоресцентными излучателями обеспечивают хорошую корреляцию к натурным испытаниям.

Ксеноновые лампы имеют распределение энергии более близкое к кривой распределения солнечного света. Излучение ртутных ламп находится преимущественно в ультрафиолетовой (УФ) области спектра. Два типа воздействия (флуоресцентное УФ и ксеноновая дуга) не абсолютно эквивалентны и могут давать различающиеся результаты испытаний. Однако, в настоящее время используется оборудование с применением обоих видов источников излучения и при необходимости можно произвести корреляцию результатов. Ртутные лампы имеют более низкую стоимость, оказывают более

жесткое воздействие, но и испытания дают результат в более короткое время. Искусственные источники света не всегда постоянны, интенсивность ксеноновых или ртутных ламп постепенно снижается [9]. Поэтому при испытаниях необходимо вести учет испытанных образцов и количество отработанных лампой часов. Излучение от мощного источника света может вызывать нагрев испытуемых образцов и окружающего воздуха, следовательно при испытании, собственно, на стойкость к световому излучению следует обеспечить воздухообмен.

Для испытания материалов на стойкость к световому излучению разработано и широко применяется специальное оборудование: камеры - везерометры, которые могут быть оснащены ртутными или ксеноновыми лампами; приборы – ксенотесты с ксеноновыми лампами. Кроме того, в них дополнительно могут моделироваться условия: температура, влага, конденсат и, обязательно, вентиляция. Могут быть сконструированы и использованы другие подобные камеры с установленными в них искусственными источниками излучения. Выдержка образцов в испытательном оборудовании производится в течение заданного времени, которое определяется методом испытания и зависит от функционального назначения изделий и материала. Если по результатам испытаний проводится оценка изменения внешнего вида эластомерного материала (изменение цвета, наличие разрушений или выступание компонентов материала), то образцы в камере размещаются в свободном или напряженном состоянии. Если оценивается качество материала на предмет возможного окрашивания контактных поверхностей, то в камеру помещают пластины заданной поверхности, которая предварительно находилась в контакте с образцом эластомерного материала. Как правило, в испытательном оборудовании расположение исследуемого образца от источника излучения должно быть на расстоянии 35-45 см в зависимости от мощности источника. Образцы должны вращаться под горизонтально закрепленными лампами или рамка с подвешенными образцами вращается вокруг вертикально закрепленных ламп.

Таким образом, на качество и физико-механические свойства эластомерного материала в конечном счете оказывают влияние многие рецептурные компоненты. Определяющим является тип базового полимера, важную роль также играют вулканизирующие агенты и технические наполнители. Потребителя всегда интересуют свойства конечного изделия, на которые в свою очередь влияют режимы и организация техпроцесса изготовления.

Для оценки качества уплотнителей экстерьера кузова необходимо проведение комплекса исследований, как самого материала, так и изделия. Для одобрения важны механические и физические испытания по стандартизованным методам и методам, которые должны быть назначены для конкретных функциональных групп изделий в зависимости от места их установки на автомобиле. Некоторые из методов требуют доработки или уточнений.

2 Методики для проведения экспериментов

После проведенного анализа существующих дефектов, а также применяемых методов и методик испытаний, появилось предложение внести уточнения в некоторые из них в части хода самого испытания и в критерии оценки результатов. Это позволило бы повысить качество проведения испытаний и точность. Для качественного метода, где за результат принимается словесное описание, предложено применить численное выражение для четкости и однозначности трактовки результатов.

2.1 Метод определения усилия сжатия

2.1.1 Испытания уплотнителей с трубчатой частью

Требования по показателю «Усилие сжатия трубчатой части», которую ещё называют «баллончиком» присутствуют в согласованных технических условиях на изделия, и данному методу испытания подлежат уплотнители из резины, назначение которых уплотнять проемы боковых дверей, багажника, капота и которые имеют трубчатую часть, изготавливаемую из пористой резины. Именно эта трубчатая часть подвергается сжатию при закрывании дверей. Величина сжатия зависит от величины зазора между дверью и проемом. Эти параметры задаются конструкторской службой производителя автомобиля и должны обеспечиваться при сборке кузова. Для того, чтобы не было дефекта «тугое закрывание двери», и в то же время обеспечивалось плотное прилегание двери, усилие сжатие должно находиться в нормируемом диапазоне.

По действующей методике испытаний, описанной в согласованных технических условиях, испытание может производиться на разрывной машине или приборе МИП-10. Согласно техническим требованиям, сжатие должно производиться на определенное значение или до определенного значения,

указанного в чертеже на конкретную деталь. На рисунке 4 приведен фрагмент подобных требований из чертежа на уплотнитель.

10. Балончиковая часть уплотнителя должна сжиматься до 5 мм под нагрузкой $10Н \pm 3Н$ ($1кгс \pm 0,3кгс$) на длине 100 мм.

Рисунок 4 – Выкопировка из чертежа для «трубчатых» уплотнителей

Результатом испытаний является значение усилия сжатия, измеренное в ньютонах [11], [12]. Однако, как и любой размер, зазор имеет допуск, а следовательно недостаточно измерять усилие сжатия лишь при номинальном значении зазора. Предлагается производить испытание с измерением усилия как минимум в трех точках сжатия: номинальном значении, и крайних значениях величин зазора с учетом допуска. Принцип сжатия схематично показан на рисунке 5.

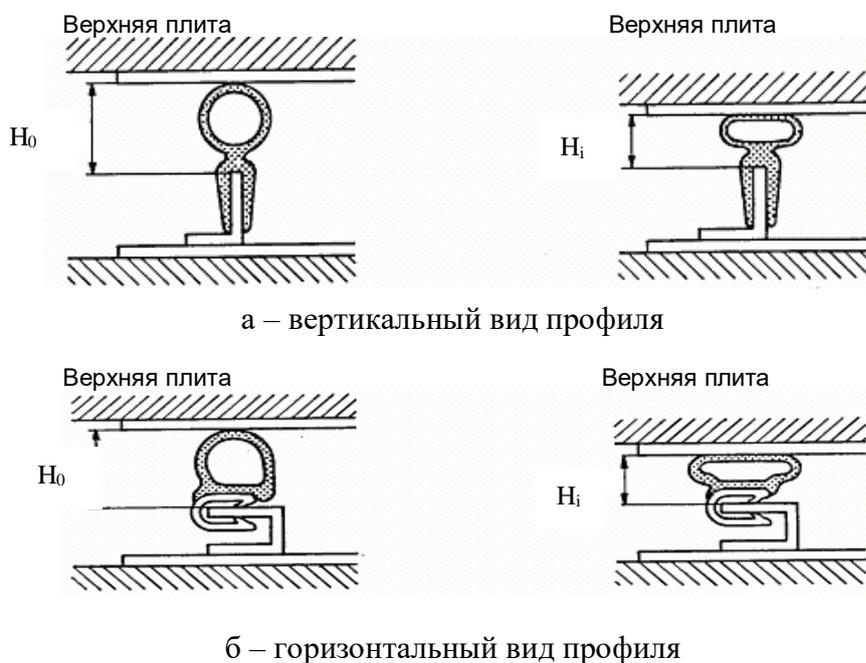


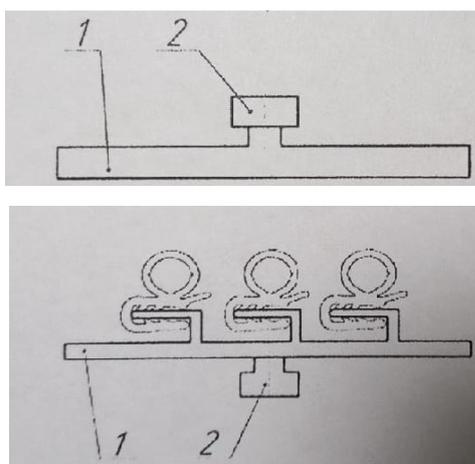
Рисунок 5 – Схема сжатия образцов «трубчатых» уплотнителей

Наилучший способ – получить информацию в виде графической зависимости усилия сжатия от величины перемещения траверсы разрывной машины при сжатии (или величины зазора, полученной путем пересчета).

Испытание необходимо проводить на безинерционной разрывной машине, способной работать при растяжении и сжатии, обеспечивая измерение усилий от 0 до 200 Н и скорость перемещения траверсы от 10 до 100 мм/мин, и оснащённой регистрирующим устройством усилие-перемещение (бумажный или электронный вид).

Для испытаний нарезают образцы профиля длиной (120 ± 10) мм в количестве трех штук. При подготовке образцов не допускается деформация канта монтажной части. В случае деформации звена металлокаркаса на торце образца его необходимо удалить при помощи кусачек. Визуально проверяют отсутствие перекоса и деформации образцов, при необходимости вручную выправляют образец до прямолинейного положения. Затем на образце отмеряют рабочий участок длиной (100 ± 3) мм таким образом, чтобы с каждой стороны образца подрезать пористую часть не менее, чем на 10 мм.

Далее устанавливают образцы в оснастке, эскиз которой изображен на рисунке 6.



1 – плита, 2 – направляющая для крепления в разрывной машине

Рисунок 6 – Схема установки образцов в оснастке

При сведении подвижной и неподвижной траверсы происходит сжатие баллончиков и снятие значений усилия сжатия. Скорость (10 ± 5) мм/мин. Первоначальная высота баллончика принимается при усилии 0.5 Н – это усилие, которое свидетельствует о гарантированном контакте металлической плиты и эластомера и необходимо для исключения погрешности вследствие неравномерности высоты баллончика, которая также заложена допусками при изготовлении изделий. Сжатие производится до полного сжатия баллончика. Для чего рекомендуется установить ограничение движения после прохождения полной высоты баллончика, во избежание поломки машины.

На рисунках 7 и 8 показаны процессы сжатия деталей обоих профилей.

