ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ, ТРАНСПОРТУ ТА АРХІТЕКТУРИ

Кафедра трибології, автомобілів та матеріалознавства

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

магістра

Освітньо-кваліфікаційний рівень

Напрям підготовки (спеціальність) *132 «Матеріалознавство»*
Освітньо-професійна програма *Відновлення та технічний сервіс автомобілів»*

на тему: *«Дослідження властивостей полімерних матеріалів для виготовлення деталей салону автомобіля»*

Шифр ***МРТАМ 2322366. 000 ПЗ***

Виконав: студент 2-го курсу, група *МТВАм 22-1* _____ *В.В. Посполіта*
Підпис Ініціали, прізвище

Керівник *к.т.н., доц. каф. ТАМ.* _____ *О.П. Бабак*
Підпис Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:
Зав. кафедри ТАМ д.т.н., проф.
_____ *О.В. Диха*
Підпис Ініціали, прізвище
7 12 2023 р.

Хмельницький, 2023

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *інженерії, транспорту та архітектури*

Кафедра *трибології, автомобілів та матеріалознавства*

Освітньо-кваліфікаційний рівень *магістр*

Напрям підготовки (спеціальність) *132 «Матеріалознавство»*

Освітньо-професійна програма *Відновлення та технічний сервіс автомобілів»*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри *ТАМ*
проф., д.т.н. Дяків О.В.
21 *жовтня* *2023* року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Постоліті Віталію Валерійовичу
Прізвище, ім'я, по батькові

1. Тема проекту (роботи) *Дослідження властивостей полімерних матеріалів для виготовлення деталей салону автомобіля*

керівник проекту (роботи) *Бабак Олег Петрович к.т.н., доцент*
Прізвище, ім'я, по батькові, наукової ступінь, вчене звання

Затверджено наказом університету від *15 серпня* 2023р. *№ 28 (Д30)*

2. Строк подання студентом проекту на кафедру *10 грудня 2023 року*

3. Вихідні дані до проекту (роботи) *Матеріали практики; робочі креслення досліджуваних деталей; нормативно – технологічна документація по розбиранню, дефектації, складанню і регулюванню вузла тертя; вимоги з охорони праці і безпеки роботи при виконанні ремонтних робіт; техніко – економічні показники роботи підприємства.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний огляд; 2 Методики для проведення експериментів; 3 Результати випробувань; 4 Техніка безпеки під час проведення випробувань

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Графічна частина роботи представлена у вигляді презентації на слайдах

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання_----

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примі
1	*Літературний огляд*	*30.09.2023*	
2	*Технологічний розділ*	*25.10. 2023*	
3	*Дослідницький розділ*	*15.11. 2023*	
4	*Оформлення розрахунково–пояснювальної записки*	*22.11. 2023*	
5	*Оформлення презентації магістерської роботи*	*1.12. 2023*	
6	*Нормоконтроль магістерської роботи*	*5.12. 2023*	
7	*Підписання розділів. Затвердження дати захисту*	*10.12. 2023*	

Студент _____ Підпис

Керівник проекту (роботи) _____ Підпис

Посполіта В.В.
Ініціали, прізвище

Бабак О.П.
Ініціали, прізвище

Реферат

Робота на тему: «Дослідження властивостей полімерних матеріалів для виготовлення деталей салону автомобіля»

Обсяг пояснювальної записки – 82 сторінок, кількість рисунків - 37, таблиць - 10, додатків, кількість джерел згідно із переліком посилань -16.

Актуальність теми дослідження. У наш час автомобіль міцно увійшов у наше життя. Ущільнювачі стекол, дверцят, багажника, є важливими елементами екстер'єру кузова, їхня маса на одному автомобілі становить близько 50 кг, а роль їх у конструкції дуже важлива. Вони повинні пом'якшувати закривання дверей, знижувати зіткнення металевих деталей і під час морозів запобігати примерзанню рамок дверей до прорізів, створювати герметичність кузова, запобігаючи проникненню в салон вологи, пилу, бруду, газових вихлопів, брати участь у забезпеченні шумоізоляції та мікроклімату в салоні. І до кузова сучасного легкового автомобіля поряд із надійністю висуваються підвищені вимоги до комфорту і зовнішнього вигляду.

Кліматичні чинники: підвищені та знижені температури, їхня циклічна зміна, вологість, опади, сонячне випромінювання та озоновий вплив, можуть впливати на полімерні матеріали, спричиняючи різноманітні зміни: підвищення твердості, вицвітання, тріщини, утворення липкості поверхні полімеру, виступ інгредієнтів у вигляді нальоту, а також забарвлення поверхонь, що контактують із полімерами.

Мета роботи: Уточнення стандартизованих методик дослідження еластомериих матеріалів і деталей екстер'єру кузова, розробка і встановлення чіткіших критеріїв оцінки властивостей під час схвалення цих матеріалів і виробів, для підвищення методологічної достовірності одержуваних результатів.

Завдання:

Провести інформаційний пошук і аналіз наукової літератури та технічної документації з проблеми дослідження.

Вивчити наявні методи дослідження и оцінитиїхню ефективність.

Провести уточнення методик и розробити додаткові критерії оцінки результатів дослідження.

Провести експериментальні дослідження.

Перелік ключових слів: ЕЛАСТОМЕРНІ МАТЕРІАЛИ, ДЕТАЛІ ЕКСТЕР'ЄРУ КУЗОВА, ПОЛІМЕРНІ МАТЕРІАЛИ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ФАКТОРИ, ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

ЗМІСТ

Вступ.....6

1. Аналітичний огляд.....8

1.1 Полімерні еластомірні матеріали для деталей екстер'єру.....8

1.1.1 Бутадієн-стирольні каучуки.....9

1.1.2 Ізопренові каучуки.....10

1.1.3 Етиленпропіленові каучуки.....10

1.1.4 Термопластичні вулканізати.....11

1.1.5 Стабілізатори.....12

1.2 Ущільнювальні деталі екстер'єру автомобіля.....16

1.2.1 Способи виготовлення та види ущільнювачів.....16

1.2.2 Дефекти та причини виникнення.....17

1.3 Методи лабораторних випробувань еластомерів і деталей для екстер'єру.....19

1.3.1 Огляд вимог і методів.....19

1.3.2 Лабораторні методи механічних випробувань.....21

1.3.3 Лабораторні випробування на стійкість до старіння.....22

2 Методики для проведення експериментів.....29

2.1 Метод визначення зусилля стиснення.....29

2.1.1 Випробування ущільнювачів із трубчастою частиною.....29

2.1.2 Випробування ущільнювачів із плоским профілем.....35

2.1.3 Випробувальне обладнання для методу стиснення.....37

2.2 Метод визначення стійкості до плямо утворення.....38

2.2.1 Випробування еластомерів і деталей.....38

2.2.2 Випробувальне обладнання для методів старіння.....44

					МР ТАМ 23.22366. 000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Поспоміпа			Дослідження властивостей полімерних матеріалів для виготовлення деталей сазову автомобіля	Літ.	Арк. 4 / Акрушів 82
Перевір.		Бабак					
Реценз.						ХНУ група МТВАм 22-1	
Н. Контр.		Маковкін					
Затверд.		Духа					

3 Результати випробувань……49
3.1 Випробування еластомерів……49
3.2 Випробування деталей……..57
4 Техніка безпеки під час проведення випробувань……..…72
4.1 Правила роботи на випробувальній машині……72
4.2 Правила роботи з термокамерою або термошафою……74
4.3 Правила роботи з установкою УФ-випромінювання……..75
4.4 Правила роботи з озонною камерою……75
Висновок……....78
Список використаних джерел……....80
Додаток……..….82

Вступ

Нині у світовій практиці розширюється застосування полімерних матеріалів для виготовлення виробів різного функціонального призначення. Еластомірні матеріали - особливий клас конструкційних полімерних матеріалів. Найбільш відомим і поширеним видом еластомірних матеріалів є гума. Також нині широко застосовуються термоеластопласти.

Автомобільна промисловість не виняток - для зовнішніх деталей кузова широко застосовуються еластомірні полімерні матеріали. Наприклад, ущільнювачі стекол і дверей, окантовки і стічні жолоби, захисні трубки дротів виготовляють із гум і термоеластопластів.

Актуальність теми дослідження. У наш час автомобіль міцно увійшов у наше життя. Ущільнювачі стекол, дверцят, багажника, є важливими елементами екстер'єру кузова, їхня маса на одному автомобілі становить близько 50 кг, а роль їх у конструкції дуже важлива. Вони повинні пом'якшувати закривання дверей, знижувати зіткнення металевих деталей і під час морозів запобігати примерзанню рамок дверей до прорізів, створювати герметичність кузова, запобігаючи проникненню в салон вологи, пилу, бруду, газових вихлопів, брати участь у забезпеченні шумоізоляції та мікроклімату в салоні. І до кузова сучасного легкового автомобіля поряд із надійністю висуваються підвищені вимоги до комфорту і зовнішнього вигляду [1].

Кліматичні чинники: підвищені та знижені температури, їхня циклічна зміна, вологість, опади, сонячне випромінювання та озонний вплив, можуть впливати на полімерні матеріали, спричиняючи різноманітні зміни: підвищення твердості, вицвітання, тріщини, утворення липкості поверхні полімеру, виступ інгредієнтів у вигляді нальоту, а також забарвлення поверхонь, що контактують із полімерами.

Провівши необхідний комплекс лабораторних досліджень і випробувань, можна оцінити якість матеріалу під час підбору або його

розроблення, а також якість готових зразків деталей і тим самим унеможливити застосування виробів низької якості для комплектації автомобіля. Існує набір стандартних методів досліджень і випробувань. Однак, споживачі автомобілів нерідко стикаються з дефектами, що проявляються в гарантійний період експлуатації, пов'язаними з кузовними ущільнювачами. Отже, стандартних методів недостатньо або вони потребують уточнень.

Мета роботи: Уточнення стандартизованих методик дослідження еластомерних матеріалів і деталей екстер'єру кузова, розробка і встановлення чіткіших критеріїв оцінки властивостей під час схвалення цих матеріалів і виробів, для підвищення методологічної достовірності одержуваних результатів.

Завдання:

- Провести інформаційний пошук і аналіз наукової літератури татехнічної документації з проблеми дослідження.
- Вивчити наявні методи дослідження и оцінитиїхню ефективність.
- Провести уточнення методик и розробити додаткові критерії оцінки результатів дослідження.
- Провести експериментальні дослідження.

1. Аналітичний огляд

1.1 Полімерні еластомірні матеріали для деталей екстер'єру

Склад і технологічний процес виготовлення гум і термоеластопластів відрізняється між собою. Однак, вони належать до одного класу конструкційних полімерних матеріалів і мають ключові спільні особливості. Основу для всіх них складають полімери - це молекули з великої кількості повторюваних ланок. Крім базового полімеру в рецептури входять: наповнювачі - для підвищення міцності та надання спеціальних властивостей; пластифікатори - для підвищення пластичності та поліпшення технологічності; барвники - для надання кольору; стабілізатори для запобігання або уповільнення процесу старіння. Старінням називають необоротні зміни основних фізико-механічних і хімічних властивостей за тривалого зберігання або експлуатації під впливом різних чинників. Залежно від переважного впливу одного із зовнішніх чинників розрізняють основні види старіння: теплове, стомлення (втома-розтріскування за багаторазової деформації), світлове, озонне [2].

Гуму отримують у результаті хімічногопросторового структурування (вулканізації) каучуків. Каучуки стабілізуються на стадіївиготовлення, гуми - у процесі приготування гумової суміші.

Термоеластопласти - отримують змішуванням термопласта і каучуку до гомогенного стану и збалансованого розподілу фаз, з подальшою вулканізацією шляхом змішування хімічних компонентів [3].

Застосування еластомерів гум і термоеластопластів визначається унікальним поєднанням їхніх фізичних властивостей: міцності, еластичності, здатності до великих деформацій, малої проникності щодо газів і рідин, електро- і теплоізоляції. Саме тому деталі, виготовлені з них, найчастіше виконують ущільнювальні та захисні функції.

Фізико-механічні властивості конкретного виробу насамперед залежать

від обраних виробником типу базового полімеру та інших інгредієнтів, а на другу - від технологічного процесу виготовлення. Нині існує понад два десятки основних базових полімерів для виготовлення еластомерів. Деталі екстер'єру кузова автомобіля повинні мати підвищену зносостійкість, термостійкість, морозостійкість, озоностійкість, стійкість до сонячного випромінювання. Для цієї мети найбільше підходять гуми, виготовлені на основі бутадієн-стирольного, ізопренового, етилен-пропіленового каучуків і термоеластопласти на основі сполуки поліпропілену та етилен-пропілену - термопластичні вулканізати [3].

1.1.1 Бутадієн-стирольні каучуки

Бутадієн-стирольні каучуки (БСК або SBR) - продукт сополімеризації бутадієну-1,3 і стиролу або бутадієну-1,3 і α-метилстиролу. Молекули БСК складаються з ланок бутадієну і стиролу (α–), що нерегулярно чергуються, і мають такі хімічні структури:

...-[(-CH_2 - CH = CH - CH_2 -)$_m$ - (- CH_2 - CH -)]$_n$ - ...$З_6$ H_5 або

CH_3...- [(-CH_2 - CH=CH - CH_2 -)$_m$ - (-CH_2 - C -)]$_n$ - ...$З_6$ H_5

Вулканізати на основі БСК характеризуються високою зносостійкістю, хорошою озоностійкістю, але малою стійкістю до дії олій, аліфатичних і ароматичних розчинників, палив та інших агресивних середовищ. Гумові суміші на основі таких каучуків добре шприцюються, мають малу усадку, добре зберігають форму під час вільної вулканізації, що зумовлює застосування стирольних каучуків для виробництва неформових ущільнювачів [3].

1.1.2 Ізопренові каучуки

Ізопренові каучуки (ІК або IR) - продукт стереоспецифічної полімеризації ізопрену в розчинах. Каучуки аналогічні за мікроструктурою натуральному каучуку. Ізопренові каучуки отримують у присутності комплексних каталізаторів Циглера-Натта або літієвих каталізаторів. Каталізатори забезпечують полімеризацію ланок ізопрену, здебільшого, в положення 1,4-цис:

$$CH_3 ...(- CH_2 - C = CH - CH_2 -)_n - ...$$

Гумові суміші на основі ізопренових каучуків технологічні: добре каландруються, шприцуються і формуються. Крім того, мають перевагу перед натуральним каучуком - не потребують пластикації (при отриманні на комплексних каталізаторах) або швидше пластикуються (при отриманні на літієвих каталізаторах).

Вулканізати ізопренового каучуку мають хороші фізико-механічні показники, високі динамічні характеристики, помірну стійкість до теплового старіння. З гум на основі ізопренового каучуку виготовляють ущільнювачі, буфери капота, багажника [2].

1.1.3 Етиленпропіленові каучуки

Етиленпропіленові каучуки (ЕПК або EPM) - продукт сополімеризації етилену і пропілену (СКЕП) або двох цих мономерів з несполученим дієном (дициклопентадієном, етиліденонорборненом або ін.) (ЕПДМ або EPDM). У результаті введення третього сомономера отримують каучуки з бічними ненасиченими групами, здатними до вулканізації сірковмісними системами. Молекули етилен-пропілену складаються з ланок етилену і пропілену, що

чергуються, і мають структуру:

$$... - (- CH_2 - CH_2 -)_m - (- CH - CH_2 -)_n -... CH_3$$

Ненасиченість (або мала насиченість) етиленпропіленових каучуків зумовлює їхню дуже високу стійкість до окиснення й атмосферостійкість, хорошу теплостійкість, а також стійкість до дії багатьох агресивних середовищ: спиртів, кетонів, ефірів, гідравлічних рідин, лугів, кислот.

Гумові суміші на основі етиленпропіленових каучуків придатні для виготовлення виробів методом лиття під тиском, а також каландруванням і шприцюванням (неформові ущільнювачі). Вулканізати на основі етиленпропіленових каучуків поєднують хороші міцнісні та еластичні властивості з цінним комплексом спеціальних властивостей, високою атмосферо-, тепло-, і морозостійкістю, стійкістю до дії полярних розчинників (бензол, ацетон, вода), а також кислот і лугів, мають хороші діелектричні характеристики. За озоностійкістю гуми з етиленпропіленових каучуків перевершують гуми з усіх інших каучуків. Недолік гум з етиленпропіленових каучуків - горючість і невисока маслостійкість [3].

1.1.4 Термопластичні вулканізати

Термопластичні вулканізати (ТПВ або TPV) один з перспективних видів термоеластопластів. Вони складаються з ланок еластомерів і термопластів, що чергуються одна з одною, де "м'якою" фазою виступає каучук етиленпропіленовий, "жорсткою" фазою - поліпропілен (ПП або PP). У термопластичних вулканізатах каучукова фаза сильно зшита методом динамічної вулканізації і такі поперечні зв'язки значно покращують цілу низку властивостей [2]. Етиленпропіленовий каучук забезпечує матеріалу еластичність, поліпропілен забезпечує стійкість до високих температур. Крім

того, ТПВ за втомною витривалістю значно перевищують вулканізовані гуми на основі цього ж EPDM-каучуку, мають стійкість до набухання в рідинах, міцність. Термоеластопласти на основі EPDM вирізняються високою стійкістю до озону та ультрафіолетових випромінювань, стійкістю до впливу різних рідин і розчинників, широким температурним інтервалом працездатності, низькою усадкою та залишковою деформацією, опором ударним навантаженням, витривалістю до багаторазового вигину [3].