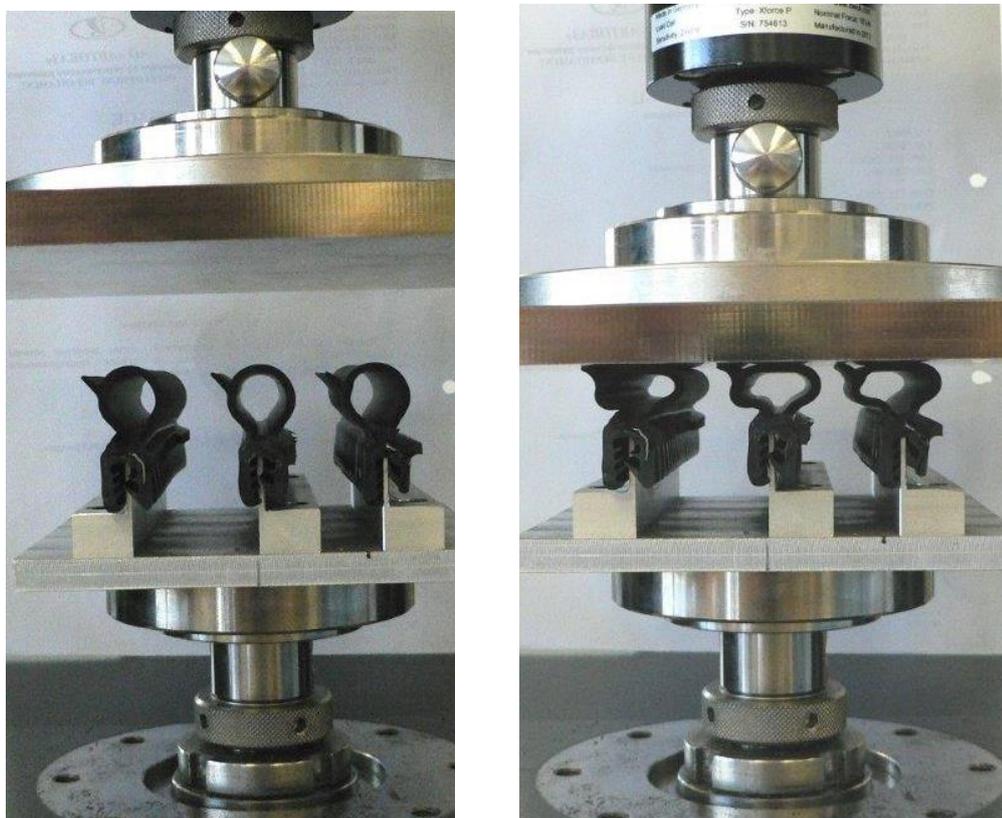


Рисунок 7 – Испытания уплотнителей с вертикальным профилем

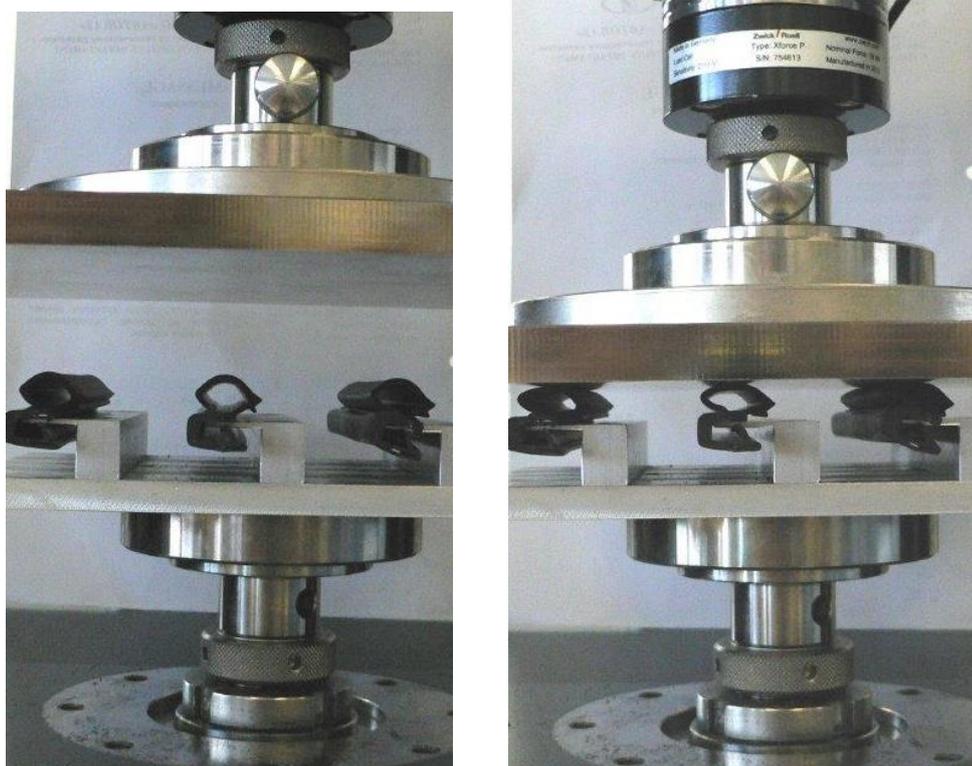
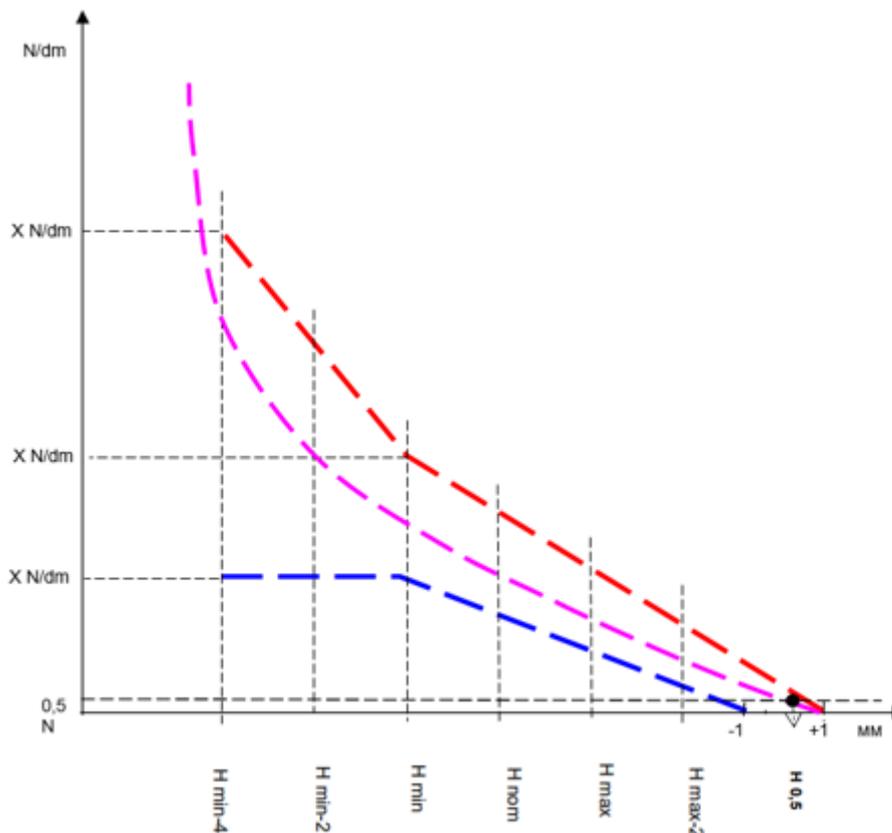


Рисунок 8 – Испытания уплотнителей с горизонтальным профилем

В результате испытаний будут получены три значения усилий или может быть получена кривая зависимости усилия сжатия от высоты уплотнителя во время сжатия, которая согласуется с величиной зазора с учетом допуска, установленного конструктором. Вид такой кривой и опорные точки зазора показаны на рисунке 9.



- нормативная кривая минимально-допустимого состояния
- нормативная кривая максимально-допустимого состояния
- кривая фактического сжатия конкретной партии уплотнителей

$N_{0,5}$ – высота уплотнителя под усилием в 0,5 N

N_{min} – высота уплотнителя в минимальном зазоре (номинальный минус допуск)

N_{min-2} – высота уплотнителя в зазоре минус 2,0 мм

N_{min-4} – высота уплотнителя в зазоре минус 4,0 мм

N_{nom} – высота уплотнителя в номинальном зазоре

N_{max} – высота уплотнителя в максимальном зазоре (номинальный плюс допуск)

N_{max+2} – высота уплотнителя в максимальном зазоре плюс 2,0 мм

Размер N уплотнителя – это высота, измеренная до внутренней поверхности зажима плюс 1мм (уплотнитель не сжимается в месте его установки на кронштейн)

Рисунок 9 – Графическое изображение процесса сжатия при испытании

Данную кривую можно построить по результатам графических данных, полученных при перемещении траверсы испытательной машины.

2.1.2 Испытания уплотнителей с плоским профилем

Требования по данному показателю в нормативной документации отсутствуют. Однако, при работе по устранению дефекта «дребезг стекла» или «замин лапки» также возникает необходимость установить причины дефекта и принимать решение о сравнительном качестве партий уплотнителей. Тогда описанный метод может быть применен для исследования уплотнителей опускных стекол автомобиля на определение усилия прижима «лапки». На рисунке 10 приведена схема сжатия монолитного уплотнителя.



Рисунок 10 – Схема сжатия образцов «плоских» уплотнителей

Показатель «Усилие прижима лапки уплотнителя» выполняется также на испытательной машине с помощью аналогичной оснастки, показанной на рисунке 11.

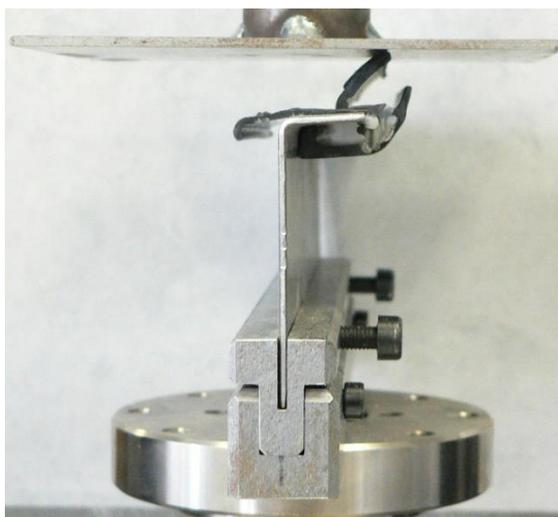


Рисунок 11 – Испытания уплотнителей опускных стекол

Для испытания на усилие прижима применяется образец длиной (100 ± 3) мм, вырезанный из уплотнителя, количество образцов для испытаний от партии берется не менее 3шт. Предварительная нагрузка 0,5 Н, скорость сжатия (10 ± 5) мм/мин. Образец устанавливали на контрольную пластину, которая зажимается в нижней траверсе машины. При включении машины запускается движение траверсы и происходит сжатие лапки уплотнителя с помощью верхней пластины. Значение усилия прижима снимается через каждый 1 мм (в диапазоне от 1 до 6 мм).

Данная методика исследования эластомера уплотнителей на сжатие позволяет определить эластичность профильных элементов уплотнения стёкол, дверей, дверей задка и крышек багажника на всем диапазоне возрастающей нагрузки и дает возможность уловить зоны «провалов» и «скачков», когда упругость внезапно падает или напротив растет, в отличие от метода сжатия при фиксированной величине сжатия на одну заданную величину. Могут быть выданы рекомендации изготовителю к доработке изделий с целью улучшения качества.

2.1.4 Испытательное оборудование для метода сжатия

В данной работе использована универсальная испытательная машина, Zwick Z010 (рисунок 12) с программным оснащением, на которой обеспечиваются заданные методом нагрузка и скорость перемещения, а также имеется возможность графического вывода результатов испытаний. Технические характеристики машины: максимальная нагрузка 10 кН, рабочая зона высотой 1058 мм и шириной 1290мм, скорость движения траверсы 0.001 – 2000 мм/мин.



Рисунок 12 – Разрывная машина Zwick Z010

На рисунке 13 представлен пример оснастки, которая необходима для испытания на сжатие уплотнителей.



Рисунок 13 – Оснастка для сжатия уплотнителей с баллончиком

Рабочая зона машины должна позволять установить данную или подобную оснастку. Оснастку можно спроектировать необходимых размеров по определенным типоразмерам и профилям уплотнителей.

2.2 Метод определения устойчивости к пятнообразованию

2.2.1 Испытания эластомеров и деталей

При исследовании эластомерных материалов и деталей из них на окрашивание поверхностей данный показатель ещё называют «нейтральность к ЛКП». Применяется он при валидации материалов к эластомерам, которые предназначены для изготовления деталей экстерьера кузова автомобиля и к самим деталям при оценке качества партии. Метод заключается в выдержке под источником УФ-излучения пластин со светлым органическим покрытием, которые предварительно находились в непосредственном контакте с исследуемым материалом под грузом и в условиях повышенной температуры. Если во время контакта произошла миграция сильно окрашивающих компонентов эластомерной смеси на ЛКП, то в данных условиях эластомер явился «донором», а органическое покрытие «реципиентом», и после выдержки под УФ-излучением произойдет потемнение эмали. По окончании выдержки пластины осматривают на предмет наличия потемнения в зоне контакта и делают заключение.

Схема расположения камеры, излучающей лампы и испытуемого образца приведена на рисунке 14. Подставка и козырек должны быть светонепроницаемыми.

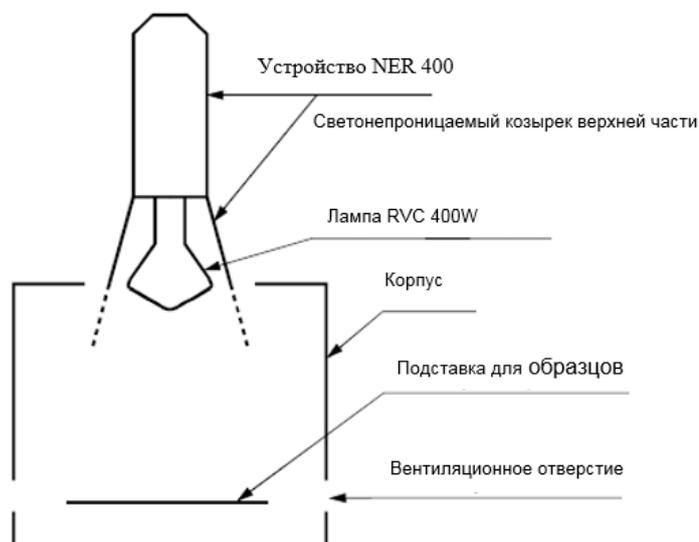


Рисунок 14 – Схема расположения образца и источника излучения при испытании на пятнообразование

Образцы для исследования изготавливают из материала или деталей. Они должны быть равномерной толщины $(1 \div 4)$ мм и размером $(25 \pm 1) \times (40 \pm 1)$ мм из материала или $(13 \pm 1) \times (26 \pm 1)$ мм из деталей. Предварительно подготавливают пластины из кузовного металла толщиной $(0,8 \pm 0,1)$ мм и размером $(70 \pm 1) \times (150 \pm 1)$ мм и наносят на них светлую синтетической эмаль, применяемую в соответствии с технологией окраски кузова. Затем образцы из резины располагают между металлическими окрашенными пластинами и сверху помещают груз (500 ± 10) г. Комплект «пластины-образцы» выдерживается при воздействии повышенной температуры в термокамере (70 ± 1) ч при $(80 \pm 1)^\circ\text{C}$. Затем пластины освобождают от груза, удаляют образцы резины, протирают пластины влажной хлопчатобумажной тканью. Далее пластины помещают в камеру под УФ-лампу и выдерживают (24 ± 2) ч.

Условия выдержки при высокой температуре и излучении, указанные выше, могут быть изменены, чтобы удовлетворять требованиям конкретных видов деталей и материалов. Принятые условия должны быть указаны в протоколе испытаний.

По окончании испытаний проводят осмотр пластин при дневном и искусственном освещении в лабораторном помещении. Согласно действующей нормативной документации, требование по данному показателю имеет описательный характер и в различных технических условиях сформулировано по-разному. На рисунках 15-17 приведены требования по показателю «нейтральность» из нормативной документации с примерами формулировок.

<p>11 (КЭС), не более</p> <p>7 Нейтральность уплотнителей, окантовок к лакокрасочным покрытиям</p>	<p>Не допускается появление темных пятен в зонах соприкосновения пластин с уплотнителями. Допускается незначительное потемнение эмали (в соответствии с контрольным образцом)</p>	<p>Пункт 5.8 настоящих технических условий</p>
--	---	--

Рисунок 15 – Выкопировка требований из ТУ 2549-007-00149297-98

<p>6 Нейтральность к лакокрасочному покрытию</p>	<p>Визуально</p>	<p>В зонах соприкосновения пластин с образцами из ТЭП не допускается изменение цвета лакокрасочного покрытия</p>	<p>По 4.4.6</p>
--	------------------	--	-----------------

Рисунок 16 – Выкопировка требований из ТУ 2549-007-40944248-2005

1.3 Рабочая поверхность уплотнителя должна быть равномерно покрыта полимером марки TPE ADP GLAT-1 или TPE ADP GLAT – 2. Не допускаются трещины, отслаивания, твердые включения. Уплотнитель не должен образовывать пятен в местах соприкосновения с окрашенной поверхностью кузова.

Рисунок 17 – Выкопировка требований из ТУ 2549-006-40944248-2005

В соответствии с установленными требованиями и формулировка результатов испытаний носит описательный характер. В зоне контакта резиновых образцов с пластиной на светлой эмали не должно быть темных пятен. Допускается незначительное потемнение эмали. Для идентификации степени потемнения светлой эмали, в случае незначительного потемнения эмали производят сравнение с контрольным образцом внешнего вида. Данный применяемый способ оценки и выражения результата имеет некоторые недостатки: во-первых – контрольный образец со временем претерпевает визуальные изменения в результате продолжающегося естественного процесса старения; во-вторых – возможно присутствие субъективной оценки человека-оператора, при визуальном осмотре результатов, особенно при получении результатов с незначительным потемнением эмали, по этой причине рекомендуется делать заключение после осмотра образцов несколькими специалистами; в третьих – существуют риски возникновения спорных трактовок со стороны изготовителя эластомеров и со стороны автомобильного производителя.

Предлагается для оценки результатов испытания по показателю «нейтральность к ЛКП» и выражения цветового контраста между зоной, покрытой пятнами, и контрольной зоной применять серую (ахроматическую) шкалу типа ШСР-2 по ГОСТ Р ИСО 105-A03-99 «Материалы текстильные. Определение устойчивости окраски. Серая шкала для оценки степени закрашивания» [17].

В трехмерной модели системы измерения цвета CIE Lab* (рисунок 18) отрицательные значения координат a , b содержат холодные цвета, положительные – теплые, ось L определяет светлоту и значение 100 – это участок, соответствующий диффузному белому.

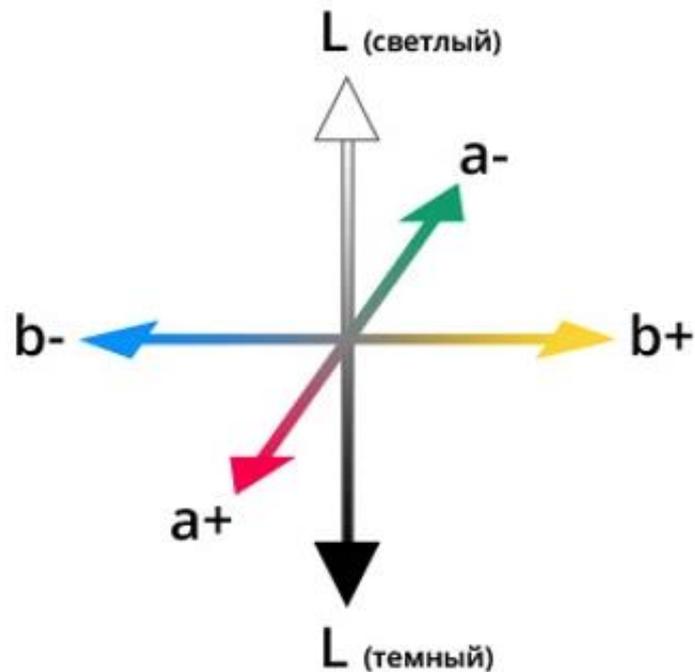


Рисунок 18 – Трехмерное пространство Lab

Производить оценку можно либо сразу по шкале, в случае когда результат очевиден и сомнений не вызывает; либо путем измерения на спектрофотометре цветowych координат по системе CIE Lab*, расчета показателя цветового различия по формуле (1) и дальнейшего перевода в баллы серой шкалы по соответствующей таблице 2 [17].

Показатель цветового различия в единицах CIE Lab* рассчитывается по формуле:

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \quad (1)$$

где ΔL^* - изменение светлоты от 0 до 100;

Δa^* , Δb^* - изменение цветowych координат

Далее полученное значение с учетом поля допуска соотносим с ближайшим значением по серой ахроматической шкале.

Таблица 2 – Таблица для перевода показателя цветового различия в баллы серой шкалы [17].

Значение показателя цветового различия, ΔE^*	Допуск в единицах CIELab*	Балл серой шкалы
0	0,2	5
2,2	$\pm 0,3$	4-5
4,3	$\pm 0,3$	4
6,0	$\pm 0,4$	3-4
8,5	$\pm 0,5$	3
12,0	$\pm 0,7$	2-3
16,9	$\pm 1,0$	2
24,0	$\pm 1,5$	1-2
34,1	$\pm 2,0$	1

Введение количественной оценки цвета пятна в баллах серой шкалы позволит исключить субъективность и в отличие от описательного характера численный способ выражения позволяет проводить статистическую обработку данных, что может применяться изготовителем материала при отработке рецептуры резиновой смеси и производстве деталей, а также потребителем для приемочной оценки качества партий изделий или при возникновении дефекта, работе по его устранению и предъявления изготовителю.

В этом случае может быть получена объективная количественная оценка результатов цветовых изменений передачи от испытуемого образца к другой (контактируемой) поверхности. При оценке по серой шкале нормативное значение должно быть не менее 4 баллов.

2.2.3 Испытательное оборудование для методов старения

Для выдержки при повышенной температуре может использоваться термошкаф или термокамера, в которой обеспечивается поддержание температуры в необходимом диапазоне и с заданной погрешностью. В данной

работе использовался универсальный сушильный шкаф UFE 500 Memmert (рисунок 19) предназначен для термического старения эластомерных материалов и деталей. Данный шкаф имеет следующие технические характеристики: объем рабочей камеры 108 л, мощность 2000 Ватт, диапазон рабочей температуры +30...+250°C, с точностью поддержания $\pm 1^\circ\text{C}$.



Рисунок 19 – Универсальный сушильный шкаф UFE 500 Memmert

Для испытаний полимерных материалов на стойкость к ультрафиолетовому излучению может подойти установка с искусственным источником света. Возможно исполнение установки по индивидуальному специально разработанному проекту. В мировой практике разрабатываются и совершенствуются подобные установки с различными искусственными источниками излучения [18]-[22]. Для испытаний в рамках исследований данной работы использовался прибор УФ-излучения (рисунок 20), разработанный конструкторами по собственному проекту и изготовлен в производстве АВТОВАЗа.



Рисунок 20 – Прибор УФ-излучения

Прибор оснащен: рабочим столом диаметром 400мм, для которого установлена рабочая частота вращения 3 об/мин; ртутной лампой УФ-излучения, например NOVALAMP RVC 400W (рисунок 21) с потоком излучения 1000 лм (рисунок 22).



Рисунок 21 – Лампа NOVALAMP RVC 400W

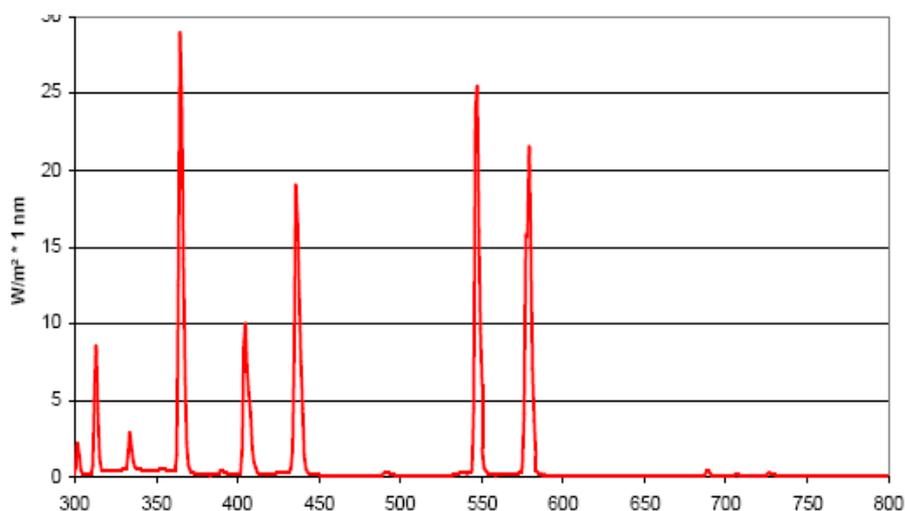


Рисунок 22 – Световой поток ртутной лампы в 1000 лм

Лампа установлена на расстоянии 400 мм от стола, на котором размещаются образцы. С помощью вентилятора охлаждения лампы и контроля температуры термометром в камере поддерживается температура не выше +50°C. Максимальное время работы лампы 4000 ч.

Для объективной количественной оценки результатов цветовых изменений передачи от испытуемого образца к другой (контактируемой) поверхности используется серая (ахроматическая) шкала SDC (рисунок 23).



Рисунок 23 – Серая (ахроматическая) шкала SDC

Эталоны, выполненные на специальной бумаге со значениями 1–5 с половинным шагом и футляре с окошками. Погрешность шкалы соответственно в полшага – 0,5 балла. Такая шкала должна храниться в специальном футляре в защищенном от света месте и периодически обновляться.

Измерение цветовых координат по системе CIE Lab* можно производить на спектрофотометре UltraScan PRO (Рисунок 24).



Рисунок 24 – Спектрофотометр UltraScan PRO

Это профессиональный прибор для точного измерения цветовых координат. Согласно своим техническим характеристикам, он имеет оптическое разрешение в 5 нм, диапазон измерения от 350 нм до 1050 нм, оснащен автоматической функцией включения/выключения блеска и программным обеспечением.

Таким образом, разработаны уточнения для существующих методов испытаний определения «усилия сжатия» для рабочей части уплотнителей и

определения «устойчивости к пятнообразованию» для эластомеров и деталей из них. Предложены нормативные значения для данных методов при применении с учетом разработанных уточнений. Приведено краткое описание необходимого для испытаний оборудования, оснастки, приборов и инструментов. Применение этих уточненных методов в совместной работе с поставщиками-изготовителями позволит проводить исследования эластомерных материалов и изделий для отработки рецептур материалов и определения качества изделий при одобрении для запуска в производство или в работе по устранению дефектов.

3 Результаты испытаний

3.1 Испытания эластомеров

При подборе материалов отечественных производителей для уплотнителей кузова были наработаны и испытаны опытные партии резин, изготовленных из стирольного каучука, комбинации изопренового с этиленпропиленовым, чисто этилен-пропиленового, и термоэластопласта этилен-пропиленового. Выбор базовых каучуков определялся их химической структурой для придания эластомерам свойств, необходимых для работы изделий из них на открытом воздухе [23]-[27]. Для испытаний с целью определения физико-механических свойств эластомеров были применены стандартные методы испытаний и штатные методики на стойкость к пятнообразованию на лакокрасочном покрытии. В таблице 3 приведены основные физико-механические показатели эластомеров с указанием стандартных методов испытаний.