Значною перевагою термоеластопластів, зокрема й ТПВ, є легкість і технологічність під час переробки. Простота і ефективність виготовлення виробів з термоеластопластів здешевлює виробництво. З переходом на термоеластопласти можливі скорочення технологічних операцій, нові методи виготовлення без вулканізації, можливість вторинної переробки [4]. З цієї причини вони останнім часом мають ширше застосування, ніж гуми.

1.1.5 Стабілізатори

До стабілізаторів належать антиоксиданти, антиозонанти, термостабілізатори, світлостабілізатори, противтомлювачі [2].

Антиоксиданти (протистарителі) - це речовини, щопідвищують стійкість полімерів к дії кисню - термоокислювальної деструкції. Противтомлювачі підвищують втомну міцність гуми

Світлостабілізатори захищають каучуки від дії УФ-випромінювання. Антиозонанти - речовини, що підвищують стійкість гум до дії атмосферного озону.

Універсальних стабілізаторів не існує. Вибір залежить від типу каучуку, умов його отримання, призначення. Залежно від хімічної будови розрізняють основні стабілізатори амінні, фенольні, гетероциклічні азотовмісні, металовмісні, дітіокарбонатні та інші [5]. Поділяються вони на фарбувальні та нефарбувальні. У гумах можливе використання двох стабілізаторів з

однаковим механізмом дії, при цьому зазвичай спостерігається адитивність. Протистарителі найбільш необхідні для ненасичених еластомерів (стирольний, ізопреновий), насичені (етиленпропіленовий) менше потребують захисту. Найбільш сильними руйнівними факторами є кисень, озон, динамічні навантаження, тепло і світло. Під час вибору протизастарювача необхідно враховувати кілька чинників: тип застосовуваного базового полімеру, сферу застосування виробу, умови експлуатації та вартість [3].

У виробництві еластомероних матеріалів застосовують різні антиоксиданти. Найбільш відомі та вживані:

Неозон Д (Нафтам-2), хімічне найменування - –β– нафтиламін. Антиоксидант загального призначення, захищає каучуки і гуми від теплового старіння, частково захищає гуми від світло-озонного старіння і руйнування при багаторазових деформаціях. У гумах з бутадієн- стирольного каучуку при дозуванні понад 2 вагових частин спостерігається вицвітання. На світлі сильнозабарвлює гуми і матеріали, що контактують з ними [3].

Ацетоналіл Н, хімічне найменування - олігомер N-нітрозо-2,2,4-триметил-1,2-дигідрохіноліну. Олігомери за розміром молекул займають ділянку між мономерами і високомолекулярними сполуками. Слабозабарвлювальний стабілізатор каучуків, не вицвітає при дозуваннях понад 2 вагових частин. Захищає гуми від термоокислювального і світло-озонного старіння, за дозувань 0,5 вагових частин слабо забарвлює гуми [3].

Діафен ФП, хімічне найменування - N-′-n- фенілендіамін. Стабілізатор бутадієн-стирольного, ізопренового, бутадієнового та ін. каучуків. Захищає гуми на основі НК і синтетичних каучуків загального призначення від термоокисного і світло-озонного старіння, руйнування при багаторазових деформаціях. Належить до фарбувальних стабілізаторів. На світлі забарвлює гуми і матеріали, що контактують з ними. Не вицвітає при дозуваннях до 2,0-2,5 вагових частин [2]. Діафен НН, хімічне найменування - N,′–β,β′––n-фенілендіамін. Стабілізатор синтетичних каучуків: ізопренових,

бутадієнових тощо. Ефективний антиоксидант загального призначення для каучуків і гум. Під дією прямих сонячних променів помірно забарвлює гуми, але не забарвлює матеріали, що контактують з ними. Не вицвітає при дозуваннях до 1 ваг.ч. Для захисту гум від теплового старіння, особливо за наявності динамічних деформацій, застосовується неозон Д, який сильно забарвлює гуму і деталі, що контактують з нею. Дії неозону Д недостатньо: застосовують забарвлювальний - продукт 4010А і слабозабарвлювальний ацетонаніл [3].

Алкофен БП, хімічне найменування - 2,6-Ди-трет-бутил-4-бутил, 2,6-Ди-трет- бутил-4- метилфенол, диметиламінометил фенол. Незабарвлювальний стабілізатор синтетичних каучуків: бутадієн-стирольного, бутадієн-нітрильного, бутадієнового, ізопренового тощо. Захищає гуми на основі цих каучуків від термоокислювального і світлового старіння. Незначно забарвлює гуми при тривалій експозиції на світлі. Не забарвлює матеріали, що контактують з гумами [2].

Антиоксидант 2246, хімічне найменування - біс- (2-окси-5-метил- *3-трет-бутилфеніл*)-метан. Незабарвлювальний стабілізатор синтетичних каучуків: бутадієн-стирольного, бутадієн-нітрильного, бутадієнового, хлоропренового та інших. Захищає гуми на основі цих каучуків від термоокислювального і частково від світло-озонного старіння, від поверхневого фотоокиснення і від руйнування при багаторазових деформаціях. Не забарвлює матеріали, що контактують з гумами, і не вицвітає [2].

Діафен ФЦ, хімічне найменування - *N-феніл-N'-циклогексил-п-фенілендіамін*. Фарбувальний стабілізатор синтетичних каучуків: бутадієн-стирольного, бутадієнового, ізопренового. Захищає гуми на основі цих каучуків від термоокисного і світло-озонного старіння, від атмосферних чинників і від руйнування при багаторазових деформаціях. Забарвлює гуми і матеріали, що контактують з ними, вицвітає [2].

До критеріїв під час вибору протистарителя можна віднести їхню здатність забарвлювати, високу розчинність у каучуку та низьку - у воді, летючість, стабільність, його здатність до міграції та фізичного переходу в інший матеріал і контактної зміни кольору. Летючі амінні антиоксиданти дають сильні міграційні зміни. Для усунення такої проблеми краще використовувати низьколеткі амінні та високоефективні фенольні антистарителі.

При виборі типу каучуку для будь-якого виробу розглядаютьвластивості еластомерів на їхній основі. Споживач-замовник або виробник намічає низку показників, які є ключовими і важливими для конкретного виріб и визначається с вибором базового полімеру і додаткових інгредієнтів. Відповідно до основних характерних ознак - молекулярної будови і типу отримання - можуть бути синтезовані різноманітні продукти від однокомпонентних до компаундових.

У таблиці 1 наведено порівняльні властивості деяких еластомерів на основі різних каучуків.

Таблиця 1 - Порівняння властивостей еластомерів на основі різних полімерів

Властивість гуми	Тип каучуку				
	SBR	NBR	IR	EPDM	TPV
Твердість, за Шору	20-95A	20-75A	25-95A	20-95A	45A-45D
Міцність	◕	◕	●	◑	●
Зносостійкість	◕	●	◑	◑	●
Морозостійкість, °С	-45	-45	-55	-50	-60
Теплостійкість	◑	◑	◑	●	●
Погодоозоностійкість	◑	◔	◔	●	●

Маслостійкість	○	●	○	●	◕
Примітка - рівень показника: ● - високий; ◕ - вище середнього; ◑ - середній; ◔ - нижче середнього; ○ - низький					

"Рецептуробудування - це мистецтво і наука, спрямовані на вибір різних інгредієнтів та їхньої кількості, під час змішування яких може бути отримано технологічну суміш і якісний еластомер" [3].

1.2 Ущільнювальні деталі екстер'єру автомобіля

1.2.1 Способи виготовлення та види ущільнювачів

Профільні стрічкові вироби виготовляють із гуми методом екструзії (шприцюванням) і з термоеластопластів також методом екструзії/соекструзії або лиття [4]. Різниця форми поперечного перерізу - профілю ущільнювачів, загальний вигляд яких наведено на рисунку 1, пояснюється не тільки кількістю крайових елементів і каркасів кузова, на які вони монтуються, а й продиктована різноманітністю моделей автомобілів.

Рисунок 1 - Загальний вигляд різноманітних профільних ущільнювачів

Залежно від призначення розрізняють:

- динамічні ущільнювачі для дверей кузова, прорізів дверей, капота і багажника - в їхній конструкції наявна монолітна монтажна частина, з армуванням каркасом зі сталевої перфострічки та з камерою з пористої гуми, що зазнає стиснення під час зачинення дверей;
- ущільнювачі опускного скла з ворсованим покриттям або полімерним покриттям на "лапки" для забезпечення ковзання;
- окантовки нерухомих стекол.

Якість кінцевого виробу залежить не тільки від рецептури самої гумової суміші, а й від параметрів техпроцесу: температури, швидкості, часу проходження маси суміші через фільєрний канал, тиску в системі. Задати правильні режими для такого техпроцесу виготовлення тим складніше, чим складніший профіль. Слід ретельно дотримуватися режимів, оскільки випускається не заготовка, а готовий виріб [6].

1.2.2 Дефекти та причини виникнення

Споживачі автомобілів найчастіше звертаються до сервісних центрів із претензіями щодо механічних дефектів, пов'язаних із якістю ущільнювачів: "натири", "скрипи", "проникнення повітря в салон", "аеродинамічний шум" (свист вітру), "туге закривання дверей", "западання ущільнювача за скло", "деренчання скла", "замин лапки", "гофри" тощо. Такі дефекти зазвичай виникають через недостатню пружність ущільнювача або передчасне старіння еластомеру, з якого він виготовлений. Призначення ущільнень - це прилягання до металевих частин кузова, щоб унеможливити потрапляння ззовні повітря та сторонніх часток під час руху автомобіля [6].

Крім того, для споживача важливими є дизайн, колір автоемалі, який має тривалий час зберігати блиск і красу. Однак, одним із недоліків, з яким

стикаються споживачі автомобілів, є дефект "темні плями на світлій емалі кузова від еластомірних деталей екстер'єру", який проявляється в гарантійний період експлуатації автомобілів, наприклад у вигляді патьоків на панелях дверей під ущільнювачами скла після дощу або після знаходження автомобіля на відкритому повітрі під сонячними променями. Дефект може спостерігатися в місцях контакту гумових виробів із частинами кузова, пофарбованого найчастіше світлою емаллю. Ці сліди та плями є дифузними, забарвлювальні компоненти від гуми проникають у поверхневий шар лакофарбового покриття, і їх неможливо видалити звичайним протирання або змиванням, навіть за допомогою мийних розчинів або спеціальних рідин. Такий вид плямоутворення є неприйнятним для споживачів, і вони звертаються до сервісних центрів. Неодноразовими є випадки заміни автомобілів у гарантійний період експлуатації через цей дефект. У свою чергу виробники автомобілів підвищують вимоги до якості комплектувальних виробів з еластомерів, що надходять на складання від заводів-виробників ГТВ. Проблема пов'язана із застосуванням каучуків низької вартості з забарвлювальними протизапалювачами для виготовлення еластомерів, з нестабільністю і низькою якістю сировини, а також порушенням технології виготовлення на заводах [7]. На рис. 2 зображено фото з прикладами дефектів.

Також зрідка трапляються претензії споживача ще щодо низки дефектів, які відносять до плямоутворення, пов'язаного з виступанням інгредієнтів полімерної суміші.

а) б)

а) замин трубчастої частини; б) темні патьоки на світлій емалі від ущільнювача

Рисунок 2 - Дефекти, пов'язані з ущільнювачами кузова

1.3 Методи лабораторних випробувань еластомерів і деталей для екстер'єру

1.3.1 Огляд вимог і методів

Оцінка якості матеріалу полягає в забезпеченні придатності еластоміру, запропонованого постачальником для конструкції деталі, до певних умов, установлених на кресленні деталі. Дана оцінка якості матеріалів проводиться після перевірки фізико-механічних властивостей на відповідність характеристикам, наведеним у технічних умовах, як самим виробником матеріалу та виробу, так і може проводитися в лабораторії споживача виробу. Випробування, що дають змогу визначити фізико- механічні характеристики гумової суміші у вихідному стані та після старіння (залежно від типу базового полімеру та пікової температури їхнього функціонування), проводять на зразках, виготовлених із репрезентативних матеріалів суміші, обраних для

серійного визначення еластомірного елемента. "Зразки виготовляють із пластин із розмірами щонайменше (150 х150) мм і завтовшки (2,0 ± 0,1) мм, а також виготовляють циліндричні зразки, для випробування на твердість діаметром (50,0 ± 0,5) мм і товщиною щонайменше 6 мм, залишкову деформацію під час стиснення діаметром (29,0 ± 0,5) мм і товщиною 12,5 мм ± 0,5 мм, гістерезис під час стиснення діаметром (35,7 ± 0,5) мм і товщиною (17,8 ± 0,5) мм" [8]. На пластинах обов'язково має бути вказано напрямок каландрування, оскільки еластомери мають явні анізотропні властивості, що впливають на показники міцності [9], [10]. На рис. 3 показано набір зразків еластомерів, що надається виробником для комплексу випробувань.

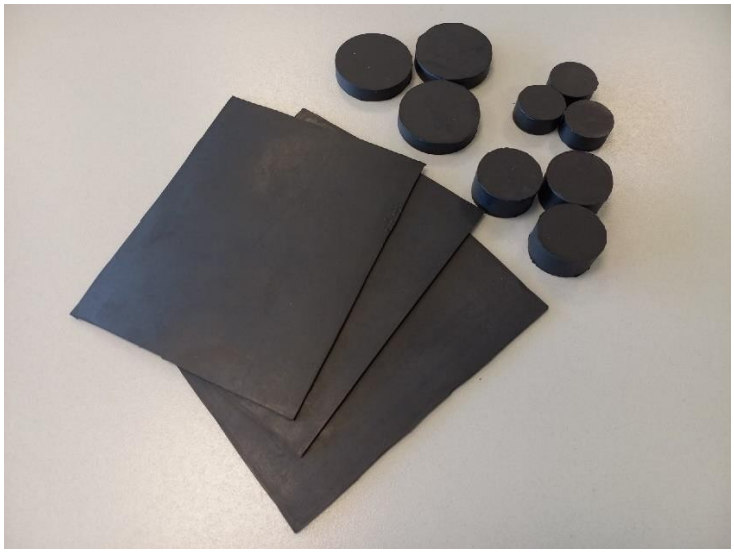


Рисунок 3 - Зразки еластомерів для випробувань у вигляді з вулканізованих пластин і циліндрів

Фізико-механічні характеристики, умови випробувань і вимоги різняться залежно від місця встановлення деталей у транспортний засіб та умов експлуатації, тому після добору і схвалення матеріалу необхідно дослідити сам виріб і поведінку матеріалу в конкретному готовому виробі.

Існує набір стандартних методів дослідження матеріалів, за якими може бути зроблено висновок про можливість застосування його для деталей екстер'єру автомобіля. Це такі показники як: щільність, твердість, умовна

міцність під час розтягування, відносне подовження під час розриву, опір роздиру, теплостійкість, морозостійкість, озоностійкість, світлостійкість [11], [12]. Однак стандартизовані універсальні методи дослідження матеріалу в деталі через велике розмаїття форми виробів екстер'єру, а також оцінка впливу полімерного матеріалу на сусідні поверхні, що контактують, - відсутня.

Для оцінки якості низки ущільнювачів автомобіля присутні вимоги в технічний умовах і в кресленні за показниками: зусилля стиснення трубчастої (пористої) частини; зусилля монтажу ущільнювача на контрольну пластину; зусилля зняття ущільнювача з контрольної пластини; відносна залишкова деформація стиснення трубчастої частини; стабільність розмірів; кажуча щільність пористої частини; нейтральність матеріалу ущільнювачів до лакофарбових покриттів; рівень запаху [11], [12]. Показники з цього переліку спрямовані на оцінку монтажних і споживчих властивостей виробів. При цьому відсутні вимоги до міцнісних властивостей самого виробу [13]. Для деяких деталей екстер'єру (не для всіх) існують вимоги, внесені в технічні умови виробника матеріалу, нормативне значення яких сформульоване якісно у вигляді "Не допускається поява темних плям у зонах зіткнення пластин з ущільнювачами. Допускається незначне потемніння емалі (відповідно до контрольного зразка)" [11], [12]. Відповідно, опис результату випробування за зовнішнім виглядом зразка після впливу фактора буде якісного типу, наприклад "темні плями на ЛФП відсутні", "незначне потемніння емалі" та інші подібні формулювання. Вони носять суб'єктивний характер і існує ризик виникнення спірних трактувань результатів і формування висновків.

1.3.2 Лабораторні методи механічних випробувань

Механічні випробування необхідно проводити для визначення міцнісних властивостей матеріалів і виробів. Для цих випробувань застосовують таке обладнання: твердоміри, універсальні випробувальні

машини на розтягнення і стиснення, термокамери для здійснення старіння і подальшого випробування на міцнісні і пружно-еластичні властивості, а також всіляке оснащення. Для випробування матеріалів підходить набір стандартних пристосувань, пропонованих виробниками випробувальних машин, що входять до комплекту. Однак, для випробування самих ущільнювачів саме оснащення має велике значення, оскільки залежно від призначення і форми ущільнювача може виникнути необхідність проектувати нове пристосування.