Таблица 3 – Основные стандартные методы испытаний эластомеров

№	Показатель	Номер НД
1	Твердость в единицах Шор А	ГОСТ 263-75
2	Твердость в международных единицах IRHD	ГОСТ 20403-75
3	Условная прочность при растяжении	ГОСТ 270-74
4	Относительное удлинение при разрыве	образец типа I
5	Относительная остаточная деформация при статической деформации сжатия	ГОСТ 9.029-74 метод А, образец типа 1
6	Температурный предел хрупкости	ГОСТ 7912-74
7	Стойкость к озонному старению	ГОСТ 9.026-74
8	Сопротивление раздиру	ГОСТ 262-93, образец серповидный
9	Нейтральность к лакокрасочному покрытию	действующая методика по ТУ 2549-007-00149297

Кроме того, результаты испытаний эластомерных материалов по устойчивости к пятнообразованию были оценены в соответствии с предлагаемыми критериями.

Общие результаты испытаний двух типов резин приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний резины на основе стирольного (SBR) и резины на основе комбинации изопренового с этиленпропиленовым (IR+EPDM) каучуком

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания		Нормативное значение	
			SBR	IR+EPDM	SBR	IR+EPDM
1	Твердость, по Шору А	ед.	70	63	75±5	60 ± 5
2	Условная прочность при растяжении	МПа	10,7	10,3	≥7,8	≥5,9
3	Относительное удлинение при разрыве	%	320	210	≥150	≥150
4	Сопротивление раздиру	Н/мм	23,0	21,5	≥19,6	≥19,6
5	Относительная остаточная деформация при 25% статической деформации сжатия при температуре (100±2)°С в течение (72±2) ч	%	46,8	44,5		≤ 50
6	Температурный предел хрупкости	°С	минус 45	минус 50	минус 45, не выше	
7	Стойкость к озонному старению с объемной долей озона (5,0±0,5)×10 ⁻⁵ % и статической деформации растяжения на 10 % при (50±2)°С (72±1)ч	-	трещин нет	трещин нет	не должно быть трещин при двухкратном увеличении	

Продолжение таблицы 4

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Результат испытания		Нормативное значение	
			SBR	IR+EPDM	SBR	IR+EPDM
8 8.1	Нейтральность к лакокрасочному покрытию действующий критерий оценки	-	темные пятна на эмали	темные пятна на эмали	не допускается появление темных пятен в зоне соприкосновения пластин с образцами; допускается незначительное потемнение эмали	
8.2	предлагаемый критерий оценки- колориметрические показатели: Δa* Δb* ΔL* ΔE* Оценка по серой шкале	балл	-2,094 -24,056 16,054 30,0 1	-1,803 -22,013 12,101 25,1 1/2	≥ 4	

На рисунке 25 изображены фото пластин со светлой эмалью после контакта с резинами и испытаний на пятнообразование.



а) – резина на основе стирольного каучука, б) – резина на основе комбинации изопренового и этиленпропиленового каучуков

Рисунок 25 – Пластины со светлой эмалью после испытаний резин

По результатам испытаний обе резины соответствовали требованиям по физико-механическим показателям. Однако, резины дали значительное

потемнение эмали в зоне контакта с пластиной. Степень потемнения эмали от каждой из резин различна, а оценка в числовом выражении по серой шкале позволила определить, что стирольная резина оставила более темный след. При этом резина на основе стирольного каучука превосходила резину на основе комбинации изопренового с этиленпропиленовым каучуком по прочностным свойствам и температурному пределу хрупкости.

Для выявления ингредиентов резиновой смеси, окрашивающих светлые эмали кузова, изготовителем была проведена работа по сравнению спектра насыщенного водного экстракта от резины со спектрами каждого из ингредиентов резиновых смесей [28], [29]. В результате выявлено, что темные пятна остаются от воздействия противостарителя диафен ФП. Обе резины на основе стирольного и на основе комбинации изопренового с этиленпропиленовым каучуком потребовали существенной доработки в части рецептуры по замене окрашивающих стабилизаторов. Изготовителем проведена доработка рецептуры по замене окрашивающего диафена ФП на слабоокрашивающий ацетонанил Н. При этом особое внимание уделялось озоностойкости резин. Ацетонанил Н подтвердил свою эффективность в рецептуре, поскольку он не только защищает резины от теплового старения, но и эффективно повышает сопротивление резин озонному растрескиванию.

Однако, в части абсолютной нейтральности к ЛКП данные резины доработать не удалось, и они были рекомендованы к применению для изготовления других деталей экстерьера кузова, которые не являются видовыми: прокладки под ручку двери, буфера, защитные трубки.

Для изготовления уплотнителей с трубчатой частью наилучшим вариантом является использование резины на основе этиленпропиленового каучука. Так как основные цепи указанного полимера не содержат двойных связей, этиленпропиленовый каучук обладает химической стойкостью и превосходит другие синтетические каучуки по светостойкости и озоностойкости. Для испытаний была предоставлена опытная партия резины на основе EPDM-каучука со слабоокрашивающим антиоксидантом.

По результатам лабораторных испытаний предоставленные на испытание образцы резины по проверенным показателям соответствовали техническим требованиям. Однако, по результатам предлагаемой методики оценки нейтральности резины к ЛКП по серой шкале для имеющихся различимых пятен было присвоено значение в баллах, которое ниже рекомендуемой нормы. Такое несоответствие было подтверждено монтажными испытаниями, при которых были отмечены «потеки из-под уплотнителя» на светлой эмали, что свидетельствует об эффективности предлагаемого критерия оценки. Резина была рекомендована к доработке.

После замены изготовителем антиоксиданта резиновой смеси на неокрашивающий фенольного типа был проведен такой же комплекс испытаний, при котором резина по нейтральности к ЛКП имела оценку, соответствующую рекомендуемым требованиям. При этом физико-механические свойства остались на прежнем уровне и не ухудшились, результаты в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты испытаний резины на основе этиленпропиленового (EPDM) каучука

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания		Нормативное значение
			опытная парти	партия с доработкой	
1	Твердость, по Шору А	ед.	79	81	80±5
2	Условная прочность при растяжении	МПа	12,0	11,8	≥7,8
3	Относительное удлинение при разрыве	%	210	210	≥ 150
4	Сопротивление раздиру	Н/мм	32,0	31,5	≥29,4
5	Относительная остаточная деформация при 25% статической деформации сжатия при температуре (70±2) ⁰ С в течение (72±2) ч		45,6	43,5	≤ 50

Продолжение таблицы 5

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания		Нормативное значение
			Опытная партия	Партия с доработкой	
6	Температурный предел хрупкости	°С	минус 50	минус 50	минус 45, не выше
7	Стойкость к озонному старению с объемной долей озона $(5,0 \pm 0,5) \times 10^{-5}$ % и статической деформации растяжения на 20 % при $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ (72 ± 1) ч	-	трещин нет	трещин нет	не должно быть трещин при двукратном увеличении
8	Нейтральность к лакокрасочному покрытию				
8.1	действующий критерий оценки	-	незначительное потемнение эмали	пятна отсутствуют	не допускается появление темных пятен в зоне контакта пластин с образцами; допускается незначительное потемнение эмали
8.2	предлагаемый критерий оценки- колориметрические показатели: Δa^* Δb^* ΔL^* ΔE^* Оценка по серой шкале	балл серой шкалы			
		балл	-0,12	-0,31	
			5,43	2,27	
			-1,25	0,13	
			5,6	2,3	
			3/4	4/5	≥ 4

Внешний вид пластин после испытаний приведен на рисунке 26.



- а) опытная партия (резина со слабоокрашивающим антиоксидантом);
 б) партия с доработкой (резина с неокрашивающим антиоксидантом)

Рисунок 26 – Пластины со светлой эмалью после испытаний этиленпропиленовой резины

В качестве материала для рабочей части профиля уплотнителя опускающего стекла дверей был испытан термоэластопласт этиленпропиленовый, полученные значения приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты испытаний этиленпропиленового термоэластопласта (ТРЕ)

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания	Нормативное значение
1	Твердость, по Шору А	ед.	63	60±5
2	Условная прочность при растяжении	МПа	4,6	≥4,0
3	Относительное удлинение при разрыве	%	310	≥ 250
4	Сопротивление раздиру	Н/мм	36,8	≥20,0
5	Стойкость к термическому старению в воздухе при (80±2) ⁰ С в течение (96±2) ч			≤ 50
5.1	изменение твердости	ед.	+2	±5
5.2	условная прочность при растяжении	%	4,2	≥3,0
5.3	относительное удлинение при разрыве	%	280	≥ 250

Продолжение таблицы 6

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания	Нормативное значение
6	Температурный предел хрупкости	°С	минус 50	минус 45, не выше
7	Стойкость к озонному старению с объемной долей озона $(5,0 \pm 0,5) \times 10^{-5} \%$ и статической деформации растяжения на 20 % при $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$ (72 ± 1)ч	-	трещин нет	не должно быть трещин при двукратном увеличении
8	Нейтральность к лакокрасочному покрытию			
8.1	действующий критерий оценки	-	пятна отсутствуют	в зонах соприкосновения пластин с образцами не допускается изменение цвета лакокрасочного покрытия
8.2	оценка по серой шкале	балл	5	≥ 4

По физико-механическим показателям материал полностью соответствует требованиям технических условий, а также абсолютно нейтрален к лакокрасочному покрытию. Фото пластины после испытаний термоэластопласта представлено на рисунке 27.



Рисунок 27 – Пластина со светлой эмалью после испытаний термоэластопласта этиленпропиленового

Измерение изменения цветовых координат на спектрофотометре не потребовалось, поскольку термоэластопласт не оставил следов на эмали. Полученному результату присвоено максимальное значение по серой шкале.

3.2 Испытания деталей

Из одобренной резины на основе этиленпропиленового каучука были наработаны опытные партии деталей. Детали также были испытаны по штатным методикам и методикам, с предлагаемыми в рамках данной работы изменениями. Для испытания были предоставлены по одному изделию каждого наименования, количество образцов варьировалось в зависимости от получаемой близости результатов, необходимых для вывода среднего значения от партии.

Уплотнитель двери, профиль которого показан на рисунке 28, имеет вертикальный способ монтажа, высота трубчатой части баллончика которого $(19,4 \pm 1,5)$ мм согласно чертежу.



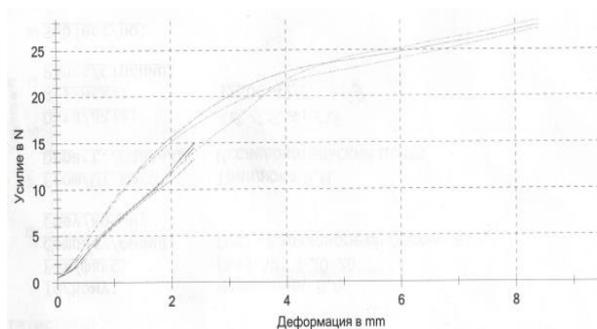
Рисунок 28 – Эскиз профиля уплотнителя двери

В таблице 7 приведены результаты комплексных испытаний четырех последовательно испытанных партий деталей.

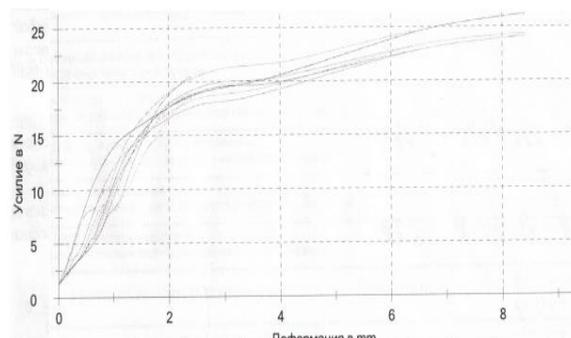
Таблица 7 – Результаты испытаний уплотнителя проема двери

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания опытных партий				Норма	НД на метод испытания
			№ 1	№2	№ 3	№ 4		
1.	Кажущаяся плотность	кг/м ³	590	580	600	610	400-650	метод гидростатического взвешивания
2.	Относительная остаточная деформация трубчатой части при статическом сжатии на 50% при (23±5)°С в течение (22±0,5)ч	%	12	12	10	9	≤ 40	штатная методика по ТУ 2549-007-00149297
3.	Усилие сжатия трубчатой части на образце длиной 100 мм	Н						
3.1	на величину 5 мм		8,0	8,5	11,5	12,2	10,0±3,0	штатная методика по ТУ 2549-007-00149297
3.2	до величины зазора: максимума 17 мм номинального 13 мм минимума 11 мм		5,0 8,5 9,3	6,0 8,5 9,5	5,0 9,5 14,5	7,0 13,5 14,5	5 ÷ 15 8 ÷ 20 9 ÷ 25	предлагаемая методика и рекомендуемые нормы

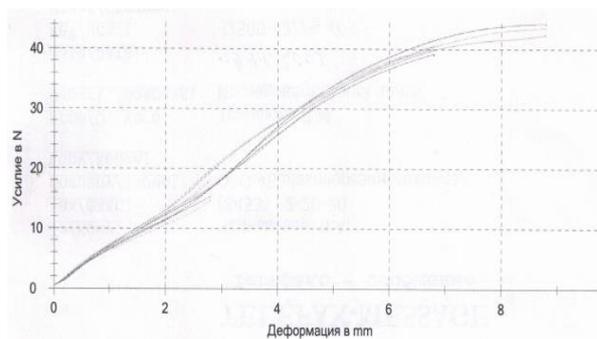
В процессе испытаний на сжатие уплотнителя двери на разрывной машине производилась запись графиков. На рисунке 29 представлены фото графиков, записанных для четырех партий, зависимостей усилия в ньютонах от перемещения траверсы в миллиметрах.



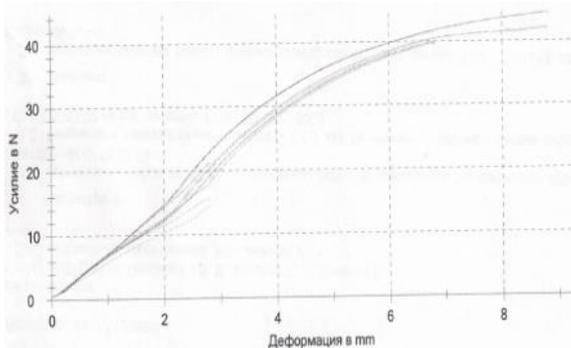
№ 1



№2



№ 3



№ 4

Рисунок 29 – Графики зависимости усилия сжатия в N от перемещения в мм траверсы испытательной машины, полученные при испытании уплотнителя двери

На партиях №№1-3 уплотнителя двери усилие сжатия баллончика находилось на нижней границе нормы, рекомендуемой конструкторской службой в качестве изменений в чертеж. Постепенно изделия были доработаны изготовителем в результате выданных замечаний. При доработке объектов в лаборатории изготовителя применялись рекомендованные опытные методики и критерии оценки. Новые образцы партия №4 были испытаны с положительными результатами.

При построении диаграммы (рисунок 30) зависимости усилия сжатия в N от величины зазора в мм для всех четырех партий уплотнителей дверей в соответствии с рисунком 9 наглядно видно, что именно партия №4 находится в середине допустимого диапазона.

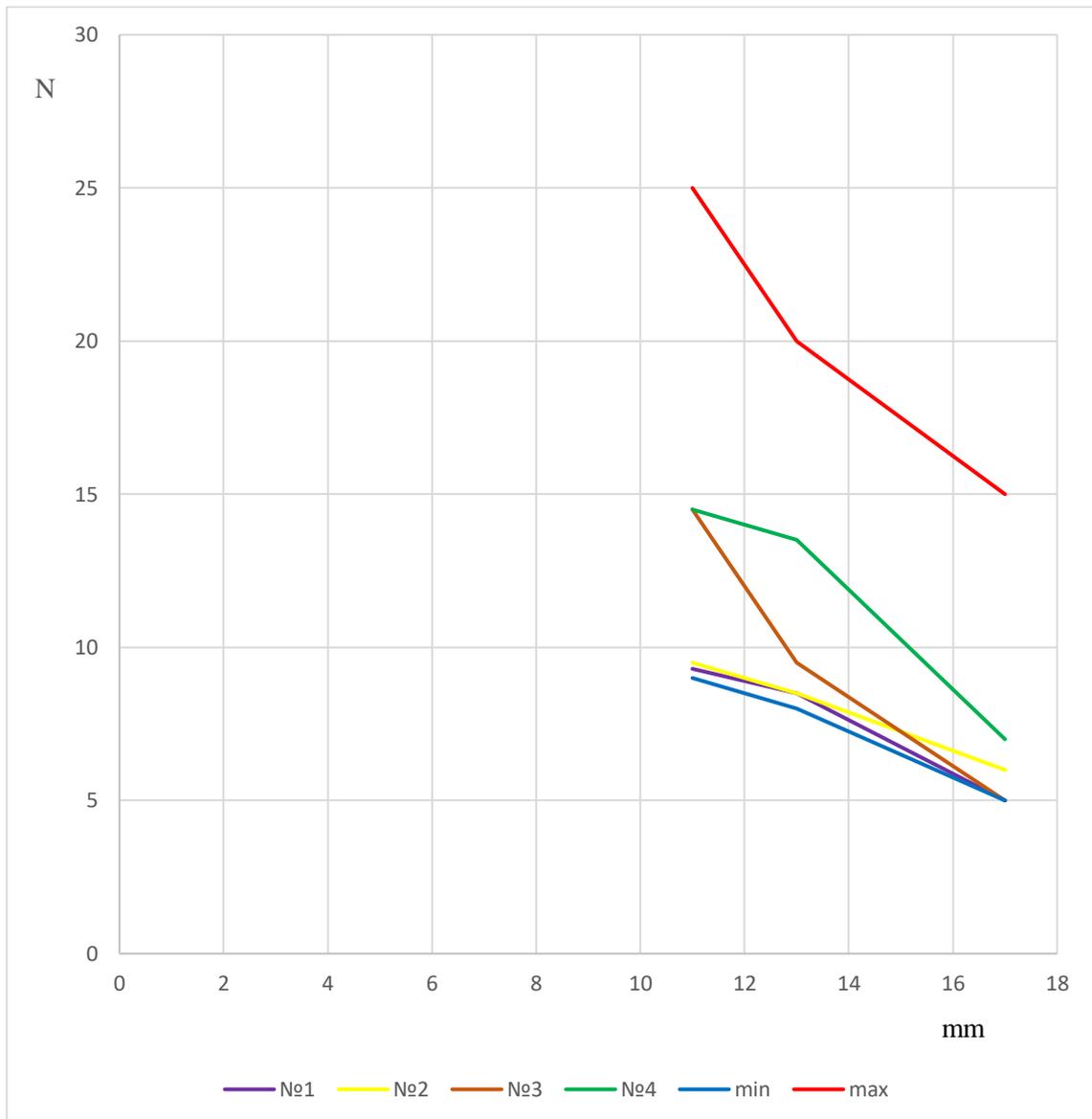


Рисунок 30 – Диаграмма зависимости усилия сжатия в N от величины зазора в мм, полученные при испытании уплотнителя двери

Уплотнитель поворотного окна боковины, форма профиля которого показана на рисунке 31, имеет горизонтальный способ монтажа и высота его трубчатой части ($11,7 \pm 1,0$) мм по чертежу.

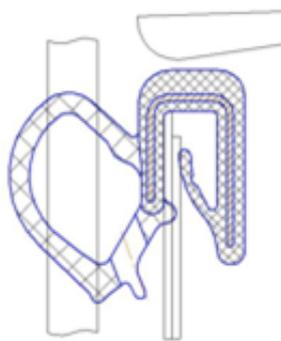


Рисунок 31 – Эскиз профиля уплотнителя окна

Параллельно с уплотнителями дверей изготовителем из тех же рецептур резин были наработаны 4 партии уплотнителей окна боковины, и испытаны по тем же показателям. В таблице 8 приведены результаты комплексных испытаний четырех последовательно испытанных партий деталей.

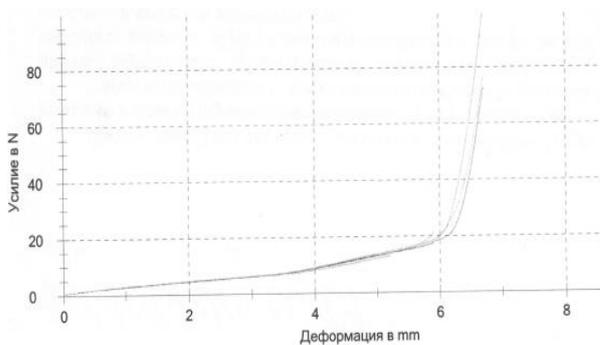
Таблица 8 – Результаты испытаний уплотнителя поворотного окна боковины

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания опытных партий				Норма	НД на метод испытания
			№ 1	№2	№ 3	№ 4		
1.	Кажущаяся плотность	кг/м ³	550	630	590	600	400-600	метод гидростатического взвешивания
2.	Относительная остаточная деформация трубчатой части при статическом сжатии на 50% при (23±5)°С в течение (22±0,5)ч	%	11	11	7	6	≤ 40	штатная методика по ТУ 2549-007-00149297
3.	Усилие сжатия трубчатой части на образце длиной 100 мм	Н						
3.1	на величину 5,0 мм		4,0	10,0	10,5	10,0	10±3	штатная методика по ТУ 2549-007-00149297

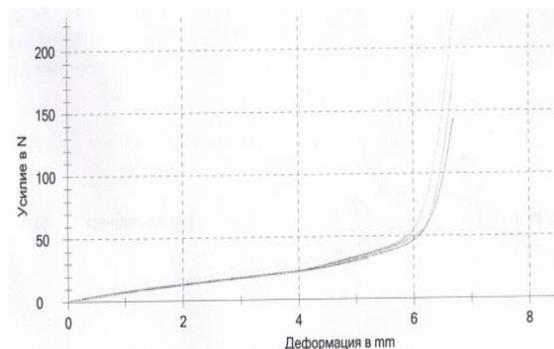
Продолжение таблицы 8

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания опытных партий				Норма	НД на метод испытания
			№ 1	№2	№ 3	№ 4		
3.2	до величины зазора:							предлагаемая методика и рекомендуемы енормы
	максимального 6,5 мм		4,5	11,5	11,2	11,0	7-11	
	номинального 5.8 мм		6,2	15,6	14,0	12,8	9-13	
	минимального 5,0 мм		27.0	59,7	50,3	48,6	9-50	

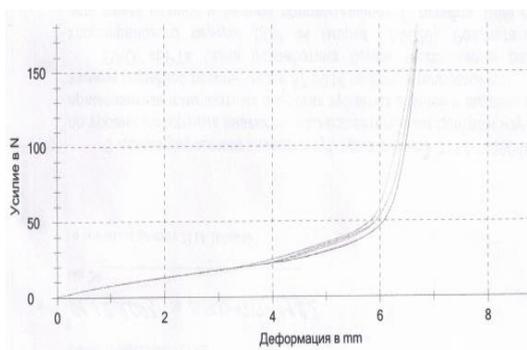
В процессе испытания на сжатие баллончика были получены следующие графические зависимости, приведенные на рисунке 32.



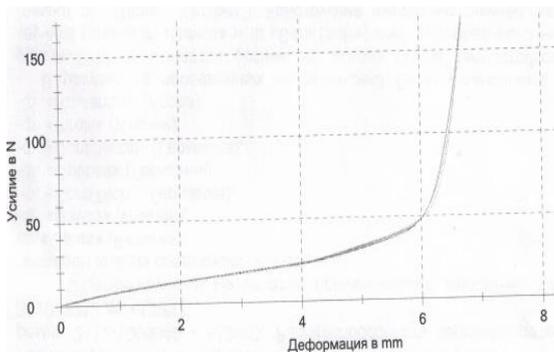
№ 1



№2



№ 3



№ 4

Рисунок 32 – Графики зависимости усилия сжатия в Н от перемещения в мм траверсы испытательной машины, полученные при испытании уплотнителя поворотного окна боковины

Аналогично были построены диаграммы зависимости усилия сжатия в зависимости от величины зазора (рисунок 33), по которым отчетливо видно, что партия 4 соответствует рекомендуемым требованиям и имеет оптимальный набор значений на всем диапазоне сжатия.