Усі властивості еластомеру за стандартизованими методами визначаються на стадії відпрацювання рецептури матеріалу. Коли еластомір "перетворюється" на ущільнювальний виріб, тут необхідне оптимальне поєднання між щільністю, твердістю та міцністю [13]. Так, якщо на динамічних ущільнювачах дверей для надійної міцності трубчастої пористої частини підвищити гадану густину, то існує ризик виникнення тугого закривання дверей. Аналогічно, при підвищенні твердості монолітного еластомеру виникає ризик ускладненого монтажу, а зниження твердості можуть спричиняти заміни, заломи або гофри на ущільнювачі. Саме на цій стадії відпрацювання виробу вже більше важливі нестандартні методи випробування, які вимагають творчого підходу та інноваційних інженерних рішень.

1.3.3 Лабораторні випробування на стійкість до старіння

Усі дослідження більшою мірою зводяться до визначення властивостей матеріалу і зміни їх під впливом зовнішніх умов, навколишнього середовищаі часу. Натурні випробування досить тривалі і мають залежність від погодних умов. І для виявлення деяких процесів необхідні лабораторні методи прискорених випробувань, які можуть бути значно коротшими за часом і зручнішими. Таким чином, метою лабораторних випробувань на старіння є

визначення в *короткий* проміжок часу змін, що відбуваються в матеріалі протягом *тривалого* періоду експлуатації. Особливість прискорених лабораторних випробувань полягає в тому, що такі методи проводяться шляхом інтенсифікації одного з параметрів: температури, концентрації озону, інтенсивності випромінювання [9]. Прискорені лабораторні випробування для виробника важливі під час вибору компонентів рецептури, сировини, параметрів техпроцесу. Для споживача автомобільних комплектуючих це дасть змогу визначити, чи є партія відповідною за якістю перед валідацією або відправленням на складання. У зв'язку з цим, окрім механічних випробувань на міцність і пружність дуже важливими є, так звані, фізичні випробування.

Усі процеси старіння мають характер окислювальної деструкції і являють собою радикально-ланцюговий окислювальний процес. Цей процес активується різними зовнішніми впливами, тобто під дією тепла, механічних навантажень, світла, озону відбувається розрив зв'язків у полімерному ланцюжку з утворенням макрорадикалів, які швидко окислюються. Інгібітори, які вводяться в рецептуру матеріалу, витрачаються в процесі окислення і не можуть повністю запобігти процесу окислення, а лише збільшують його час [10].

1.3.3.1 Стійкість до температурного старіння

Стійкість до температурного старіння проводиться для матеріалів і готових деталей за заданих режимів (температура, вологість, час), які визначають, зважаючи на умови експлуатації та функціональне призначення виробів. Мета цього методу - оцінити стійкість деталей щодо усадки, деформації, змін у зовнішньому вигляді, змін за фізико-механічними характеристиками після термічного впливу.

Перед витримкою досліджуваних деталей або зразків матеріалу в термокамері на зразках вимірюють вихідні характеристики, проводять оцінку

зовнішнього вигляду. Потім їх поміщають у попередньо нагріту до заданої температури вентильовану термокамеру і витримують протягом заданого часу. часу. По закінчення витримки зразки охолоджують при температурі (23±2)ºС и проводять огляди вимірювання досліджуваних характеристик. Варто зазначити, що оскільки визначення характеристик міцності є руйнівним видом випробування, то міцність, подовження, опір розриву до старіння і після старіння визначають на різних зразках, але виготовлених з однієї партії матеріалу або деталі. Для термічного старіння зазвичай застосовують термошафи або термокамери кліматичні, які мають систему примусової вентиляції, підтримання постійної температури всередині всього корисного простору та обрану температуру. на час проведення випробування і вологості. Коливання температура відносно обраної не повинно перевищувати ±2°С на час проведення випробування. Зовнішні розміри термокамери мають бути такими, щоб випробовуваний матеріал або деталь не контактувала зі стінками термокамери або днищем, а також не перешкоджала циркуляції повітря. Камери мають бути оснащені внутрішньою сіткою, для виключення контакту між зразками і днищем термокамери, затискними пристосуваннями [14]. Для вимірювання характеристик після старіння застосовуються різні засоби вимірювання: для лінійних розмірів - лінійки, штангенциркулі; для твердості - твердоміри; для характеристик міцності - розривні машини. Під час оцінки зміни зовнішнього вигляду звертають увагу на появу зернистості, зміну кольору, блиску, видимих змін форми.

1.3.3.2 Стійкість до озонного впливу

Цей вид випробування обов'язково застосовується до гум, термоеластопластів і деталей екстер'єру. Суть методу аналогічна повітряному старінню, але в камері зразки піддаються витримці в повітрі із заданою концентрацією озону і температури. Зразки матеріалу попередньо розтягують у спеціальній струбцині, а деталі закріплюють на спеціальній оправці, потім

поміщають у камеру в підвішеному стані. Вміст озону обирають, виходячи з призначення деталей: для деталей, що працюють на відкритому повітрі, деталей екстер'єру, концентрація встановлюється [(50 ± 5)pphm].

Озонні камери досить складні за своєю конструкцією та обслуговуванням. Зазвичай камера складається з робочої закритої темної камери, виконаної з матеріалу, що не розкладає озон (наприклад, алюмінію), генератора озону і пристрою визначення концентрації озону. Камера має бути обладнана віконцем, щоб фахівець міг спостерігати за зразками, не відчиняючи дверей, оскільки озон - токсичний і може бути небезпечним для людини. Усередині камери знаходиться пристрій для підвішування зразків і обертання. Зовні камери в спеціальному відсіку знаходиться аналізатор, який відповідає за контроль концентрації озону в камері випробувань і регулює генерацію озону або її припинення [15].

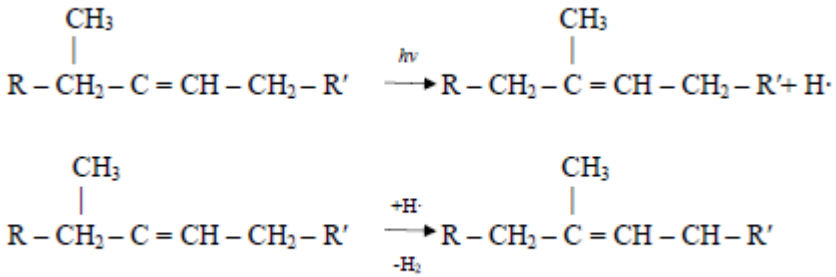
Після витримки в камері протягом заданого часу проводять оцінку зразків за зовнішнім виглядом на наявність тріщин або фіксують кількість годин, через яку з'явилися тріщини. Це залежить від призначення еластомеру та вимог у технічній документації.

1.3.3.3 Світлове старіння еластомерів

Світлове випромінювання - один із сильних кліматичних чинників, який може чинити на полімерні матеріали вплив, що спричиняє різноманітні зміни: тріщини, вицвітання, підвищення твердості, утворення липкості, виступ інгредієнтів у вигляді нальоту, а також забарвлення поверхонь, що контактують із полімерами [16].

При світловому старінні, яке природно поєднується з помірно тепловим, руйнівними агентами є атмосферний кисень, світло і тепло. Дія світла залежить від складу та будови еластомеру. "Узагальнено, основним процесом під час дії світла на каучук є розрив бічних подвійних зв'язків,

відщеплення водню, що йде за радикальним механізмом:



Відщеплення водню зменшує енергію зв'язку С - Н. Радикал R· здатний до ізомеризації та взаємодії з іншим полімерним радикалом і з молекулою кисню - відбувається приєднання кисню (окиснення) по місцю подвійних зв'язків у каучуку, внаслідок чого його молекули розриваються на частини та вкорочуються. Це призводить до втрати еластичності, окрихчуванню і, нарешті, появі сітки тріщин на поверхні гуми"[10].

Фотохімічні реакції мають велике значення як самостійний фактор старіння і стомлення еластомерів і особливо як фактор, що активізує взаємодію еластомерів з киснем та іншими речовинами. Для зменшення взаємодії кисню з еластомерами в гумову суміш вводять інгібітори - антиоксиданти (феноли, сульфіди, дітіофосфати, дітіокарбонати), що розкладають гідроперекиси без утворення вільних радикалів. Ефективність антиоксидантів залежить від їхньої хімічної будови. Основним недоліком антиоксидантів низької якості є їхня погана сумісність із полімером. Під дією світла відбувається розрив молекулярних зв'язків і утворюються "летючі" макромолекули меншої молекулярної ваги [9]. З цієї причини під дією світла на еластомер, виготовлений із застосуванням антиоксидантів низької якості, відбувається вицвітання, а під час контакту такої гуми, зі світлою поверхнею, відбувається міграція летких забарвлювальних речовин, дифундування та утворення стійких контактних плям на світлій поверхні.

Для лабораторних випробувань застосовують ртутні або ксенонові лампи. Випробування під ксеноновими і флуоресцентними випромінювачами

забезпечують хорошу кореляцію до натурнихвипробувань.

Ксенонові лампи мають розподіл енергії ближчий до кривої розподілу сонячного світла. Випромінювання ртутних ламп знаходиться переважно в ультрафіолетовій (УФ) області спектра. Два типи впливу (флуоресцентне УФ і ксенонова дуга) не є абсолютно еквівалентними і можуть давати різні результати випробувань. Однак наразі використовується обладнання із застосуванням обох видів джерел випромінювання, і за необхідності можна провести кореляцію результатів. Ртутні лампи мають більш низьку вартість, надають більш жорсткий вплив, але й випробування дають результат за коротший час. Штучні джерела світла не завжди постійні, інтенсивність ксенонових або ртутних ламп поступово знижується [9]. Тому під час випробувань необхідно вести облік випробуваних зразків і кількість відпрацьованих лампою годин. Випромінювання від потужного джерела світла може спричиняти нагрівання випробовуваних зразків і навколишнього повітря, отже під час випробування, власне, на стійкість до світлового випромінювання слід забезпечити повітрообмін.

Для випробування матеріалів на стійкість до світлового випромінювання розроблено і широко застосовується спеціальне обладнання: камери - везерометри, які можуть бути оснащені ртутними або ксеноновими лампами; прилади - ксенотести з ксеноновими лампами. Крім того, в них додатково можуть моделюватися умови: температура, волога, конденсат і, обов'язково, вентиляція. Можуть бути сконструйовані та використані інші подібні камери зі встановленими в них штучними джерелами випромінювання. Витримка зразків у випробувальному обладнанні проводиться протягом заданого часу, який визначається методом випробування і залежить від функціонального призначення виробів і матеріалу. Якщо за результатами випробувань проводиться оцінка зміни зовнішнього вигляду еластомерного матеріалу (зміна кольору, наявність руйнувань або виступання компонентів матеріалу), то зразки в камері

розміщуються у вільному або напруженому стані. Якщо оцінюють якість матеріалу щодо можливого фарбування контактних поверхонь, то в камеру поміщають пластини заданої поверхні, яка попередньо перебувала в контактіз образом еластомерного матеріалу. Як правило, у випробувальному обладнанні розташування досліджуваного зразка від джерела випромінювання має бути на відстані 35-45 см залежно від потужності джерела. Зразки повинні обертатися під горизонтально закріпленими лампами або рамка з підвішеними зразками обертається навколо вертикально закріплених ламп.

Таким чином, на якість і фізико-механічні властивості еластомерного матеріалу зрештою впливають багато рецептурних компонентів. Визначальним є тип базового полімеру, важливу роль також відіграють вулканізуючі агенти і технічні наповнювачі. Споживача завжди цікавлять властивості кінцевого виробу, на які, в свою чергу, впливають режими і організація техпроцесу виготовлення.

Для оцінки якості ущільнювачів екстер'єру кузова необхідне проведення комплексу досліджень, як самого матеріалу, так і виробу. Для схвалення важливими є механічні та фізичні випробування за стандартизованими методами та методами, що мають бути призначені для конкретних функціональних груп виробів залежно від місця їхнього встановлення на автомобілі. Деякі з методів потребують доопрацювання або уточнень.

2 Методики для проведення експериментів

Після проведеного аналізу наявних дефектів, а також застосованих методів і методик випробувань, з'явилася пропозиція внести уточнення вдеякі з них у частині перебігу самого випробування і в критерії оцінки результатів. Це дало б змогу підвищити якість проведення випробувань і точність. Для якісного методу, де за результат приймається словесний опис, запропоновано застосувати чисельний вираз для чіткості й однозначності трактування результатів.

2.1 Метод визначення зусилля стиснення

2.1.1 Випробування ущільнювачів із трубчастою частиною

Вимоги за показником "Зусилля стиснення трубчастої частини" , яку ще називають "балончиком", присутні в узгоджених технічних умовах на вироби, і даному методу випробування підлягають ущільнювачі з гуми, призначення яких - ущільнювати прорізи бокових дверцят, багажника, капота, і які мають трубчасту частину, що виготовляється з пористої гуми. Саме ця трубчаста частина піддається стисненню під час зачинення дверей. Величина стиснення залежить від величини зазору між дверима і прорізом. Ці параметри задаються конструкторською службою виробника автомобіля і мають забезпечуватися під час складання кузова. Для того, щоб не було дефекту "туге зачинення дверцят", і водночас забезпечувалося щільне прилягання дверцят, зусилля стиснення має перебувати в нормованому діапазоні.

За чинною методикою випробувань, описаною в узгоджених технічних умовах, випробування може проводитися на розривній машині або приладі МІП-10. Згідно з технічними вимогами, стиснення має проводитися на певне значення або до певного значення, зазначеного в кресленні на конкретну

деталь. На рис. 4 наведено фрагмент подібних вимог із креслення на ущільнювач.

10. Балончикова частина ущільнювача повинна стискатися до 5 мм під навантаженням 10Н±3Н (1кгс±0,3 кгс) на довжині 100 мм.

Рисунок 4 - Викопіювання з креслення для "трубчастих" ущільнювачів

Результатом випробувань є значення зусилля стиснення, виміряне в ньютонах [11], [12]. Однак, як і будь-який розмір, зазор має допуск, а отже недостатньо вимірювати зусилля стиснення лише за номінального значення зазору. Пропонується проводити випробування з вимірюванням зусилля щонайменше в трьох точках стиснення: номінальному значенні, і крайніх значеннях величин зазору з урахуванням допуску. Принцип стиснення схематично показаний на малюнку 5.

а - вертикальний вигляд профілю

б - горизонтальний вигляд профілю

Рисунок 5 – Схема стиснення зразків «трубчастих» ущільнювачів

Найкращий спосіб - отримати інформацію у вигляді графічної залежності зусилля стиснення від величини переміщення траверси розривної машини під час стиснення (або величини зазору, отриманої шляхом перерахунку).

Випробування необхідно проводити на безінерційній розривній машині, здатній працювати під час розтягування і стиснення, забезпечуючи вимірювання зусиль від 0 до 200 Н і швидкість переміщення траверси від 10 до 100 мм/хв, і оснащеної пристроєм, що реєструє зусилля-переміщення (паперовий або електронний вигляд).

Для випробувань нарізають зразки профілю завдовжки (120±10) мм у кількості трьох штук. Під час підготовки зразків не допускається деформація канта монтажної частини. У разі деформації ланки металокаркаса на торці зразка її необхідно видалити за допомогою кусачок. Візуально перевіряють відсутність перекосу і деформації зразків, за необхідності вручну виправляють зразок до прямолінійного положення. Потім на зразку відміряють робочу ділянку завдовжки (100±3) мм у такий спосіб, щоб з кожного боку зразка підрізати пористу частину не менше, ніж на 10 мм.

Далі встановлюють зразки в оснащенні, ескіз якого зображений на рис. 6.

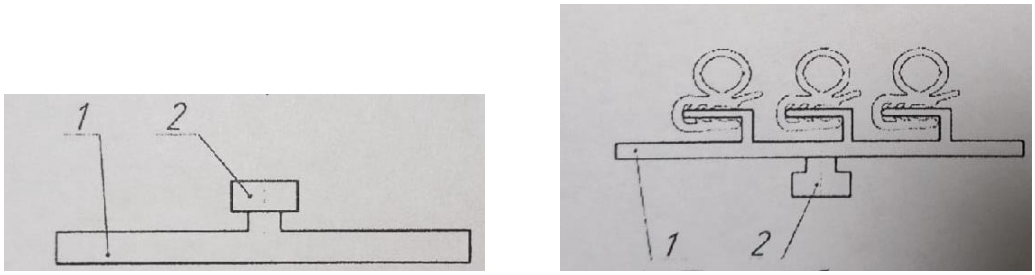


Рисунок 6 - Схема встановлення зразків в оснащенні

1 - плита, 2 - напрямна для кріплення в розривній машині

При зведенні рухомої і нерухомої траверси відбувається стиснення балончиків і зняття значень зусилля стиснення. Швидкість (10±5) мм/хв. Початкова висота балончика приймається за зусилля 0.5 Н - це зусилля, яке свідчить про гарантований контакт металевої плити та еластомеру і необхідне для виключення похибки внаслідок нерівномірності висоти балончика, що також закладена допусками під час виготовлення виробів. Стиснення проводиться до повного стиснення балончика. Для чого рекомендується встановити обмеження руху після проходження повноївисоти балончика, щоб уникнути поломки машини.

На рис. 7 і 8 показано процеси стиснення деталей обох профілів.