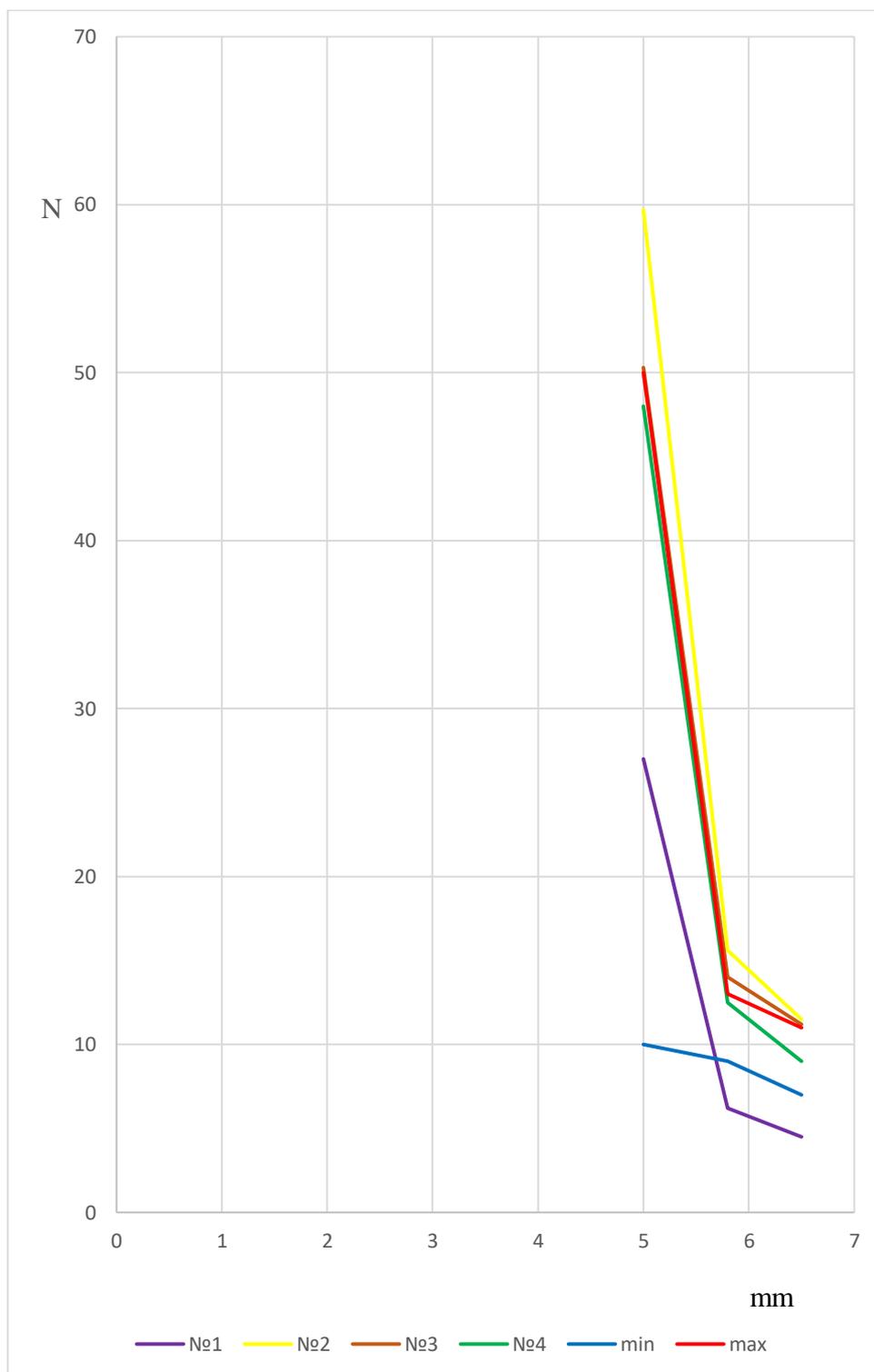


Рисунок 33 – Диаграмма зависимости усилия сжатия в N от величины зазора в мм, полученные при испытании уплотнителя окна боковины

Уплотнитель опускного стекла изготавливается из термоэластопласта этиленпропиленового. При одобрении деталей было выдано положительное заключение на соответствие требованиям чертежа. Однако, при монтажных испытаниях возникли замечания по скрипу во время поднимания и опускания стекла. Данный уплотнитель имеет монолитное исполнение и сложный профиль (рисунок 34).

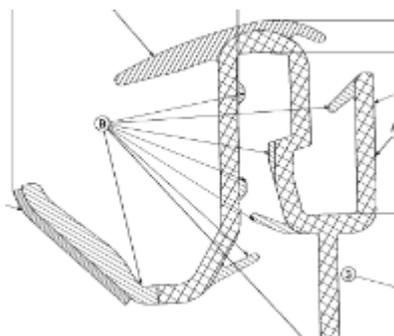


Рисунок 34 – Эскиз профиля уплотнителя опускного стекла

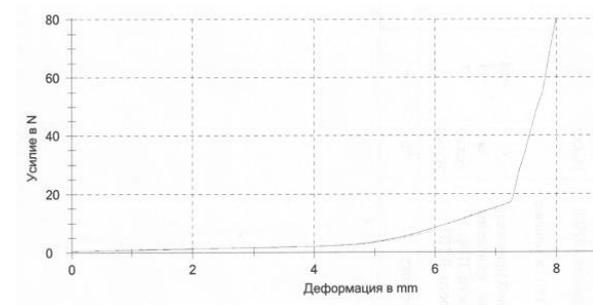
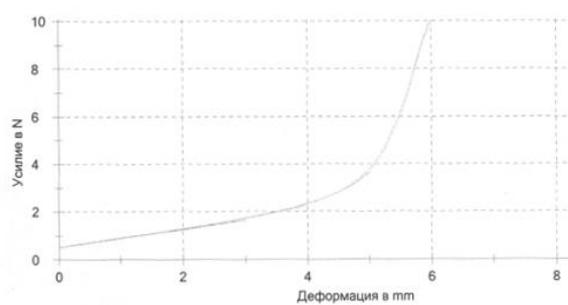
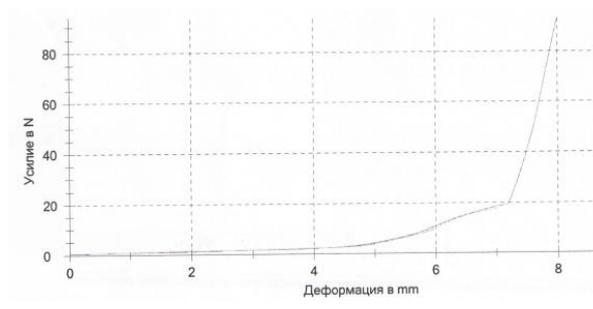
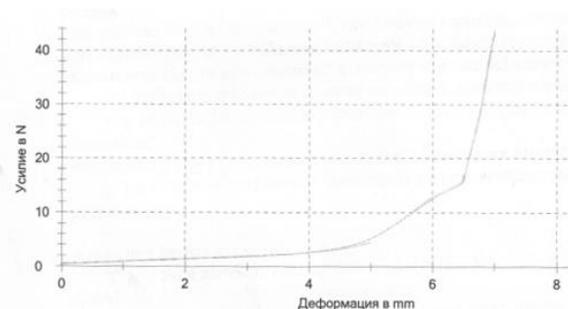
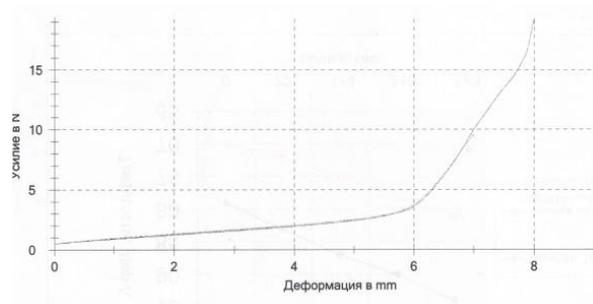
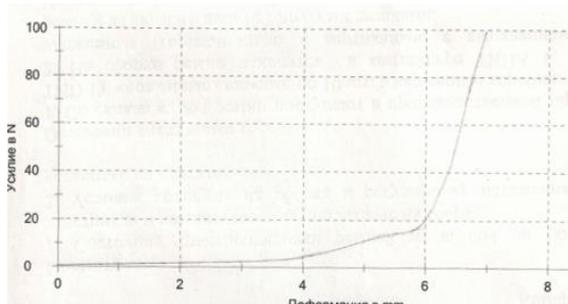
В рамках проведения комплекса работ по устранению дефекта по заданию конструкторской службы были испытаны уплотнители опускного стекла по штатным методикам ТУ 2549-006-40944248-2005 и по опытной методике определения усилия сжатия – прижима «лапки». В технических условиях и чертеже требования по данному показателю отсутствуют, поэтому были определены фактические значения показателя с дискретностью 1 мм до полного сжатия. Целью данных исследований являлось определение соответствия партий нормам по показателям их технических условий и наличие различий между партиями, а также возможное установление нормативных значений по усилию прижима лапки, после набора данных.

В таблице 9 приведены результаты испытаний уплотнителя стекла по выполненным показателям.

Таблица 9 – Результаты испытаний уплотнителя опускного стекла опытных партий №1 и №2

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания партий		Норма
			№ 1	№2	
1.	Стабильность размеров	%	0,2	0,15	$\leq 0,25$
2.	Стойкость к изгибу при минус 20 °С	%	трещин нет	трещин нет	не допускаются трещины
3.	Стойкость к удару шаром: - при (23±5) °С - после выдержки при минус (40±2)°С в течение 4 ч	-	трещин нет	трещин нет	не допускаются трещины
4.	Стойкость к озонному старению с объемной долей озона (5,0±0,5)×10 ⁻⁵ % и статической деформации растяжения на 10 % при (50±2)°С (48±1)ч	-	трещин нет	трещин нет	не должно быть трещин
5	Усилие прижима лапки на образце длиной 100 мм на величину:	Н			требования отсутствуют
	1мм		1,0 0,9 0,9	1,0 0,9 0,9	
	2мм		1,5 1,3 1,3	1,3 1,3 1,2	
	3мм		2,1 1,8 1,6	1,7 1,6 1,6	
	4мм		3,9 2,5 2,3	2,1 2,1 2,0	
	5мм		11,1 4,5 3,7	2,5 3,5 3,2	
	6мм		16,8 12,5 10,0	3,5 9,5 7,6	
Примечание - Указаны результаты испытаний трех образцов от партии для набора статистических данных [30].					

На рисунке 35 изображены графики зависимостей усилия прижима от перемещения траверсы разрывной машины. По полученным линиям можно увидеть неравномерность возрастания нагрузки.



№ 1

№2

Рисунок 35 – Графики зависимости усилия прижима в N лапки от перемещения траверсы в мм испытательной машины, полученные при испытании уплотнителя опускного стекла опытных партий

Данная предлагаемая методика по определению усилия сжатия в зависимости от перемещения позволила обнаружить «скачки» и «перегибы» на графической кривой и отсутствие сходимости результатов на трех образцах от партии. Изготовителю были переданы полученные результаты и рекомендации проведения внутренних мероприятий контроля размеров профиля во время экструзии в течение рабочей смены. Тем самым была установлена неравномерность профиля уплотнителя (рисунок 36), причиной которой являлась нестабильность техпроцесса изготовления деталей.

Изготовителем были отрегулированы режимы техпроцесса (скорость экструзии) [31], с последующим изготовлением и испытанием доработанных партий уплотнителей.

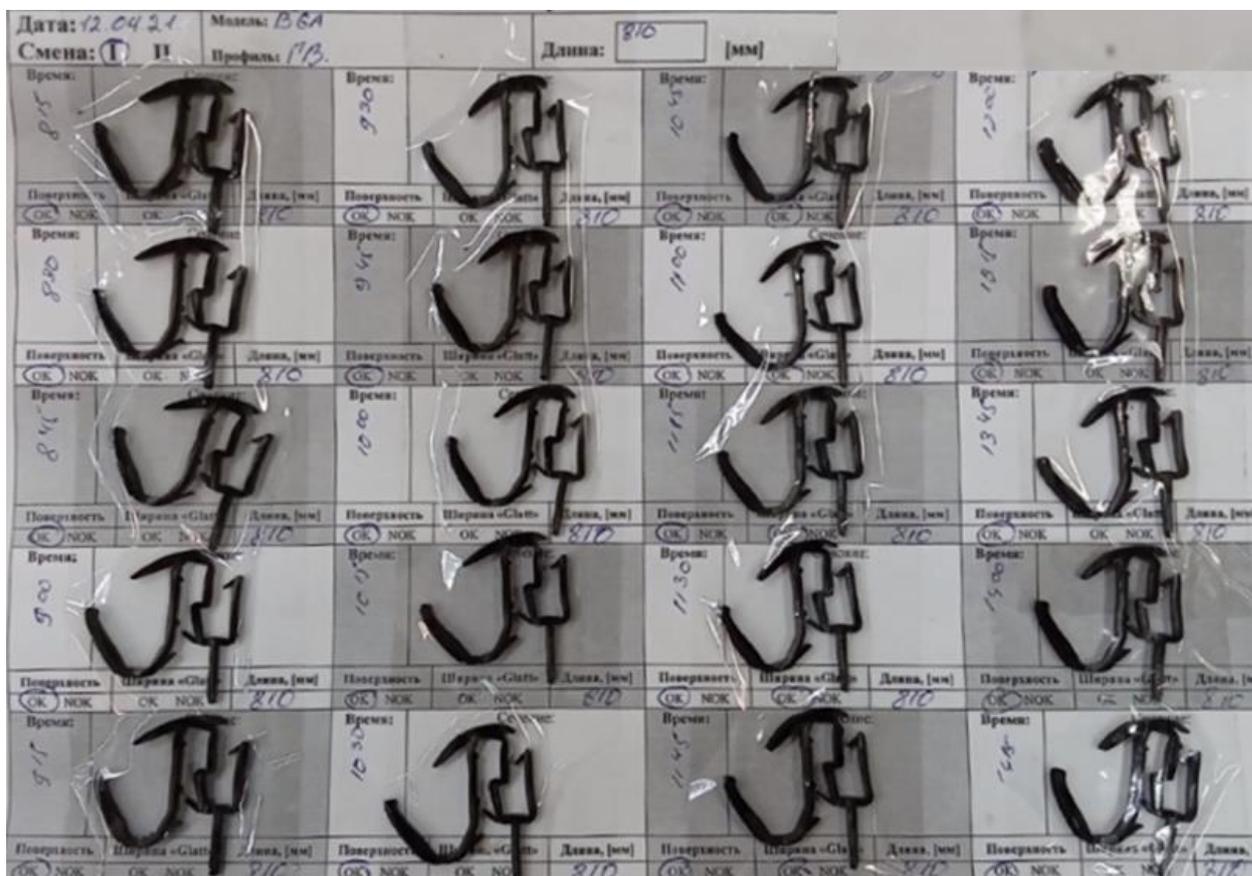


Рисунок 36 – Срезы профиля уплотнителя для определения стабильности поперечных размеров

В таблице 10 приведены результаты испытаний доработанных партий.

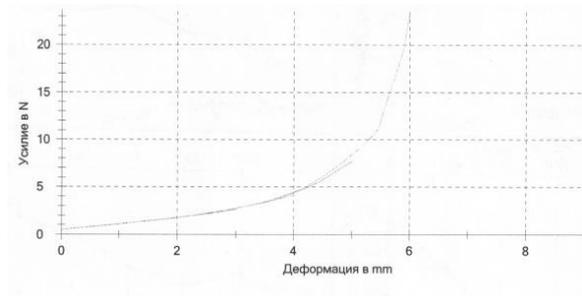
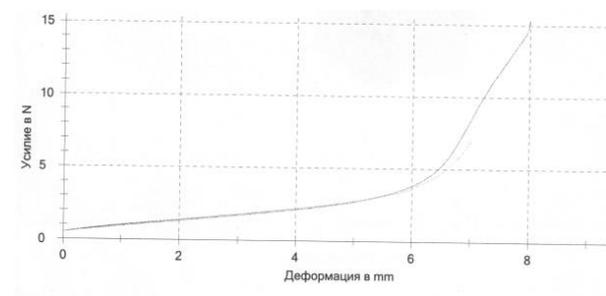
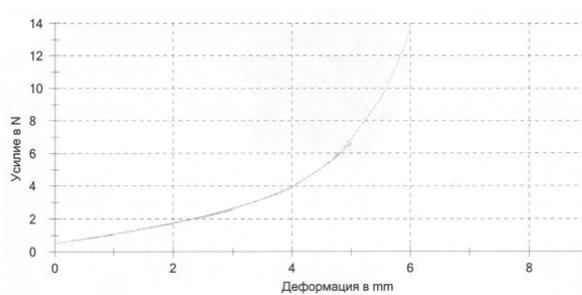
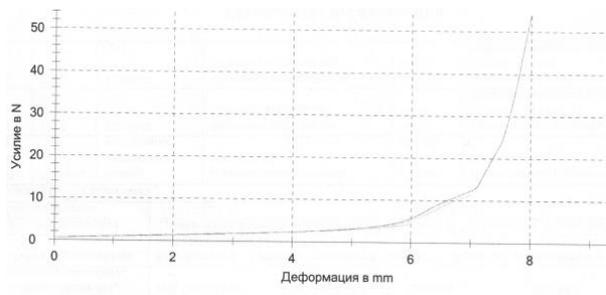
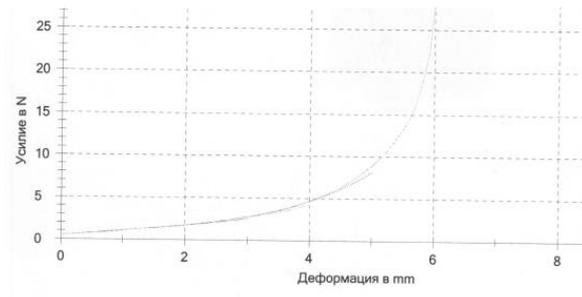
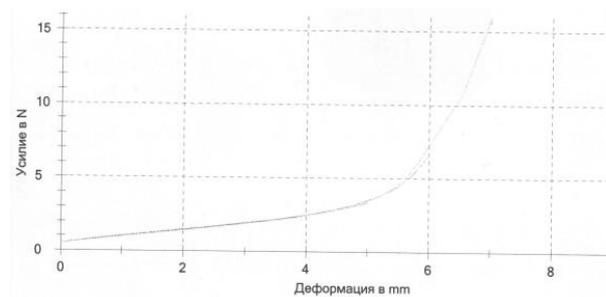
Таблица 10 – Результаты испытаний уплотнителя опускного стекла доработанных партий

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания партий		Норма
			№ 3	№ 4	
1	Стабильность размеров	%	0,10	0	$\leq 0,25$
2	Стойкость к изгибу при минус 20 °С	%	трещин нет	трещин нет	не допускаются трещины

Продолжение таблицы 10

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Результат испытания партий		Норма
			№ 3	№ 4	
3	Стойкость к удару шаром: - при $(23 \pm 5)^\circ \text{C}$ - после выдержки при минус $(40 \pm 2)^\circ \text{C}$ в течение 4 ч	-	трещин нет	трещин нет	не допускаются трещины
4	Стойкость к озонному старению с объемной долей озона $(5,0 \pm 0,5) \times 10^{-5} \%$ и статической деформации растяжения на 10 % при $(50 \pm 2)^\circ \text{C}$ (48 ± 1) ч	-	трещин нет	трещин нет	не должно быть трещин
5	Усилие прижима лапки на образце длиной 100 мм на величину:	Н			требования отсутствуют
	1мм		1,0 1,0 1,0	1,0 1,0 1,1	
	2мм		1,4 1,4 1,4	1,7 1,7 1,7	
	3мм		1,9 1,8 1,7	2,6 2,5 2,6	
	4мм		2,5 2,3 2,2	4,3 3,9 4,2	
	5мм		3,4 2,9 2,7	8,1 6,7 7,7	
	6мм		6,6 4,4 3,6	28,1 14,0 23,5	

Также были записаны графические зависимости, которые изображены на рисунке 37.



№ 3

№ 4

Рисунок 37 – Графики зависимости усилия в N прижима лапки от перемещения траверсы в мм испытательной машины, полученные при испытании уплотнителя опускного стекла доработанных партий

Проведенные испытания доработанных партий №3 и №4 показали лучшие результаты в части сходимости и плавности графической кривой. Замечания были устранены, дефект исключен.

Таким образом, использование при испытаниях материалов и деталей методик с разработанными уточнениями по определению нейтральности к ЛКП и определения усилия сжатия и прижима рабочей части уплотнителя подтвердило эффективность применения их в исследовательских целях и при испытании на соответствие требованиям нормативной документации.

4. Техника безопасности при проведении испытаний

При проведении испытаний эластомеров и изделий из них необходимо соблюдать общие правила техники безопасности и осторожности при работе с такими инструментами, как ножницы, ножницы по металлу, вырубной пресс, тиски зажимные, грузы.

Особое внимание следует уделить при работе на специальном оборудовании: разрывные испытательные машины, термокамеры, камеры озонные и искусственного излучения.

4.1 Правила работы на испытательной машине

Разрывные испытательные машины относятся к лабораторному оборудованию. Они являются многофункциональным инструментом для определения механических свойств материалов и изделий. Основными частями любой разрывной испытательной машины является нагружающее устройство и измерители: силовые и экстензометры. К таким машинам дополнительно имеются специализированная оснастка и приспособления. Современные машины управляются персональным компьютером и должны быть оснащены печатающим устройством.

При работе на испытательной машине необходимо соблюдать следующие правила техники безопасности:

- перед началом работы проверить целостность проводки и исправность заземления. запрещается проводить испытания при открытых панелях (передней и задней) шкафов измерения и управления;

- смену динамометрического датчика произвести при выключенной машине. неиспользуемые силоизмерители, зажимные приспособления, дополнительная оснастка должны храниться на отдельном столе, стеллаже или в лабораторном шкафу;

- машину включить за 15-20 минут до начала работы с целью прогрева всех систем;
- включить персональный компьютер и печатающее устройство;
- в момент включения машины человек должен находиться слева от станины;
- перед началом работы проверить установку ограничителя перемещения траверсы во избежание смыкания зажимов при движении траверсы вверх;
- при работе оператора на разрывной испытательной машине не допускаются: свободно висящие и расстегнутые элементы спецодежды; надевать украшения в виде браслетов, больших перстней; свободно висящие длинные волосы;
- при отсутствии защитного экрана на разрывной машине лаборант должен надевать защитные очки;
- перед каждым нажатием кнопок направления движения траверсы «вверх», «вниз» убедиться, что ограничитель перемещения и тумблер переключения режимов скорости находятся в нужном положении;
- в процессе закрепления образцов в зажимы или установки приспособления траверса должна оставаться неподвижной;
- во время движения траверсы руки оператора не должны находиться между зажимами. при этом необходимо держать наготове руку на красной кнопке «стоп»;
- во время работы в режиме программирования рабочего расстояния между зажимами и при испытании на сжимаемость, ограничитель перемещения поднять на уровень верхнего зажима. по завершении программирования блокиратор сразу опустить на уровень основания подвижной траверсы, чтоб исключить смыкание зажимов;
- перед сменой зажимов и приспособлений подвижную траверсу опустить вниз на расстояние, достаточное для свободного монтирования оснастки и образцов;

– при работе машины рабочую зону обязательно закрывать защитным экраном.

4.2 Правила работы с термокамерой или термошкафом

Лабораторные термокамеры и термошкафы предназначены для обеспечения и поддержания необходимой повышенной температуры испытаний. Они могут иметь одну или несколько камер с вентилятором или конвектором. При работе с термокамерой или термошкафом важно соблюдать следующие меры безопасности:

– перед началом работы проверить целостность электропроводки и исправность заземления; проверить подключение шкафа в сеть с напряжением;

– включить тумблер обогрева шкафа; установить на панели управления терморегулятора требуемое значение температуры; проверить работу вентилятора;

– по показателям контрольного термометра и сигналам индикаторной лампы, фиксирующей момент стабилизации температуры в термокамере начать испытания;

– в рабочую камеру поместить испытуемые образцы; не прикасаться к внутренним рабочим поверхностям камеры; испытуемые образцы, приспособления и оснастку помещать и вынимать из камеры с помощью асбестовых или других жаропрочных перчаток;

– систематически проверять исправность электропроводки и заземления, контролировать рабочую и заданную температуры; при обнаружении неисправности немедленно сообщить в специальную службу;

– по окончании работы выключить обогрев оборудования.

4.3 Правила работы с установкой УФ-излучения

К установкам УФ-излучения относят оборудование с искусственными источниками излучения, в которых используются преимущественно ртутные лампы:

- перед началом работы проверить целостность проводки и исправность заземления; подключить сетевой шнур к сети ~220В, 50Гц;
- открыть дверцу и положить образцы на платформу;
- установить регулятором необходимое значение температуры испытаний и тумблером режим работы вентилятора охлаждения УФ-ламп;
- установить необходимое время работы прибора, требуемую скорость вращения платформы (вверх-вниз, об/мин);
- после отработки заданного интервала времени прибор необходимо отключить, если конструкцией не предусмотрено отключение автоматически; для аварийного отключения прибора нажать кнопку «стоп»;
- во избежание поломки прибора запрещается открывать дверцу прибора во время работы прибора; повторно включать прибор ранее, чем через 15 мин; после отключения;
- УФ-лампы имеют срок нагревания и остывания, поэтому запрещается прикасаться к лампам ультрафиолетового излучения не защищенными руками, в случае замены ламп использовать х/б перчатки (установку ламп производит специалист-ремонтник);
- вынимать образцы из прибора следует не ранее чем через 5 мин после отключения прибора, для выемки образцов из прибора рекомендуется использовать х/б перчатки; при обнаружении неисправности отключить прибор, сообщить инженеру и вызвать ремонтную службу.