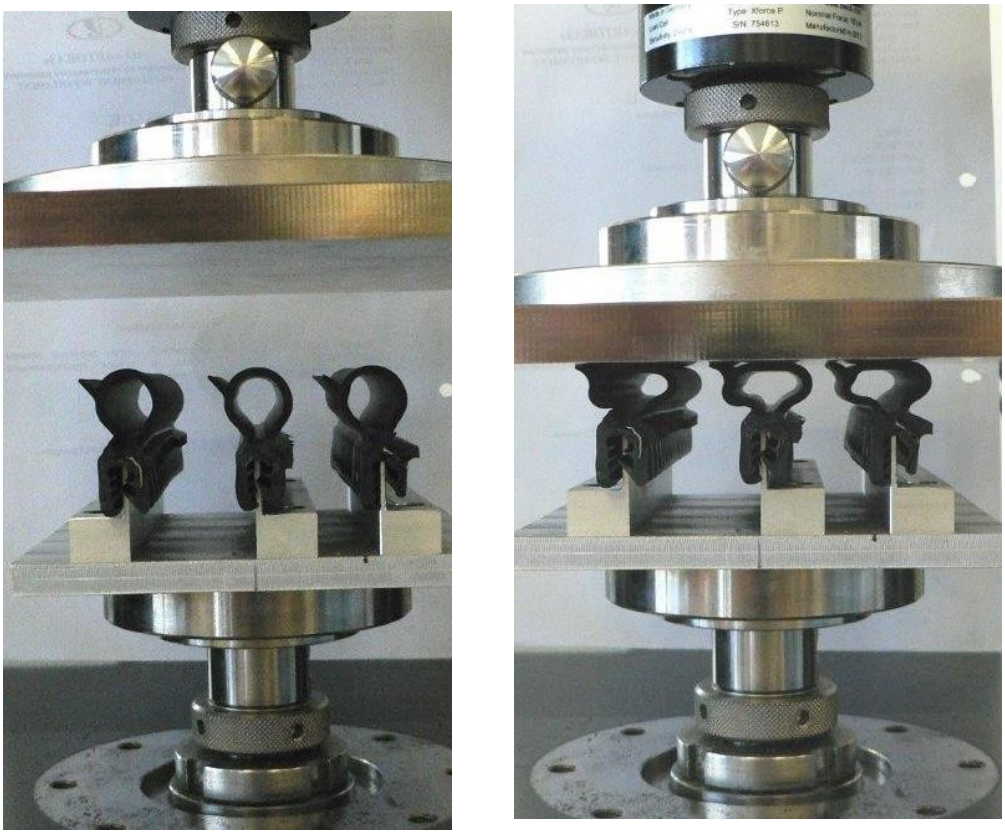


Рисунок 7 - Випробування ущільнювачів із вертикальним профілем

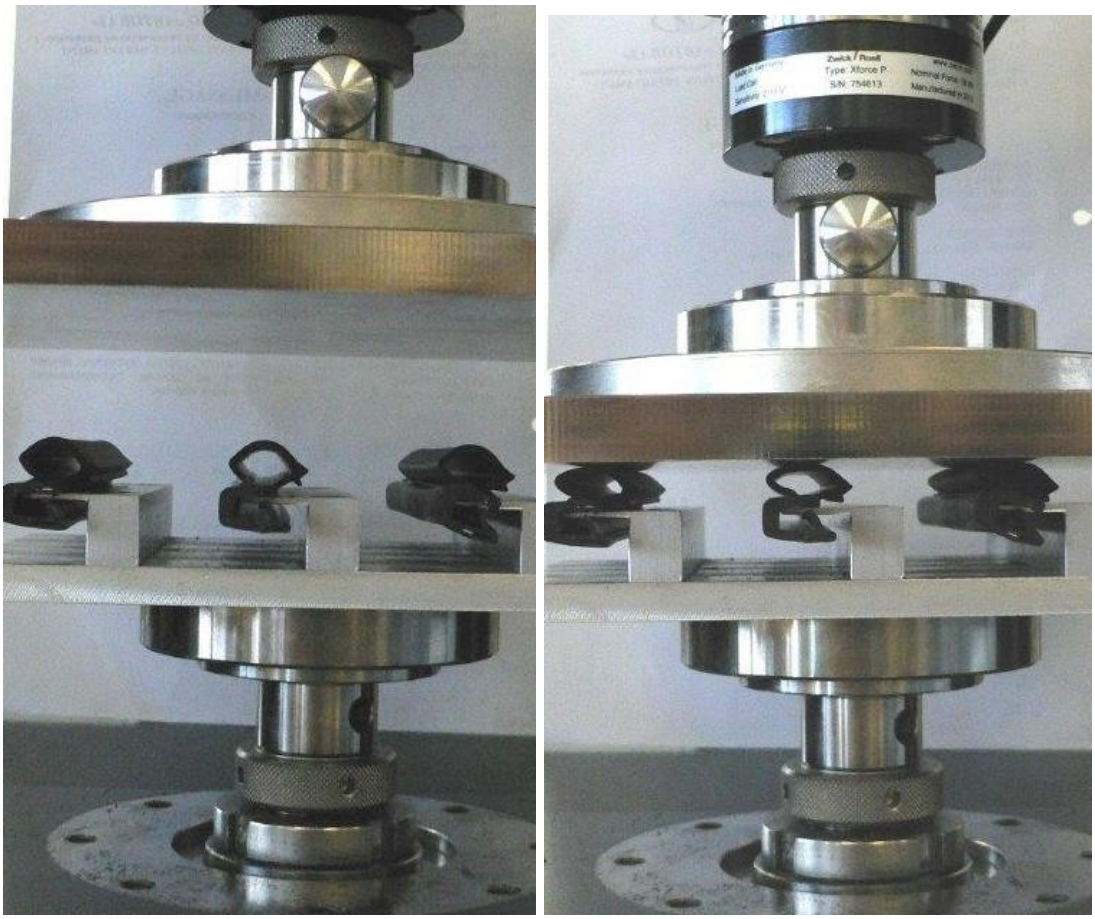
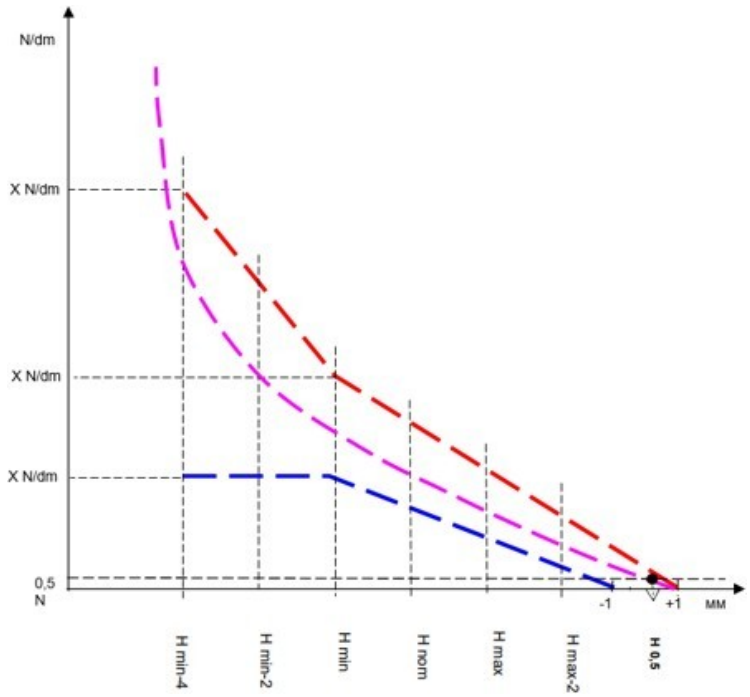


Рисунок 8 - Випробування ущільнювачів із горизонтальним профілем

У результаті випробувань буде отримано три значення зусиль або може бути отримано криву залежності зусилля стиснення від висоти ущільнювача під час стиснення, яка узгоджується з величиною зазору з урахуванням допуску, встановленого конструктором. Вигляд такої кривої та опорні точки зазору показано на рис.9.



нормативна крива мінімально-допустимого стану

крива максимально-допустимого стану

кривафактичного стиснення конкретної партії ущільнювачів

H 0,5 - висота ущільнювача під зусиллям в 0,5 N

H min - висота ущільнювача в мінімальному зазорі (номінальний мінус допуск) Hmin-2 - висота ущільнювача в зазорі мінус 2,0 мм

H min-4 - висота ущільнювача в зазорі мінус 4,0 мм H nom - висота ущільнювача в номінальному зазорі

H max - висота ущільнювача в максимальному зазорі (номінальний плюс допуск)

H max+2 - висота ущільнювача в максимальному зазорі плюс 2,0 мм

Розмір H ущільнювача - це висота, виміряна до внутрішньої поверхні затискача плюс 1 мм (ущільнювач не стискається в місці його встановлення на кронштейн)

Рисунок 9 - Графічне зображення процесу стиснення під час випробування

Цю криву можна побудувати за результатами графічних даних, отриманих під час переміщення траверси випробувальної машини.

2.1.2 Випробування ущільнювачів із плоским профілем

Вимоги за цим показником у нормативній документації відсутні. Однак, під час роботи з усунення дефекту "брязкіт скла" або

"заминання лапки" також виникає необхідність встановити причини дефекту і приймати рішення про порівняльну якість партій ущільнювачів. Тоді описаний метод може бути застосований для дослідження ущільнювачів опускного скла автомобіля на визначення зусилля притискання "лапки". На рис.10 наведено схему стиснення монолітного ущільнювача.

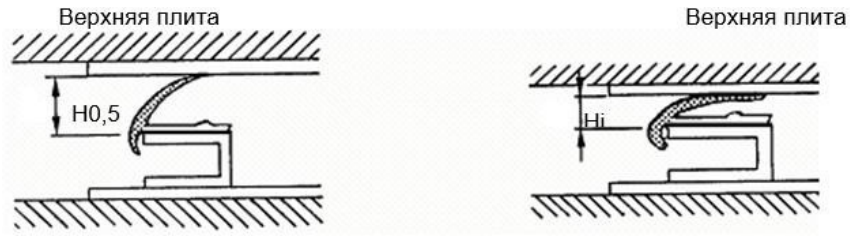


Рисунок 10 - Схема стиснення зразків "плоских" ущільнювачів

Показник "Зусилля притискання лапки ущільнювача" виконується також на випробувальній машині за допомогою аналогічного оснащення, показаного на рис.11.

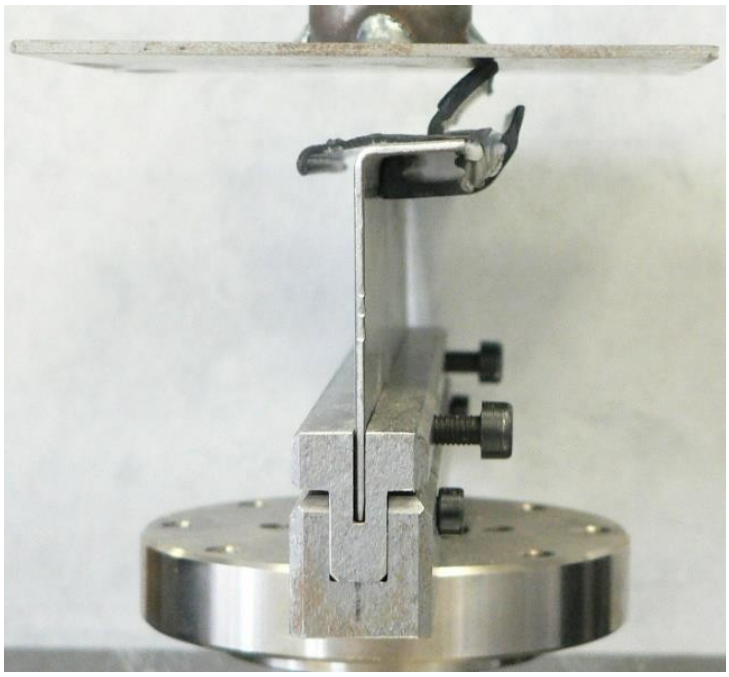


Рисунок 11 - Випробування ущільнювачів опускних стекол

Для випробування на зусилля притискання застосовується зразок завдовжки (100±3) мм, вирізаний з ущільнювача, кількість зразків для випробувань від партії береться не менше 3шт. Попереднє навантаження 0,5 Н, швидкість стиснення (10±5) мм/хв. Зразок встановлювали на контрольну пластину, яка затискається в нижній траверсі машини. Під час увімкнення машини запускається рух траверси і відбувається стиснення лапки ущільнювача за допомогою верхньої пластини. Значення зусилляпритискання знімається через кожний 1 мм (у діапазоні від 1 до 6 мм).

Дана методика дослідження еластомеру ущільнювачів на стиск даєзмогу визначити еластичність профільних елементів ущільнення скла, дверцят, дверцят заднього борту і кришок багажника на всьому діапазоні зростаючого навантаження і дає можливість вловити зони "провалів" і "стрибків", коли пружність раптово падає або навпаки зростає, на відміну від методу стиснення за фіксованої величини стиснення на одну задану величину. Можуть бути видані рекомендації виробнику до доопрацювання виробів з метою поліпшення якості.

2.1.3 Випробувальне обладнання для методу стиснення

У цій роботі використано універсальну випробувальну машину Zwick Z010 (рисунок 12) з програмним оснащенням, на якій забезпечуються задані методом навантаження і швидкість переміщення, а також є можливість графічного виведення результатів випробувань. Технічні характеристики машини: максимальне навантаження 10 кН, робоча зона заввишки 1058 мм і завширшки 1290 мм, швидкість руху траверси 0.001 - 2000 мм/хв.

Рисунок 12 - Розривна машина Zwick Z010

На рис. 13 представлено приклад оснащення, яке необхідне для випробування на стиск ущільнювачів.

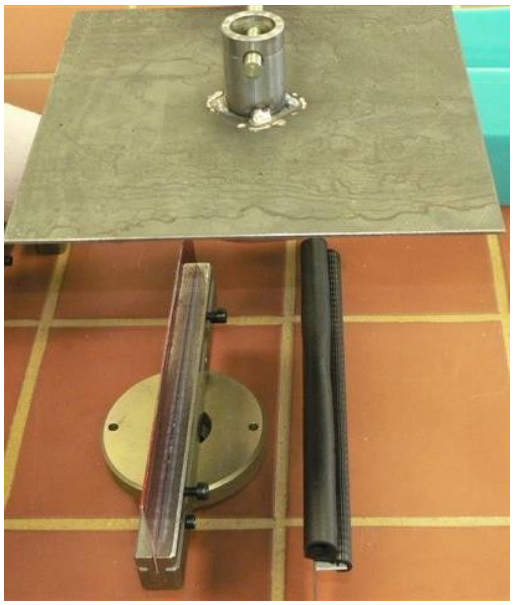


Рисунок 13 - Оснащення для стиснення ущільнювачів з балончиком

Робоча зона машини повинна давати змогу встановити дане або подібне оснащення. Оснащення можна спроектувати необхідних розмірів під певний типорозмір і профіль ущільнювачів.

2.2 Метод визначення стійкості до плямоутворення

2.2.1 Випробування еластомерів і деталей

Під час дослідження еластомірних матеріалів і деталей з них на фарбування поверхонь цей показник ще називають "нейтральність до ЛФП". Застосовують його під час валідації матеріалів до еластомерів, які призначені для виготовлення деталей екстер'єру кузова автомобіля, і до самих деталей під час оцінювання якості партії. Метод полягає у витримці під джерелом УФ-випромінювання пластин зі світлим органічним покриттям, що попередньо перебували в безпосередньому контакті з досліджуваним матеріалом під вантажем і в умовах підвищеної температури. Якщо під час контакту

відбулася міграція компонентів еластомерної суміші, що сильно забарвлюють, на ЛФП, то в цих умовах еластомер з'явився "донором", а органічне покриття - "реципієнтом", і після витримки під УФ-випромінюванням відбудеться потемніння емалі. Після закінчення витримки пластини оглядають на предмет наявності потемніння в зоні контакту і роблять висновок.

Схему розташування камери, випромінювальної лампи і випробовуваного зразка наведено на рис. 14. Підставка і козирок мають бути світлонепроникними.

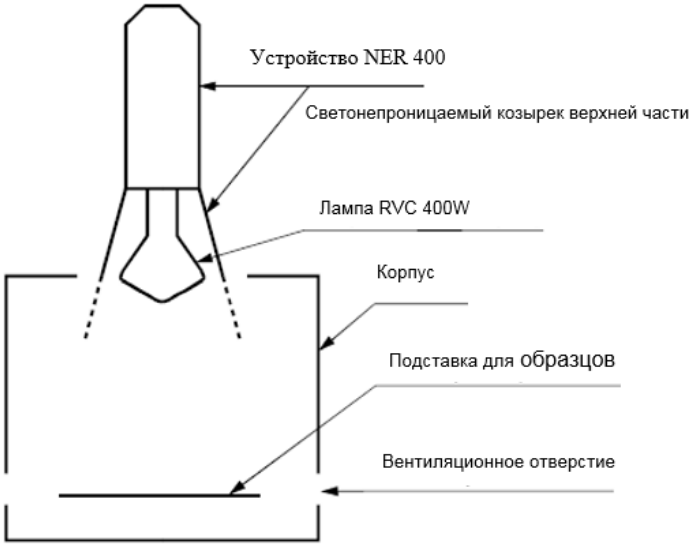


Рисунок 14 - Схема розташування зразка і джерела випромінювання під час випробування на плямоутворення

Зразки для дослідження виготовляють із матеріалу або деталей. Вони мають бути рівномірної товщини (1÷4) мм і розміром (25±1)х(40±1)мм із матеріалу або (13±1)×(26±1) мм із деталей. Попередньо готують пластини з кузовного металу товщиною (0,8 ± 0,1) мм і розміром (70 ± 1) х (150 ± 1) мм і наносять на них світлу синтетичну емаль, застосовувану відповідно до технології фарбування кузова. Потім зразки з гуми розташовують між металевими пофарбованими пластинами і зверху поміщають вантаж (500±10)г. Комплект "пластини-зразки" витримується під впливом підвищеної

температури в термокамері (70±1)год при (80±1)°С. Потім пластини звільняють від вантажу, видаляють зразки гуми, протирають пластини вологою бавовняною тканиною. Далі пластини поміщають у камеру під УФ-лампу і витримують (24±2)год.