4.4 Правила работы с озонной камерой

Озонная камера предназначена для испытания образцов из полимерных материалов в среде озона с заданной концентрацией. Принцип работы основан на ионизации воздуха ультрафиолетовыми лучами и превращения кислорода O_2 в озон O_3 , который воздействует на исследуемые образцы. Оборудование состоит из испытательной камеры, закрывающейся герметично, блока генерации озона и электрохимического анализатора. С помощью анализатора осуществляется автоматическое определение и регулирование концентрации озона. Для контроля концентрации озона заранее приготавливают специальный буферный раствор йодида калия, который должен иметь уровень в пределах от 6,5 до 6,8 рН, и заливается в электрод. Блок анализатора производит автоматический забор воздуха из испытательной камеры, озон пропускается через раствор, в результате происходит окислительно-восстановительная реакция с выделением йода, пропорционально количеству которого вырабатывается на электроде электрический ток и подается на УФ-лампу. По интенсивности тока на лампе осуществляется автоматическое регулирование концентрации озона.

К работе на озонной камере допускается только обученный персонал. Озонные камеры относятся к сложному лабораторному оборудованию, в этой связи при работе с ними существует ряд обязательных правил и мер безопасности:

- помещение, в котором устанавливается озонная камера, должно быть оснащено приточно-вытяжной вентиляцией и должна поддерживаться температура окружающего воздуха $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$;
- не допускается работа при открытых токопроводящих частях электрооборудования; все съёмные щиты ограждения и кожухи должны быть надежно закреплены на оборудовании; при обслуживании камера должна быть отключена от сети;
- все приборы, входящие в состав камеры и находящиеся на панели

управления должны быть поверены и технически исправны; перед началом работы убедиться визуально в целостности всех резиновых и полихлорвиниловых трубок и стеклянных патрубков; при наличии каких-либо видимых несоответствий или повреждений работу не начинать, поставить в известность начальника лаборатории;

- проверить наличие угольного фильтра, прошедшего реактивацию; при необходимости установить его;

- проверить подачу охлаждающей воды к камере; проверить наличие озоматного раствора в анализаторе; при необходимости заполнить анализатор озоматным раствором;

- включить подачу воды, включить камеру и установить требуемый режим испытаний температуру, концентрацию и время; основные регулировки концентрации озона и температуры должны производиться в пустой камере (без испытуемых образцов); при необходимости отрегулировать поток с помощью регулятора с пазом под отвертку; скорость потока должна быть 4,5л/мин;

- после установки и стабилизации режима работы камеры, в неё можно поместить образцы для испытаний, выключая на это время озонатор и вентилятор; открывать и закрывать дверь камеры необходимо оперативно, чтобы не нарушить равновесие температуры и озона в камере; кроме того, озонированный воздух вреден для человека;

- во время проведения испытаний образцов 2 раза в сутки производить визуальный контроль за работой камеры; при каких-либо отклонениях концентрации или температуры сообщить руководителю и совместно принять меры по стабилизации режима;

- по истечении времени проведения испытаний необходимо остановить камеру, дождаться снижения концентрации озона, открыть дверь камеры и вынуть оснастку с образцами; затем последовательно выключить камеру, и подачу воды; убрать рабочее место; при необходимости проветрить помещение.

Заключение

В ходе работы был произведен информационный поиск и изучение существующих способов лабораторных испытаний изделий из эластомеров для экстерьера автомобиля на эксплуатационные свойства, произведено ознакомление с методами исследования и с необходимым оборудованием. Рассмотренные источники описывают особенности полимерных материалов, применяемых для изготовления деталей экстерьера и методов их исследования

Рассмотрены два метода испытаний, который имеют некоторые недостатки. По этой причине предложено внести уточнения в методики выполнения этих методов. Методы позволяют оперативно определить усилие сжатия рабочей части уплотнителя и устойчивость к пятнообразованию при ускоренном старении.

В отчете представлены результаты испытаний эластомеров на основе стирольного, комбинации изопренового с этиленпропиленовым, и этиленпропиленового каучука и два вида деталей экстерьера автомобиля на соответствие требованиям технических условий стандартными методами и по опытным методикам.

Предлагаемая методика исследования эластомерных уплотнителей на сжатие позволяет определить эластичность профильных элементов уплотнения стёкол, дверей, дверей задка и крышек багажника на всем диапазоне возрастающей нагрузки и дает возможность уловить зоны «провалов», когда упругость внезапно падает или напротив резко возрастает, в отличие от метода сжатия при фиксированной величине сжатия на одну заданную величину. Такой метод позволит выявить нестабильность техпроцесса экструзии профильных изделий, колебания в размерах с целью доработки.

При испытании эластомеров на пятнообразование введение количественных критериев оценки цвета пятна по серой шкале позволит исключить субъективность оценки. В отличие от описательного характера

численный способ выражения в баллах по серой шкале позволит проводить статистическую обработку данных, что может быть применено изготовителем материала при отработке рецептуры резиновой смеси и производстве деталей, и потребителем для приемочной оценки качества партий изделий или при возникновении дефекта, работе по его устранению и предъявления изготовителю.

Рассмотренные методики с предлагаемыми уточнениями в комплексе со стандартными методами исследований могут быть применены при отработке рецептуры компаундов, а также при испытании готовых изделий. Они могут использоваться в лабораториях производителя и потребителя для проведения параллельных, сличительных испытаний, а также для исследовательских работ.

Это в последующем дает возможность исключить к установке на автомобиль изделия низкого качества, не соответствующего требованиям потребителя.

Список используемых источников

1. Аманов, С.Р. Тенденции развития полимерных материалов для автомобилестроения [Текст] / С.Р. Аманов, Э.Х. Зиганшина // Материалы в автомобилестроении: сб. докл. III Международной научно-практической конференции/ изд. ОАО «АВТОВАЗ». – Тольятти, 2008, – Ч.2 – С.5- 12.
2. Корнев, А.Е. Технология эластомерных материалов: учебник для вузов - изд.3-е [Текст] / А.Е. Корнев, А.М. Буканов, О.Н. Шевердяев. – Москва: НППА «Истек», 2009. – 504 с.
3. 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, 2010. – 620 с.
4. Аганин, Л.Г. Разработка, освоение и внедрение деталей автомобилей LADA из термоэластопластов взамен традиционных материалов [Текст] / Л.Г. Аганин, О.В. Романова, О.А. Гаюн, А.Ю. Юхнович, Т.Я. Козельская // Материалы в автомобилестроении: сб. докл. III Международной научно-практической конференции/ изд. ОАО «АВТОВАЗ». – Тольятти, 2008, – Ч.2 – С.145- 149.
5. Махлис , Ф.А. Технологический справочник по резине: справочное издание [Текст] / Ф.А. Махлис, Д.Л.Федюкин. – Москва: «Химия», 1989. – 400с.
6. Иванова, В.Н. Технология резиновых технических изделий: учебник – 3-е изд. [Текст] / В.Н. Иванова, Л.А. Алешунина. – Л.: Химия, 1988. –288с.
7. Ершова, Т.В. Подбор и корректировка резин экстерьера кузова для исключения дефекта «темные пятна на светлой эмали» [Текст] / Т.В. Ершова, Г.С. Киселева, Л.А. Малютина, А.Ю. Юхнович// Материалы в автомобилестроении: сб. докл. III Международной научно-практической конференции/ изд. ОАО «АВТОВАЗ». – Тольятти, 2008, – Ч.2 – С.132- 133.

8. ГОСТ 269-66 Резина. Общие требования к проведению физико-математических испытаний. – Взамен ГОСТ 269-66; Введ. с 01.07.66. – Москва: Изд-во стандартов, 2001. – 9 с
9. Гросберг, А.Ю. Физика в мире полимеров [Текст] / А.Ю.Гросберг, А.Р. Хохлов. Москва: – Наука, 1989. – 208 с.
10. Догадкин, Б.А. Химия эластомеров [Текст] / Б.А. Догадкин. – Москва: «Химия», 1972. – 392с.
11. ТУ 2549-007-00149297-98 Уплотнители и окантовки резиновые неформовые. Технические условия с изм.6 2015 [Текст]. – ЗАО «Уралэластотехника» -л.39.
12. ТУ 2541-007-40944248-2005 Верхние уплотнители опускных стекол дверей автомобилей. Технические условия с изм.1 2018 [Текст]. – ЗАО «ПХР» - л.21.
13. Русинова, Е.Н., Исследование свойств уплотнителей кузова автомобиля для исключения дефектов в гарантийный период эксплуатации [Текст] / Е.Н. Русинова, Д.А. Болдырев //Студенческие Дни Науки в ТГУ – 2021: Сборник студенческих работ/ ТГУ. –Тольятти, 2021 – С. 592-594
14. ГОСТ 9.024-74 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы испытаний на стойкость к термическому старению. – Москва: Издательство стандартов, 1994. – 11с.
15. ГОСТ 9.026-74 Единая система защиты от коррозии и старения. Резины. Методы ускоренных испытаний на стойкость к озонному и термосветоозонному старению. Москва: Изд-во стандартов, 1998. – 27 с.
16. Сосновский, Л.А. Ускоренные испытания резин: методы и некоторые результаты [Текст]./ Л.А. Сосновский, Е.А. Темников// Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. – 2016. – №1 (32). – С.183-190
17. ГОСТ Р ИСО 105-A03–99 Материалы текстильные. Определение устойчивости окраски. Часть А03. Серая шкала для оценки степени закрашивания [Текст]. – Москва: Изд-во стандартов, 2000. – 3 с.

18. Патент JP2019086318A. Япония, МПК G01N17/00. LIGHT EXPOSURE METHOD AND LIGHT EXPOSURE APPARATUS: заявл.02.11.2017: опубл. 06.06.2019/ KIJIMA YOSHIO; SHIMIZU MICHII; SHIDARA MASAHIRO; HAMANO TOMOKO; MURAI MADOKA; ISHIDA YUYA; SHIBUYA TAKAYUKI.

19. Патент US2015017731A1. США, МПК G01N33/44. TEST APPARATUS AND METHOD OF ACCELERATED PHOTO-DEGRADATION USING PLASMA LIGHT SOURCE: заявл. 16.01.2012: опубл. 15.01.2015/ BYUN DOO JIN [KR].

20. Патент KR101936946B1. Корея, МПК G01N17/00; G01N21/33. TEST APPARATUS FOR INDOOR SOLAR ULTRAVIOLET LIGHT SIMULATION AND METHOD FOR TEST USING THE SAME: заявл. 19.02.2018: опубл.11.01.2019/ BYUN DOO; JIN YOO MIN JAE.

21. Патент US20200182775A1. США, МПК G01N17/00. ACCELERATED OUTDOOR EXPOSURE TEST EQUIPMENT: заявл. 19.09.2018: опубл. 11.06.2020/ KIM CHANG HWAN [KR]; CHOI SUN WOONG [KR]; HAN HYY YOUNG.

22. Патент US2018259394A1. США, МПК G01J3/02; G01J3/06; G01J3/50. COLOR MEASUREMENT APPARATUS AND COLOR INFORMATION PROCESSING APPARATUS: заявл.09.03.2017: опубл.13.09.2018/ GOTOH TAKAYUKI [JP]; SONE TAKUROH [JP]; IWAMATSU AKIHIRO [JP]; KIHARA HIDEYUKI [JP]; SOMA TAKASHI [JP]; WATANABE SHUHEI [JP]

23. Справочник резинщика. Материалы резинового производства [Текст]. / Под ред. И.А.Скуба. – Москва: Химия, 1971. – 608с.

24. Синтетический каучук [Текст]/ Под ред. И.В.Гармонова. – 2-е изд. Перераб. - Ленинград: Химия, 1983. – 560с.

25. Гайдадин, А.Н. Прогнозирование работоспособности крупногабаритных резиновых изделий [Текст]. / А.Н. Гайдадин, И.П. Петрюк, В.Ф. Каблов // Каучук и резина. – 2009. - № 1. – С.18-19

26. Гольдман, А.Я. Прогнозирование деформационно-прочностных свойств полимерных и композиционных материалов [Текст] / А.Я. Гольдман. – Л. : Химия, 1988. – 272 с.
27. ГОСТ ISO 188-2013. Резины и термоэластопласты. Испытания на ускоренное старение и теплостойкость. - М. : Стандартинформ, 2014. – 19 с.
28. Дик, Дж.С. Как улучшить резиновые смеси. 1800 практических рекомендаций для решения проблем [Текст] / Дж. С. Дик ; под ред. Б.Л. Смирнова; пер. с англ. 2-го изд. – СПб.: Профессия, 2016. – 352 с.
29. Зуев, Ю.С. Стойкость эластомеров в эксплуатационных условиях [Текст] / Ю.С. Зуев, Г.Г. Дегтева. – М. : Химия, 1986. – 264 с.
30. Степнов, М. Н. Статистическая обработка результатов механических испытаний: справ. / М. Н. Степнов. – М. : Машиностроение, 1984. – 231с.
31. Оборудование предприятий резиновой промышленности: учебник – 2-е изд. [Текст]. – М.: Химия, 1987. –336с.