Умови витримки при високій температурі і випромінюванні, зазначені вище, можуть бути змінені, щоб задовольняти вимогам конкретних видів деталей і матеріалів. Прийняті умови мають бути вказані в протоколі випробувань.

Після закінчення випробувань проводять огляд пластин за денного і штучного освітлення в лабораторному приміщенні. Згідно з чинною нормативною документацією, вимога за цим показником має описовий характер і в різних технічних умовах сформульована по-різному. На малюнках 15-17 наведено вимоги за показником "нейтральність" із нормативної документації з прикладами формулювань.

7. Нейтральність ущільнювача, окантовки до лакофарбового покриття	Не допускається появи темних плям взонах контакту пластин з ущільнювачами. Допускається затемнення емалі (у відповідності до контрольного зразка)	Пункт 5.8 дійсних технічних умов

Рисунок 15 - Викопіювання вимог із ТУ 2549-007-00149297-98

6. Нейтральність до лакофарбового покриття	Візуально	В зонах контакту пластин зі зразками не допускається зміни кольору	П 4.4.3

Рисунок 16 - Викопіювання вимог із ТУ 2549-007-40944248-2005

1.3 Робоча поверхня ущільнювача повинна бути рівномірно покрита полімером марки ТРЕ АДП ГЛАТ-1. Не допускаються тріщини, відслоювання, тверді включення. Ущільнювач не винен утворювати пляму в місці контакту з пофарбованою поверньою кузова

Рисунок 17 - Викопіювання вимог із ТУ 2549-006-40944248-2005

Відповідно до встановлених вимог і формулювання результатів випробувань має описовий характер. У зоні контакту гумових зразків із пластиною на світлій емалі не повинно бути темних плям. Допускається незначне потемніння емалі. Для ідентифікації ступеня потемніння світлої емалі, у разі незначного потемніння емалі проводять порівняння з контрольним зразком зовнішнього вигляду. Даний спосіб оцінки та вираження результату, що застосовується, має деякі недоліки: по-перше, контрольний зразок з часом зазнає візуальних змін в результаті триваючого природного процесу старіння; по-друге, можлива присутність суб'єктивної оцінки людини-оператора під час візуального огляду результатів, особливо при отриманні результатів з незначним потемнінням емалі, з цієї причини рекомендується робити висновок після огляду зразків декількома фахівцями; по-третє, існують ризики виникнення

Пропонується для оцінки результатів випробування за показником "нейтральність до ЛФП" і вираження колірного контрасту між зоною, вкритою плямами, і контрольною зоною застосовувати сіру (ахроматичну) шкалу типу ШСР-2 згідно з ДСТУ Р ІСО 105-А03-99 "Матеріали текстильні. Визначення стійкості забарвлення. Сіра шкала для оцінки ступеня зафарбовування" [17].

У тривимірній моделі системи вимірювання кольору CIELab* (рисунок

18) від'ємні значення координат a, b містять холодні кольори, позитивні - теплі, вісь L визначає світлоту, а значення 100 - це ділянка, яка відповідає дифузійному білому.

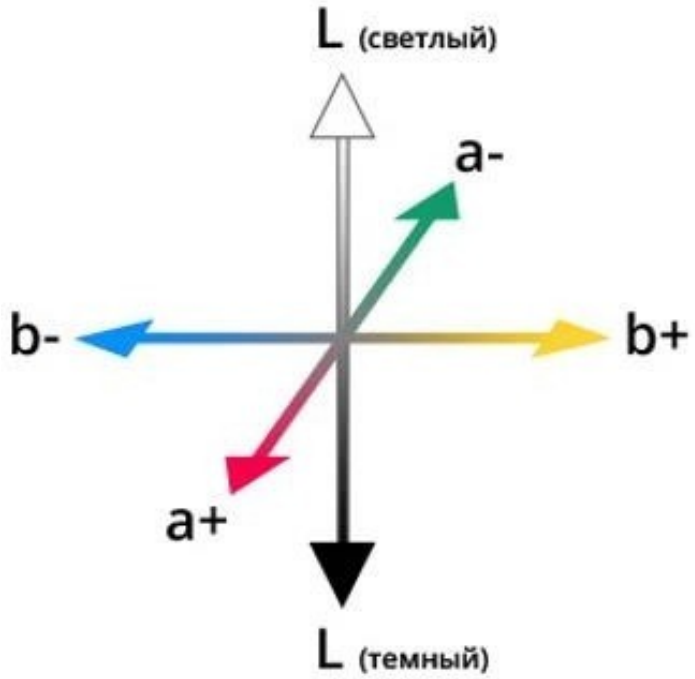


Рисунок 18 - Тривимірний простір Lab

Робити оцінку можна або відразу за шкалою, у разі коли результат очевидний і сумнівів не викликає; або шляхом вимірювання на спектрофотометрі колірних координат за системою CIELab*, розрахунку показника колірної відмінності за формулою (1) і подальшого переведення в бали сірої шкали за відповідною таблицею 2 [17].

Показник колірної відмінності в одиницях CIELab* розраховується за формулою

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

де ΔL^* - зміна світла від 0 до 100;

$\Delta a^*, \Delta b^*$ - зміна колірних координат

Далі отримане значення з урахуванням поля допуску співвідносимо з найближчим значенням за сірою ахроматичною шкалою.

Таблиця 2 - Таблиця для переведення показника колірної відмінності в балисірої шкали [17].

Значення показникаколірної відмінності, ΔE^*	Допуск в одиницях CIELab*	Бал сірої шкали
0	0,2	5
2,2	±0,3	4-5
4,3	±0,3	4
6,0	±0,4	3-4
8,5	±0,5	3
12,0	±0,7	2-3
16,9	±1,0	2
24,0	±1,5	1-2
34,1	±2,0	1

Введення кількісної оцінки кольору плями в балах сірої шкали дасть змогу унеможливити суб'єктивність та, на відміну від описового характеру, чисельний спосіб вираження дає змогу проводити статистичне опрацювання даних, що може застосовуватись виробником матеріалу під час відпрацювання рецептури гумової суміші та виробництві деталей, а також споживачем для приймального оцінювання якості партій виробів чи у випадку виникнення дефекту, роботи з його усунення та пред'явлення виробнику.

У цьому разі може бути отримано об'єктивну кількісну оцінку результатів колірних змін передачі від випробовуваного зразка до іншої (контактуючої) поверхні. При оцінці за сірою шкалою нормативне значення має бути не менше 4 балів.

2.2.2 Випробувальне обладнання для методів старіння

Для витримки за підвищеної температури можна використовувати термошафу або термокамеру, в якій забезпечується підтримання температури в необхідному діапазоні та із заданою похибкою. У даній роботі використовували універсальну сушильну шафу UFE 500 Memmert (рисунок 19), призначену для термічного старіння еластомерних матеріалів і деталей. Ця шафа має такі технічні характеристики: об'єм робочої камери 108 л, потужність 2000 Ватт, діапазон робочої температури +30...+250°С, з точністю підтримки ±1°С.

Рисунок 19 - Універсальна сушильна шафа UFE 500 Memmert

Для випробувань полімерних матеріалів на стійкість до ультрафіолетового випромінювання може підійти установка зі штучним джерелом світла. Можливе виконання установки за індивідуальним спеціально розробленим проєктом. У світовій практиці розробляють і вдосконалюють подібні установки з різними штучними джерелами випромінювання [18]-[22]. Для випробувань у рамках досліджень цієї роботи використовували прилад УФ-випромінювання (рисунок 20), розроблений конструкторами за власним

проектом і виготовлений у виробництві .

Рисунок 20 - Прилад УФ-випромінювання

Прилад оснащений: робочим столом діаметром 400 мм, для якого встановлено робочу частоту обертання 3 об/хв; ртутною лампою УФ-випромінювання, наприклад, NOVALAMP RVC 400W (рисунок 21) з потоком випромінювання 1000 лм (рисунок 22).

Рисунок 21 - Лампа NOVALAMP RVC 400W

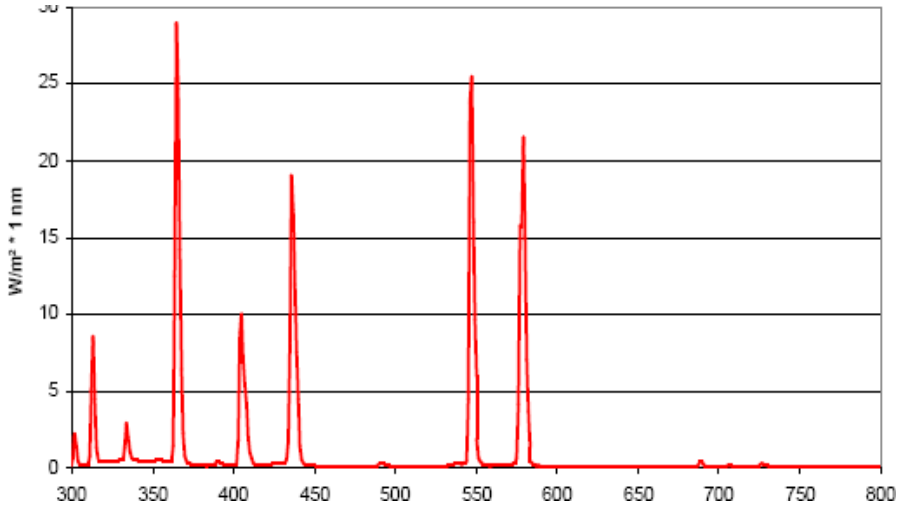


Рисунок 22 - Світловий потік ртутної лампи в 1000 лм

Лампу встановлено на відстані 400 мм від столу, на якому розміщуються зразки. За допомогою вентилятора охолодження ламп і контролю температури термометром у камері підтримується температура не вище +50°С. Максимальний час роботи лампи 4000 год.

Для об'єктивного кількісного оцінювання результатів колірних змін передачі від випробовуваного зразка до іншої (контактуємої) поверхні використовується сіра (ахроматична) шкала SDC (рисунок 23).

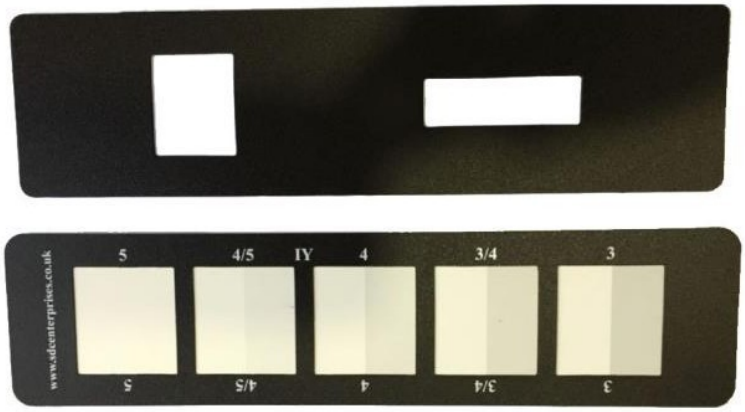


Рисунок 23 - Сіра (ахроматична) шкала SDC

Еталони, виконані на спеціальному папері зі значеннями 1-5 із

половинним кроком і футлярі з віконцями. Похибка шкали відповідно в півкроку - 0,5 бала. Така шкала має зберігатися в спеціальному футлярі в захищеному від світла місці та періодичнооновлюватися.

Вимірювання колірних координат за системою CIELab* можна проводити на спектрофотометрі UltraScan PRO (Рисунок 24).

Рисунок 24 - Спектрофотометр UltraScan PRO

Це професійний прилад для точного вимірювання колірних координат. Згідно зі своїми технічними характеристиками, він має оптичну роздільну здатність у 5 нм, діапазон вимірювання від 350 нм до 1050 нм, оснащений автоматичною функцією ввімкнення/вимкнення блиску та програмним забезпеченням.

Таким чином, розроблено уточнення для наявних методів випробувань визначення "зусилля стиснення" для робочої частини ущільнювачів і визначення "стійкості до плямоутворення" для еластомерів і деталей з них. Запропоновано нормативні значення для даних методів при застосуванні з урахуванням розроблених уточнень. Наведено короткий опис необхідного для

випробувань обладнання, оснащення, приладів та інструментів. Застосування цих уточнених методів у спільній роботі з постачальниками-виготовлювачами дасть змогу проводити дослідження еластомірних матеріалів і виробів для відпрацювання рецептур матеріалів і визначення якості виробів під час схвалення для запуску у виробництво або в роботі з усунення дефектів.

3 Результати випробувань

3.1 Випробування еластомерів

Під час підбору матеріалів вітчизняних виробників для ущільнювачів кузова було напрацьовано та випробувано дослідні партії гум, виготовлених зі стирольного каучуку, комбінації ізопренового з етиленпропіленовим, суто етилен-пропіленового, і термоеластопласту етилен-пропіленового. Вибір базових каучуків визначався їхньою хімічною структурою для надання еластомерам властивостей, необхідних для роботи виробів із них на відкритому повітрі [23]-[27]. Для випробувань з метою визначення фізико-механічних властивостей еластомерів було застосовано стандартні методи випробувань і штатні методики на стійкість до плямоутворення на лакофарбовому покритті. У таблиці 3 наведено основні фізико-механічні показники еластомерів із зазначенням стандартних методів випробувань.

Таблиця 3 - Основні стандартні методи випробувань еластомерів

№	Показник	Номер НД
1	Твердість в одиницях Шор А	ДСТУ 263-75
2	Твердість у міжнародних одиницях IRHD	ДСТУ 20403-75
3	Умовна міцність при розтягуванні	ДСТУ 270-74 зразок типу I
4	Відносне подовження під час розриву	
5	Відносна залишкова деформація при статичній деформації стиснення	ДСТУ 9.029-74 метод А, зразок типу 1
6	Температурна межа крихкості	ДСТУ 7912-74
7	Стійкість до озонного старіння	ДСТУ 9.026-74
8	Опір роздиру	ДСТУ 262-93, зразок серповидний
9	Нейтральність до лакофарбового покриття	чинна методика за ТУ 2549

Крім того, результати випробувань еластомірних матеріалів за стійкістю до плямоутворення були оцінені відповідно до запропонованих критеріїв.

Загальні результати випробувань двох типів гум наведено в таблиці 4.

Таблиця 4 - Результати випробувань гуми на основі стирольного (SBR) і гуми на основі комбінації ізопренового з етиленпропіленовим (IR+EPDM) каучуком

№ п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування		Нормативнезначення	
			SBR	IR+EPDM	SBR	IR+EPDM
1	Твердість, за Шору А	од.	70	63	75±5	60 ± 5
2	Умовна міцність при розтягуванні	МПа	10,7	10,3	≥7,8	≥5,9
3	Відносне подовження під часрозриву	%	320	210	≥150	≥150
4	Опір роздиру	Н/мм	23,0	21,5	≥19,6	≥19,6
5	Відносна залишкова деформація за 25% статичної деформації стиснення за температури $(100\pm2)^0$ С протягом (72±2) год	%	46,8	44,5		≤ 50
6	Температурна межа крихкості	°С	мінус 45	мінус 50	мінус 45, не вище	
7	Стійкість до озонного старіння з об'ємною часткою озону $(5,0\pm0,5)\times10^{-5}$ % і статичної деформації розтягування на 10 % за (50±2)°С (72±1)год	-	тріщин немає	тріщин немає	не повинно бути тріщин при дворазовомузбільшенні	

Продовження таблиці 4

№ п/п	Найменування показників	Од. вим.	Результат випробування		ормативнезначення	
			SBR	IR+EPDM	SBR	IR+EPDM
8 8.1	Нейтральність до лакофарбового покриття чинний критерій оцінки	-	темні плями на емалі	темні плями на емалі	не допускається поява темних плям у зоні зіткнення пластин зі зразками; допускається незначна потемніння емалі	
8.2	пропонований критерій оцінки - колориметричні показники: Δa* Δb* ΔL* ΔE* Оцінка за сірою шкалою	 бал	 -2,094 -24,056 16,054 30,0 1	 -1,803 -22,013 12,101 25,1 1/2	 ≥ 4	

На рис. 25 зображено фото пластин зі світлою емаллю після контакту з гумами і випробувань на плямоутворення.

а) б)

а) - гума на основі стирольного каучуку,

б) - гума на основі комбінації ізопренового та етиленпропіленового каучуків

Рисунок 25 - Пластини зі світлою емаллю після випробувань гум

За результатами випробувань обидві гуми відповідали вимогам за фізико-механічними показниками. Однак, гуми дали значне потемніння емалі в зоні контакту з пластиною. Ступінь потемніння емалі від кожної з гум різна, а оцінка в числовому вираженні за сірою шкалою дала змогу визначити, що стирольна гума залишила темніший слід. При цьому гума на основі стирольного каучуку перевершувала гуму на основі комбінації ізопренового з етиленпропіленовим каучуком за міцнісними властивостями і температурною межею крихкості.

Для виявлення інгредієнтів гумової суміші, що забарвлюють світлі емалі кузова, виробником було проведено роботу з порівняння спектра насиченого водного екстракту від гуми зі спектрами кожного з інгредієнтів гумових сумішей [28], [29] . У результаті виявлено, що темні плями залишаються від впливу протизастарювача діафен ФП. Обидві гуми на основі стирольного і на основі комбінації ізопренового з етиленпропіленовим каучуків потребували істотного доопрацювання в частині рецептури щодо заміни фарбувальних стабілізаторів. Виробник провів доопрацювання рецептури із заміни забарвлювального діафену ФП на слабкозабарвлювальний ацетонаніл Н. При цьому особливу увагу приділяли озоності гум. Ацетонаніл Н підтвердив свою ефективність у рецептурі, оскільки він не тільки захищає гуми від теплового старіння, а й ефективно підвищує опір гум озонному розтріскуванню.

Однак, в частині абсолютної нейтральності до ЛФП ці гуми доопрацювати не вдалося, і їх було рекомендовано до застосування для виготовлення інших деталей екстер'єру кузова, які не є видовими: прокладки під ручку дверцят, буфера, захисні трубки.

Для виготовлення ущільнювачів з трубчастою частиною найкращим варіантом є використання гуми на основі етиленпропіленового каучуку. Оскільки основні ланцюги зазначеного полімеру не містять подвійних зв'язків, етиленпропіленовий каучук має хімічну стійкість і перевершує інші

синтетичні каучуки за світлостійкістю та озоностійкістю. Для випробувань було надано дослідну партію гуми на основі EPDM-каучуку зі слабозабарвлювальним антиоксидантом.

За результатами лабораторних випробувань надані на випробування зразки гуми за перевіреними показниками відповідали технічним вимогам. Однак, за результатами пропонованої методики оцінки нейтральності гуми до ЛФП за сірою шкалою для наявних помітних плям було присвоєно значення в балах, що нижче за рекомендовану норму. Така невідповідність була підтверджена монтажними випробуваннями, під час яких були відзначені "підтікання з-під ущільнювача" на світлій емалі, що свідчить про ефективність пропонованого критерію оцінки. Гуму було рекомендовано до доопрацювання.

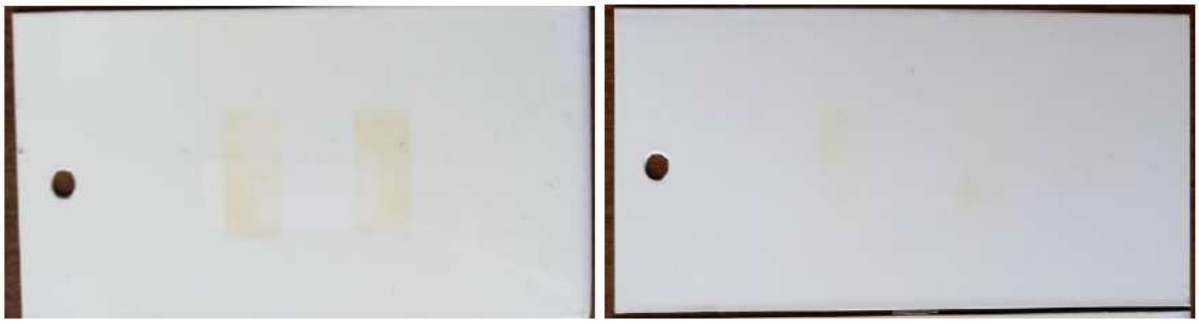
Після заміни виробником антиоксиданту гумової суміші на нефарбувальний фенольного типу був проведений такий самий комплекс випробувань, за якого гума за нейтральністю до ЛФП мала оцінку, що відповідає рекомендованим вимогам. При цьому фізико-механічні властивості залишилися на колишньому рівні і не погіршилися, результати в таблиці 5.

Таблиця 5 - Результати випробувань гуми на основі етиленпропіленового (EPDM) каучуку

№ п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування		Нормативне значення
			дослідна партія	партія з доопрацюванням	
1	Твердість, за Шору А	од.	79	81	80±5
2	Умовна міцність при розтягуванні	МПа	12,0	11,8	≥7,8
3	Відносне подовження під часрозриву	%	210	210	≥ 150

4	Опір роздиру	Н/м м	32,0	31,5	≥29,4
5	Відносна залишкова деформація при 25% статичної деформації стиснення при температурі (70±2)^0 С протягом (72±2) год		45,6	43,5	≤ 50

Зовнішній вигляд пластин після випробувань наведено на рис. 26.



а) б)

а) дослідна партія (гума зі слабозабарвлювальним антиоксидантом);

б) партія з доопрацюванням (гума з незабарвлювальним антиоксидантом);

Рисунок 26 - Пластини зі світлою емаллю після випробувань етиленпропіленової гуми

Як матеріал для робочої частини профілю ущільнювача опускного скла дверцят було випробувано термоеластопласт етиленпропіленовий, отримані значення наведено в таблиці 6.

Таблиця 6 - Результати випробувань етиленпропіленового термоеластопласту (ТРЕ)

№п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування	Нормативне значення
1	Твердість, за Шору А	од.	63	60±5
2	Умовна міцність прирозтягуванні	МПа	4,6	≥4,0
3	Відносне подовження під час розриву	%	310	≥ 250
4	Опір роздиру	Н/мм	36,8	≥20,0
5 5.1 5.2 5.3	Стійкість до термічного старіння в повітрі з а (80±2)^0 С протягом (96±2) год зміна твердості умовна міцність прирозтягуванні відносне подовження під час розриву	 од. % %	 +2 4,2 280	≤ 50 ±5 ≥3,0 ≥ 250

№п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування	Нормативне значення
6	Температурна межа крихкості	°С	мінус 50	мінус 45, не вище
7	Стійкість до озонного старіння з об'ємною часткою озону (5,0±0,5)×10^{-5} % і статичної деформації розтягування на 20 % за (50±2)°С (72±1)год	-	тріщиннемає	не повинно бути тріщин при дворазовому збільшенні
8	Нейтральність до лакофарбового покриття покриттю		плями	

8.1	чинний критерій оцінки	-	відсутні	у зонах зіткнення пластин зі зразками не
			5	допускається зміна кольору лакофарбового покриття
8.2	оцінка за сірою шкалою	бал		≥4

За фізико-механічними показниками матеріал повністю відповідає вимогам технічних умов, а також абсолютно нейтральний до лакофарбового покриття. Фото пластини після випробувань термоеластопласту представлено на малюнку 27.

Рисунок 27 - Пластина зі світлою емаллю після випробувань термоеластопласту етиленпропіленового

Вимірювання зміни колірних координат на спектрофотометрі не знадобилося, оскільки термоеластопласт не залишив слідів на емалі. Отриманому результату присвоєно максимальне значення за сірою шкалою.

3.2 Випробування деталей

Зі схваленої гуми на основі етиленпропіленового каучуку були напрацьовані дослідні партії деталей. Деталі також було випробувано за штатними методиками і методиками, з пропонованими в рамках цієї роботи змінами. Для випробування було надано по одному виробу кожного найменування, кількість зразків варіювалася залежно від одержуваної близькості результатів, необхідних для виведення середнього значення від партії.

Ущільнювач дверей, профіль якого показано на рис. 28, має вертикальний спосіб монтажу, висота трубчастої частини балончика якого (19,4±1,5) мм згідно з кресленням.

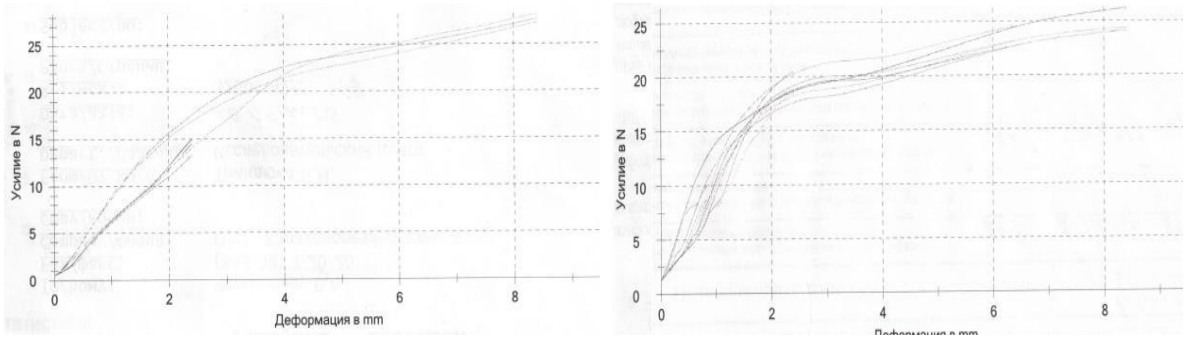
Рисунок 28 - Ескіз профілю ущільнювача дверей

У таблиці 7 наведено результати комплексних випробувань чотирьох послідовно випробуваних партій деталей.

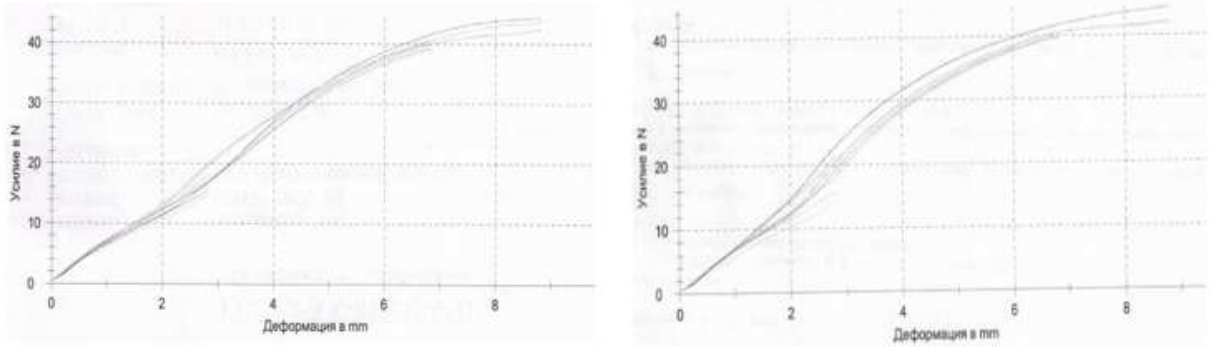
Таблиця 7 - Результати випробувань ущільнювача отвору дверей

№ п/п	Найменуванняпоказника	Од. вим.	Результат випробування дослідних партій				Норма	НД на метод випробування
			№ 1	№2	№ 3	№ 4		
1.	Уявна густина	кг/м^3	590	580	600	610	400-650	метод гідростатичного зважування
2.	Відносна залишкова деформація трубчастої частини під час статичного стиснення на 50% при (23±5)˚С протягом (22±0,5)год	%	12	12	10	9	≤ 40	штатна методика за ТУ 2549-007-00149297
3. 3.1	Зусилля стиснення трубчастої частини на зразку довжиною 100 мм на величину 5 мм	Н	8,0	8,5	11,5	12,2	10,0±3,0	штатна методика за ТУ 2549-007-00149297
3.2	до величини зазору: максимуму 17 мм номінального 13 мм мінімуму 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	запропонована методика та рекомендовані норми

У процесі випробувань на стиснення ущільнювача дверцят на розривній машині проводився запис графіків. На рис. 29 представлені фото графіків, записаних для чотирьох партій, залежностей зусилля в ньютонах від переміщення траверси в міліметрах.



№1 №2



№3 №4

Рисунок 29 - Графіки залежності зусилля стиснення в N від переміщення в мм траверси випробувальної машини, отримані під час випробування ущільнювача дверей

На партіях №№1-3 ущільнювача дверцят зусилля стиснення балончика перебувало на нижній межі норми, рекомендованої конструкторською службою як зміни до креслення. Поступово вироби були доопрацьовані виробником у результаті виданих зауважень. Під час доопрацювання об'єктіву лабораторії виробника застосовували рекомендовані дослідні методики і критерії оцінки. Нові зразки партія №4 були випробувані з позитивними результатами.

Під час побудови діаграми (рис. 30) залежності зусилля стиснення в N від величини зазору в мм для всіх чотирьох партій ущільнювачів дверей

відповідно до рисунка 9 наочно видно, що саме партія №4 перебуває в середині допустимого діапазону.

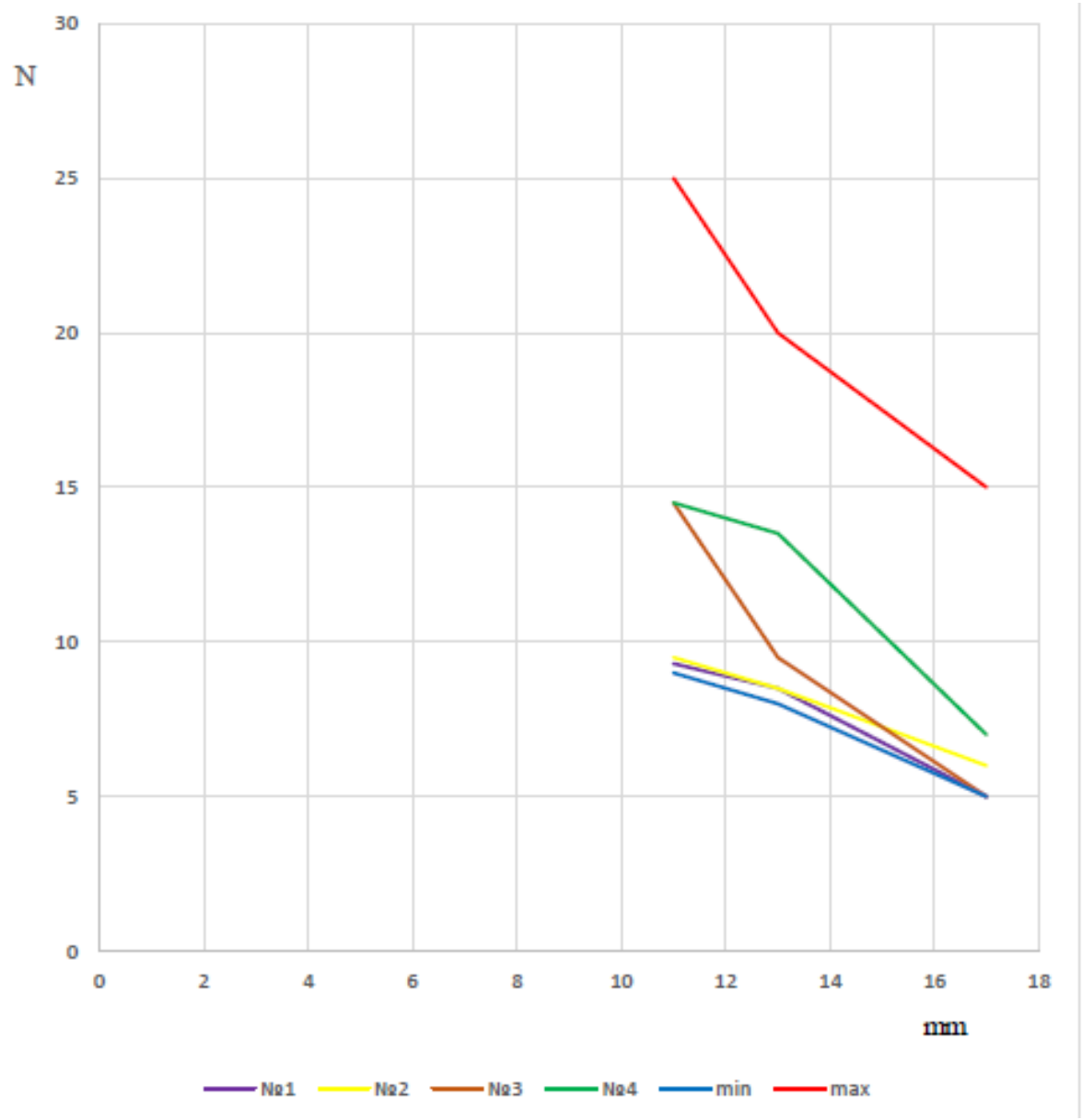


Рисунок 30 - Діаграма залежності зусилля стиснення в N від величини зазору в мм, отримані під час випробування ущільнювача дверей

Ущільнювач поворотного вікна боковини, форма профілю якого показана на рис. 31, має горизонтальний спосіб монтажу і висота його трубчастої частини (11,7±1,0) мм за кресленням.

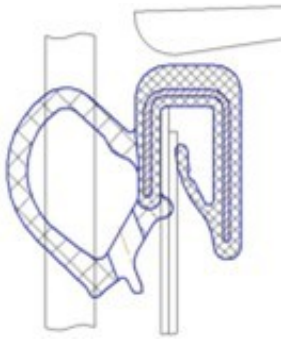


Рисунок 31 - Ескіз профілю ущільнювача вікна

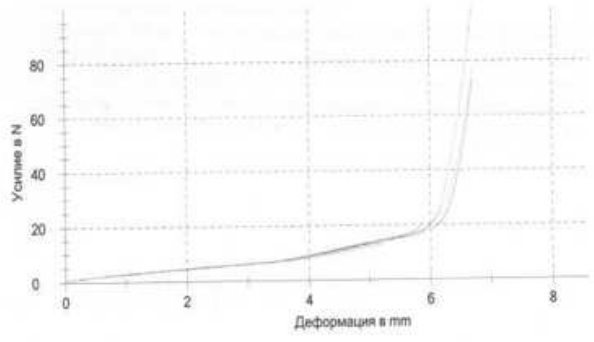
Паралельно з ущільнювачами дверей виробником з тих самих рецептур гум було напрацьовано 4 партії ущільнювачів вікна боковини і випробувано за тими самими показниками. У таблиці 8 наведено результати комплексних випробувань чотирьох послідовно випробуваних партій деталей.

Таблиця 8 - Результати випробувань ущільнювача поворотного вікна боковини

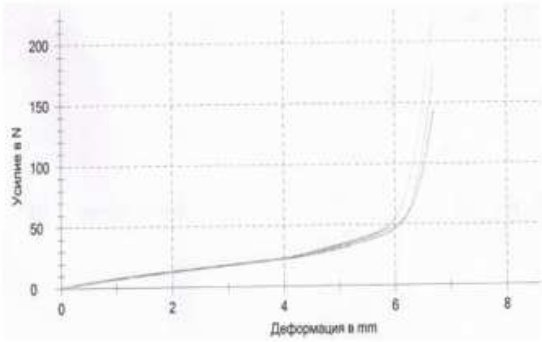
№п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування дослідних партій				Норма	НД на метод випробування
			№ 1	№2	№ 3	№ 4		
1.	Уявна густина	кг/м^3	550	630	590	600	400-600	метод гідро-статичного зважування
2.	Відносна залишкова деформація трубчастої частини під час статичного стиснення на 50% при (23±5)˚С протягом (22±0,5)год	%	11	11	7	6	≤ 40	штатна методика за ТУ 2549-007-00149297

3. 3.1	Зусилля стиснення трубчастої частини на зразку довжиною 100 мм на величину 5,0 мм	Н	4,0	10,0	10,5	10,0	10±3	штатна методика за ТУ 2549-007-00149297
№п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування дослідних партій				Норма	НД на метод випробування
			№ 1	№2	№ 3	№ 4		
3.2	до величини зазору: максимального 6,5 мм номінального 5.8 мм мінімального 5,0 мм		 4,5 6,2 27.0	 11,5 15,6 59,7	 11,2 14,0 50,3	 11,0 12,8 48,6	 7-11 9-13 9-50	пропонована методика та рекомендовані норми

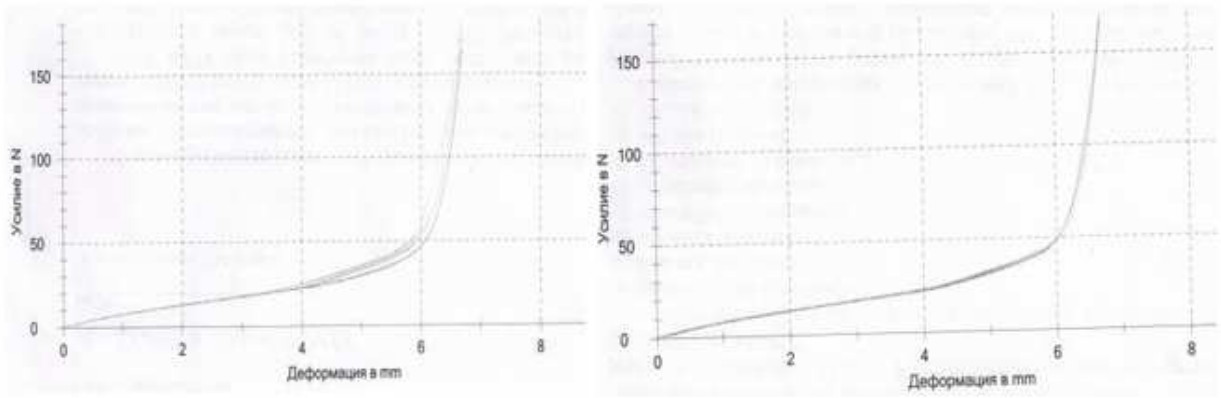
У процесі випробування на стиснення балончика було отримано такі графічні залежності, наведені на рис. 32.



№1



№2



№3 №4

Рисунок 32 - Графіки залежності зусилля стиснення в N від переміщення вмм траверси випробувальної машини, отримані під час випробування ущільнювача поворотного вікна боковини

Аналогічно було побудовано діаграми залежності зусилля стиснення залежно від величини зазору (рисунок 33), за якими чітко видно, що партія 4 відповідає рекомендованим вимогам і має оптимальний набір значень на всьому діапазоні стиснення.

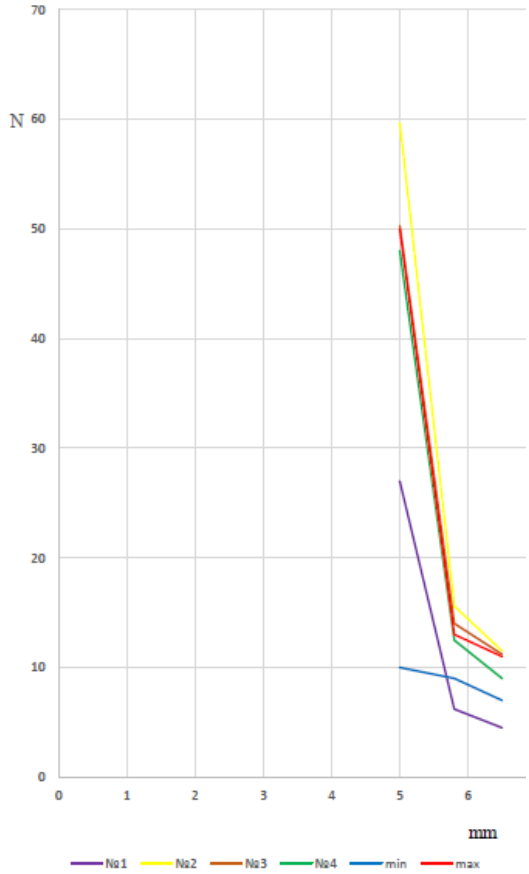


Рисунок 33 - Діаграма залежності зусилля стиснення в N від величини зазору в мм, отримані під час випробування ущільнювача вікна боковини

Ущільнювач опускного скла виготовляється з термоеластопласту етиленпропіленового. Під час схвалення деталей було видано позитивний висновок на відповідність вимогам креслення. Однак, під час монтажних випробувань виникли зауваження щодо скрипу під час піднімання та опускання скла. Даний ущільнювач має монолітне виконання і складний профіль (рис. 34).

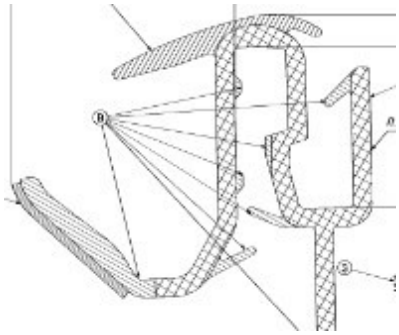


Рисунок 34 - Ескіз профілю ущільнювача опускного скла

У рамках проведення комплексу робіт з усунення дефекту за завданням конструкторської служби було випробувано ущільнювачі опускного скла за штатними методиками ТУ 2549-006-40944248-2005 і за дослідною методикою визначення зусилля стиснення - притиску "лапки". У технічних умовах і кресленні вимоги щодо цього показника відсутні, тому було визначено фактичні значення показника з дискретністю 1 мм до повного стиснення. Метою цих досліджень було визначення відповідності партій нормам за показниками їхніх технічних умов і наявність відмінностей між партіями, а також можливе встановлення нормативних значень за зусиллям притискання лапки, після набору даних.

У таблиці 9 наведено результати випробувань ущільнювача скла за виконаними показниками.

Таблиця 9 - Результати випробувань ущільнювача опускного скла дослідних партій №1 і №2

№ п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування партій		Норма
			№ 1	№2	
1.	Стабільність розмірів	%	0,2	0,15	≤ 0,25

2.	Стійкість до вигину за мінус 20 ˚С	%	тріщин немає	тріщин немає	не допускаються тріщини
3.	Стійкість до удару кулею: - при (23±5) ° С - після витримки при мінус (40±2)ºС протягом 4 год	-	тріщин немає	тріщин немає	не допускаються тріщини
4.	Стійкість до озонного старіння з об'ємною часткою озону $(5,0±0,5)×10^{-5}$ % і статичної деформації розтягування на 10 % за (50±2)°С (48±1)год	-	тріщин немає	тріщин немає	не повиннобути тріщин
5	Зусилля притискання лапки на зразку завдовжки 100 мм на величину: 1мм2мм3 мм4мм5мм 6мм	Н	 1,0 0,9 0,9 1,5 1,3 1,3 2,1 1,8 1,6 3,9 2,5 2,3 11,1 4,5 3,7 16,8 12,5 10,0	 1,0 0,9 0,9 1,3 1,3 1,2 1,7 1,6 1,6 2,1 2,1 2,0 2,5 3,5 3,2 3,5 9,5 7,6	вимоги відсутні

Примітка - Зазначено результати випробувань трьох зразків від партії для набору статистичних даних [30].

На рис. 35 зображено графіки залежностей зусилля притиску від переміщення траверси розривної машини. За отриманими лініями можна побачити нерівномірність зростання навантаження.

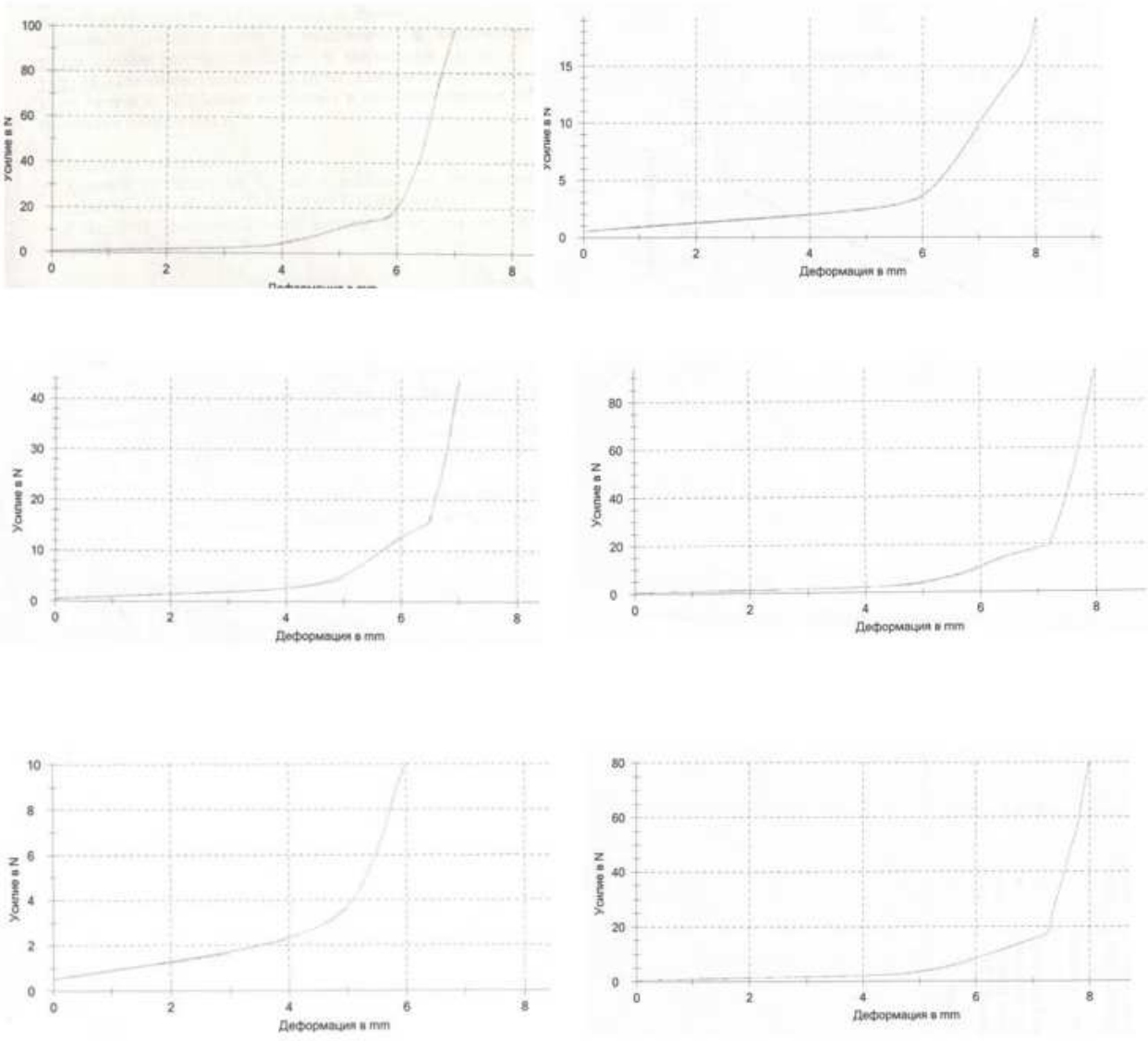


Рисунок 35 - Графіки залежності зусилля притиску в N лапки від переміщення траверси в мм випробувальної машини, отримані під часвипробування ущільнювача опускного скла дослідних партій

Дана запропонована методика по визначенню зусилля стиснення в залежності від переміщення дозволила виявити "стрибки" і "перегини" на графічній кривій і відсутність збіжності результатів на трьох зразках від партії. Виробнику було передано отримані результати та рекомендації проведення внутрішніх заходів контролю розмірів профілю під час екструзії протягом робочої зміни. Тим самим було встановлено нерівномірність профілю ущільнювача (рис. 36), причиною якої була нестабільність техпроцесу виготовлення деталей.

Виробником було відрегульовано режими техпроцесу (швидкість екструзії) [31], з подальшим виготовленням і випробуванням доопрацьованих партій ущільнювачів.

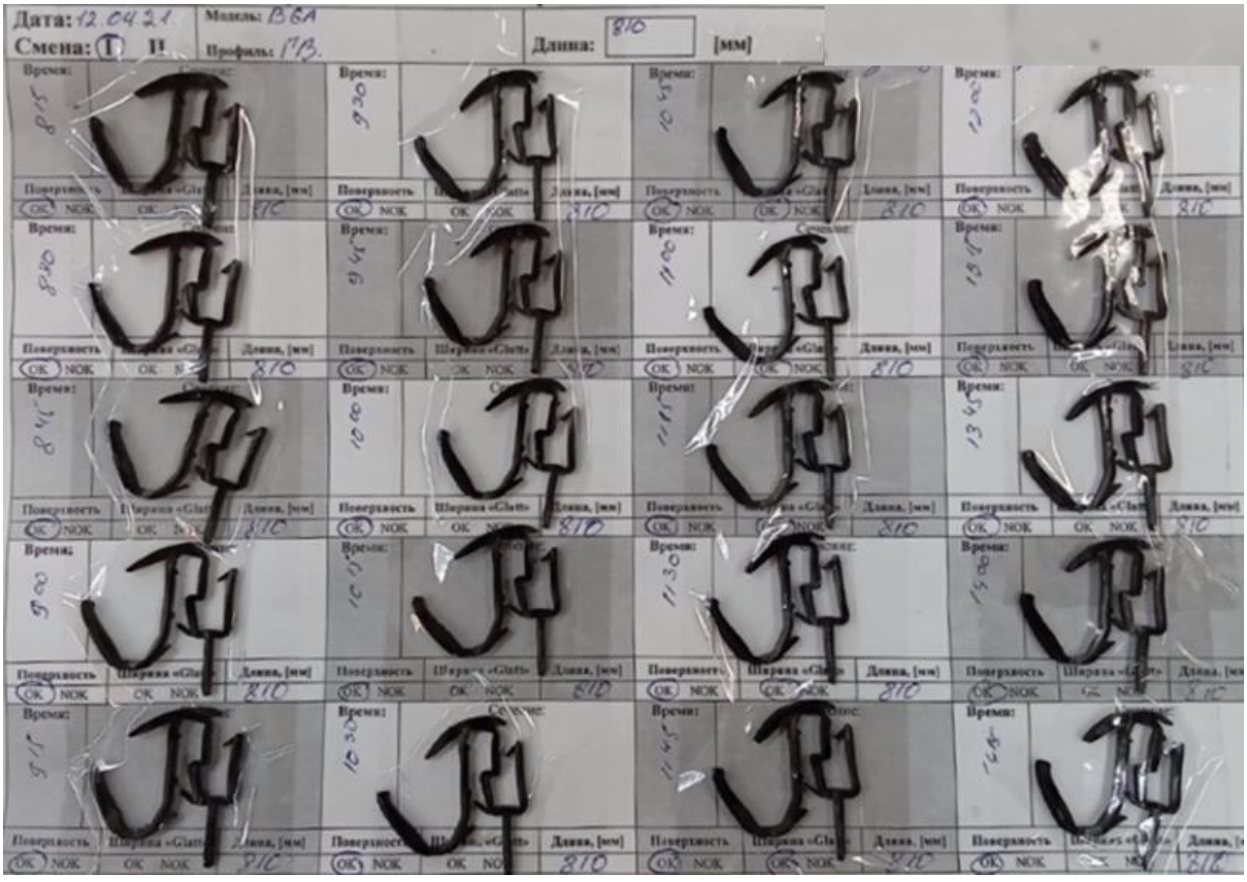


Рисунок 36 - Зрізи профілю ущільнювача для визначення стабільності поперечних розмірів

У таблиці 10 наведено результати випробувань доопрацьованих партій.

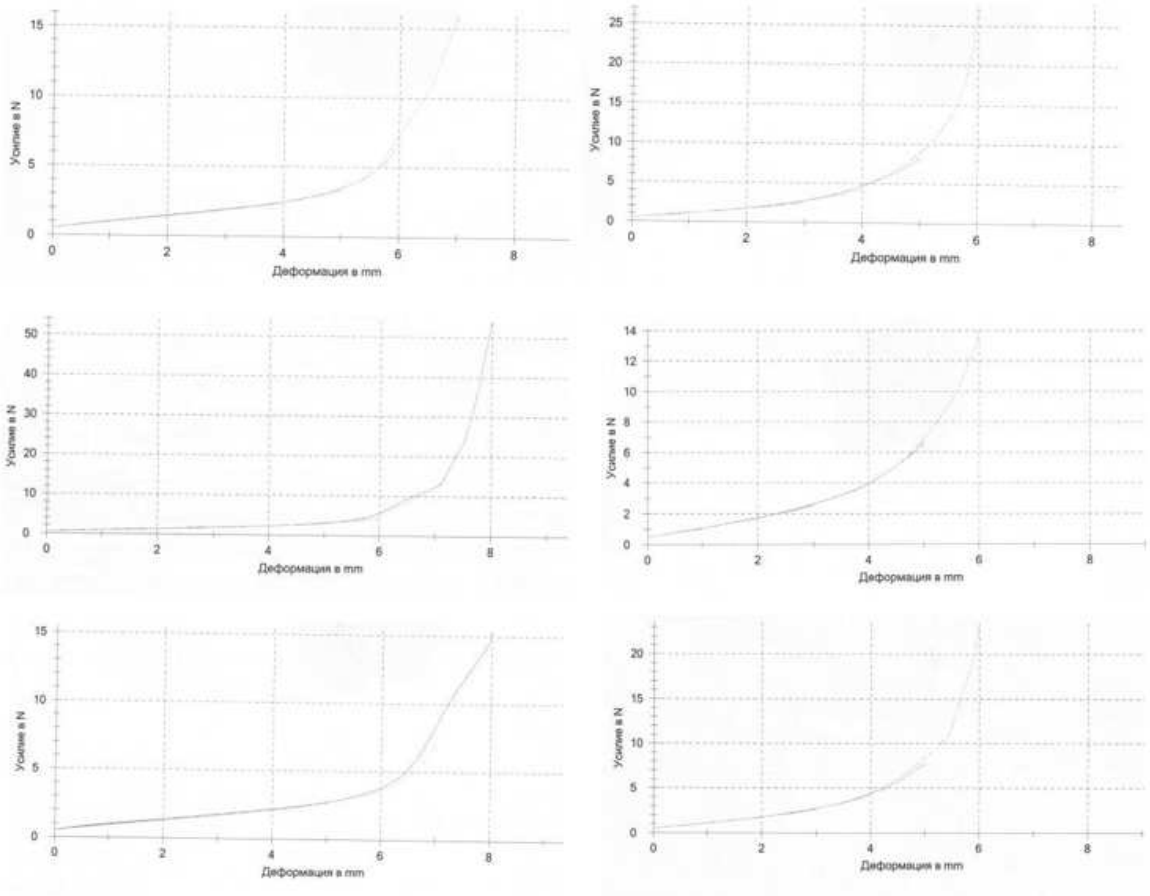
Таблиця 10 - Результати випробувань ущільнювача опускного скла доопрацьованих партій

№ п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування партій		Норма
			№ 3	№ 4	
1	Стабільність розмірів	%	0,10	0	≤ 0,25
2	Стійкість до вигину за мінус 20 ˚С	%	тріщин немає	тріщин немає	не допускаються тріщини

№ п/п	Найменування показника	Од. вим.	Результат випробування партій		Норма
			№ 3	№ 4	
3	Стійкість до удару кулею: - при (23±5) º С - після витримки при мінус (40±2)ºС протягом 4 год	-	Тріщин немає	тріщин немає	Не допускаються тріщини
4	Стійкість до озонного старіння з об'ємною часткою озону $(5,0±0,5)×10^{-5}$ % і статичної деформації розтягування на 10 % за (50±2)°С (48±1)год	-	Тріщин немає	тріщин немає	не повинно бути тріщин

5	Зусилля притискання лапки на зразку завдовжки 100 мм на величину:	Н			вимоги відсутні
	1мм		1,0	1,0	
			1,0	1,0	
			1,0	1,1	
	2мм		1,4	1,7	
			1,4	1,7	
			1,4	1,7	
	3 мм		1,9	2,6	
			1,8	2,5	
			1,7	2,6	
	4мм		2,5	4,3	
			2,3	3,9	
			2,2	4,2	
	5мм		3,4	8,1	
			2,9	6,7	
			2,7	7,7	
	6мм		6,6	28,1	
			4,4	14,0	
			3,6	23,5	

Також було записано графічні залежності, які зображено на рис. 37.



№3 №4

Рисунок 37 - Графіки залежності зусилля в N притиску лапки від переміщення траверси в мм випробувальної машини, отримані під часвипробування ущільнювача опускного скла доопрацьованих партій

Проведені випробування доопрацьованих партій №3 і №4 показали кращі результати в частині збіжності та плавності графічної кривої. Зауваження було усунуто, дефект виключено.

Таким чином, використання під час випробувань матеріалів і деталей методик із розробленими уточненнями щодо визначення нейтральності до ЛФП і визначення зусилля стиснення і притискання робочої частини ущільнювача підтвердило ефективність застосування їх у дослідницьких цілях і під час випробування на відповідність вимогам нормативної документації.

4 Техніка безпеки під час проведення випробувань

Під час проведення випробувань еластомерів і виробів із них необхідно дотримуватися загальних правил техніки безпеки та обережності під час роботи з такими інструментами, як ножиці, ножиці по металу, вирубний прес, лещата затискні, вантажі.

Особливу увагу слід приділити під час роботи на спеціальному обладнанні: розривні випробувальні машини, термокамери, камери озонніта штучного випромінювання.

4.1 Правила роботи на випробувальній машині

Розривні випробувальні машини належать до лабораторного обладнання. Вони є багатофункціональним інструментом для визначення механічних властивостей матеріалів і виробів. Основними частинами будь-якої розривної випробувальної машини є навантажувальний пристрій і вимірювачі: силові та екстензометри. До таких машин додатково є спеціалізоване оснащення і пристосування. Сучасні машини управляються персональним комп'ютером і мають бути оснащені друкувальним пристроєм.

Під час роботи на випробувальній машині необхідно дотримуватися таких правил техніки безпеки:

- перед початком роботи перевірити цілісність проводки і справність заземлення. забороняється проводити випробування за відкритих панелей (передньої і задньої) шаф вимірювання та управління;
- зміну динамометричного датчика провести за вимкненої машини. невикористовувані силовимірювачі, затискні пристрої, додаткове оснащення повинні зберігатися на окремому столі, стелажі або в лабораторній шафі;
- машину ввімкнути за 15-20 хвилин до початку роботи з метою

прогріву всіх систем;

- увімкнути персональний комп'ютер і друкувальний пристрій;
- у момент увімкнення машини людина має перебувати зліва від станини;
- перед початком роботи перевірити установку обмежувача переміщення траверси, щоб уникнути змикання затискачів під час руху траверси вгору;
- під час роботи оператора на розривній випробувальній машині не допускаються: елементи спецодягу, що вільно висять і розстебнуті; надягати прикраси у вигляді браслетів, великих перснів; довге волосся, що вільно висить;
- за відсутності захисного екрана на розривній машині лаборант повинен надягати захисні окуляри;
- перед кожним натискання кнопок напрямку руху траверси

"вгору", "вниз" переконатися, що обмежувач переміщення і тумблер перемикання режимів швидкості перебувають у потрібному положенні;

- у процесі закріплення зразків у затискачі або встановлення пристосування траверса повинна залишатися нерухомою;
- під час руху траверси руки оператора не повинні перебувати між затискачами. при цьому необхідно тримати напоготові руку на червоній кнопці "стоп";
- під час роботи в режимі програмування робочої відстані між затискачами і під час випробування на стисливість, обмежувач переміщення підняти на рівень верхнього затискача. після завершення програмування блокіратор одразу опустити на рівень підстави рухомої траверси, щоб унеможливити змикання затискачів;
- перед зміною затискачів і пристосувань рухому траверсу

опустити вниз на відстань, достатню для вільного монтування

оснащення і зразків;

- під час роботи машини робочу зону обов'язково закривати захисним екраном.

4.2 Правила роботи з термокамерою або термошафою

Лабораторні термокамери і термошафи призначені для забезпечення і підтримки необхідної підвищеної температури випробувань. Вони можуть мати одну або кілька камер з вентилятором або конвектором. Під час роботи з термокамерою або термошафою важливо дотримуватися таких заходів безпеки:

- перед початком роботи перевірити цілісність електропроводки та справність заземлення; перевірити підключення шафи до мережі з напругою;
- увімкнути тумблер обігріву шафи; установити на панелі управління терморегулятора необхідне значення температури; перевірити роботу вентилятора;
- за показниками контрольного термометра і сигналами індикаторної лампи, що фіксує момент стабілізації температури в термокамері почати випробування;
- у робочу камеру помістити випробовувані зразки; не торкатися до внутрішніх робочих поверхонь камери; випробовувані зразки, пристосування та оснащення поміщати і виймати з камери за допомогою азбестових або інших жароміцних рукавичок;
- систематично перевіряти справність електропроводки і заземлення, контролювати робочу і задану температури; у разі виявлення несправності негайно повідомити спеціальну службу;

-після закінчення роботи вимкнути обігрів обладнання.

4.3 Правила роботи з установкою УФ-випромінювання

До установок УФ-випромінювання відносять обладнання зі штучними джерелами випромінювання, в яких використовують переважно ртутні лампи:

- перед початком роботи перевірити цілісність проводки і справність заземлення; під'єднати мережевий шнур до мережі ~220в, 50гц;
- відкрити дверцята і покласти зразки на платформу;
- встановити регулятором необхідне значення температури випробувань і тумблером режим роботи вентилятора охолодження УФ-ламп;
- встановити необхідний час роботи приладу, необхідну швидкість обертання платформи (вгору-вниз, об/хв);
- після відпрацювання заданого інтервалу часу прилад необхідно вимкнути, якщо конструкцією не передбачено вимкнення автоматично; для аварійного вимкнення приладу натиснути кнопку "стоп";
- щоб уникнути поломки приладу, забороняється відчиняти дверцята приладу під час роботи приладу; повторно вмикати прилад раніше, ніж за 15 хв; після вимкнення;
- УФ-лампи мають термін нагрівання і охолодження, тому забороняється торкатися до ламп ультрафіолетового випромінювання незахищеними руками, у разі заміни ламп використовувати бавовняні рукавички (установку ламп виконує фахівець-ремонтник);
- виймати зразки з приладу слід не раніше ніж через 5 хв після вимкнення приладу, для виїмки зразків із приладу рекомендується використовувати х/б рукавички; у разі виявлення несправності відключити прилад, повідомити інженера і викликати ремонтну службу.

4.4 Правила роботи з озонною камерою

Озонна камера призначена для випробування зразків з полімерних

матеріалів у середовищі озону із заданою концентрацією. Принцип роботи ґрунтується на іонізації повітря ультрафіолетовими променями і перетворення кисню O_2 в озон O_3 , який впливає на досліджувані зразки. Устаткування складається з випробувальної камери, що закривається герметично, блоку генерації озону та електрохімічного аналізатора. За допомогою аналізатора здійснюється автоматичне визначення та регулювання концентрації озону. Для контролю концентрації озону заздалегідь готують спеціальний буферний розчин йодиду калію, що має мати рівень у межах від 6,5 до 6,8 pH, і заливають в електрод. Блок аналізатора здійснює автоматичний забір повітря з випробувальної камери, озон пропускається через розчин, унаслідок чого відбувається окислювально- відновна реакція з виділенням йоду, пропорційно до кількості якого виробляється на електроді електричний струм і подається на УФ-лампу. За інтенсивністю струму на лампі здійснюється автоматичне регулювання концентрації озону.

До роботи на озонній камері допускається тільки навчений персонал. Озонні камери належать до складного лабораторного обладнання, у зв'язку з цим під час роботи з ними існує низка обов'язкових правил і заходів безпеки:

- приміщення, в якому встановлюють озонну камеру, має бути оснащене припливно-витяжною вентиляцією і повинна підтримуватися температура навколишнього повітря (23±2)°С;
- не допускається робота при відкритих струмопровідних частинах електрообладнання; усі знімні щити, огородження і кожухи мають бути надійно закріплені на обладнанні; під час обслуговування камера має бути відключена від мережі;

-всі прилади, що входять до складу камери і знаходяться на панелі управління повинні бути повірені і технічно справні; перед початком роботи переконатися візуально в цілісності всіх гумових і поліхлорвінілових трубок і скляних патрубків; за наявності якихось видимих невідповідностей або

ушкоджень роботу не розпочинати, поставити до відома начальника лабораторії;

- перевірити наявність вугільного фільтра, що пройшов реактивацію; за необхідності встановити його;
- перевірити подачу охолоджувальної води до камери; перевірити наявність озоматного розчину в аналізаторі; за необхідності заповнити аналізатор озоматним розчином;
- увімкнути подачу води, увімкнути камеру і встановити необхідний режим випробувань: температуру, концентрацію і час; основні регулювання концентрації озону і температури потрібно здійснювати в порожній камері (без зразків, що випробовуються); у разі необхідності відрегулювати потік за допомогою регулятора з пазом під викрутку; швидкість потоку має бути 4,5 л/хв;
- після встановлення і стабілізації режиму роботи камери, в неї можна помістити зразки для випробувань, вимикаючи на цей час озонатор і вентилятор; відчиняти й зачиняти двері камери необхідно оперативно, щоб не порушити рівновагу температури й озону в камері; крім того, озоноване повітря шкідливе для людини;
- під час проведення випробувань зразків 2 рази на добу здійснювати візуальний контроль за роботою камери; у разі будь-яких відхилень концентрації або температури повідомити керівника і спільно вжити заходів щодо стабілізації режиму;

після закінчення часу проведення випробувань необхідно зупинити камеру, дочекатися зниження концентрації озону, відчинити двері камери та вийняти оснащення зі зразками; потім послідовно вимкнути камеру і подачу води; прибрати робоче місце; за необхідності провітрити приміщення.

Висновок

Під час роботи було проведено інформаційний пошук і вивчення існуючих способів лабораторних випробувань виробів з еластомерів для екстер'єру автомобіля на експлуатаційні властивості, здійснено ознайомлення з методами дослідження і з необхідним обладнанням.

Розглянуті джерела описують особливості полімерних матеріалів, що застосовуються для виготовлення деталей екстер'єру та методів їх дослідження Розглянуто два методи випробувань, який мають деякі недоліки. З цієї причини запропоновано внести уточнення в методики виконання цих методів. Методи дають змогу оперативно визначити зусилля стиснення робочої частини ущільнювача і стійкість до плямоутворення під час прискореному старінні.

У звіті представлено результати випробувань еластомерів на основі стирольного, комбінації ізопренового з етиленпропіленовим та етилен-пропіленового каучуку і два види деталей екстер'єру автомобіля на відповідність вимогам технічних умов стандартними методами і задослідними методиками.

Запропонована методика дослідження еластомерних ущільнювачів на стиск дає змогу визначити еластичність профільних елементів ущільнення стекол, дверей, дверей заднього борту і кришок багажника на всьому діапазоні зростаючого навантаження і дає можливість вловити зони "провалів", коли пружність раптово падає або навпаки різко зростає, на відміну від методу стиснення за фіксованої величини стиснення на одну задану величину. Такий метод дасть змогу виявити нестабільність техпроцесу екструзії профільних виробів, коливання в розмірах з метоюдоопрацювання.

Під час випробування еластомерів на плямоутворення введення кількісних критеріїв оцінки кольору плями за сірою шкалою дасть змогу виключити суб'єктивність оцінки. На відміну від описового характеру

чисельний спосіб вираження в балах за сірою шкалою дасть змогу проводити статистичне опрацювання даних, що може бути застосовано виробником матеріалу під час відпрацювання рецептури гумової суміші та виробництві деталей і споживачем для приймального оцінювання якості партій виробів або під час виникнення дефекту, роботи з його усунення та пред'явлення виробнику.

Розглянуті методики з пропонованими уточненнями в комплексі зі стандартними методами досліджень можуть бути застосовані під час відпрацювання рецептури компаундів, а також під час випробування готових виробів. Вони можуть використовуватися в лабораторіях виробника і споживача для проведення паралельних, порівняльних випробувань, а також для дослідницьких робіт.

Це в подальшому дає можливість виключити до встановлення на автомобіль вироби низької якості, що не відповідають вимогам споживача.

Список використаних джерел

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 научнопрактической 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. – М: «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 физикоматематических испытаний. – Взамен ГОСТ 269-66; Введ. с 01.07.66. – М: 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. М: 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

Додатки