

ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химии и технологии переработки полимеров

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

на тему

Исследование эпоксидных
соединений в резиновых смесях

Пояснительная записка

Киров 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
Институт химии и экологии
Кафедра химии и технологии переработки полимеров

Допускаю к защите

Заведующий кафедрой _____ /Веснин Р.Л./
(подпись)

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПОКСИДНЫХ
СОЕДИНЕНИЙ В РЕЗИНОВЫХ СМЕСЯХ

Пояснительная записка дипломной работы

ТПЖА.703000.341

Разработал студент гр. ХТб-4501-07-00 _____ /Анфилатов Е.И./ _____

Руководитель к.х.н., доцент _____ /Шилов И.Б./ _____

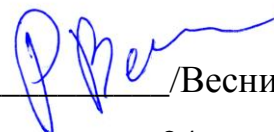
Нормоконтролёр преподаватель _____ /Ермолин В.В./ _____
(подпись) (дата)

Киров 2021

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ВЯТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ХИМИИ И ЭКОЛОГИИ
КАФЕДРА ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛИМЕРОВ

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой ХТПП _____ /Веснин Р.Л./



24 мая 2021 г.

ЗАДАНИЕ НА ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ

Студент: Анфилатов Егор Иванович, группа ХТб-4501-07-00

Тема: Исследование эпоксидных соединений в резиновых смесях
(Утверждена приказом по университету от 24.11.2020 № 13-02/134/13)

Задача: Выполнить литературный обзор на тему свойства и применение эпоксидных соединений, их применение в резиновых смесях. Исследовать влияние эпоксидного соединения на вулканизацию резиновых смесей на основе каучуков общего назначения

Перечень разделов пояснительной записки:

Введение

1 Литературный обзор

2 Объекты и методы исследования

3 Экспериментальный раздел

Выводы

Перечень графического материала:

Иллюстрационный материал или видеопрезентация

Руководитель и консультанты по проекту (с указанием учёной степени, звания, должности, места работы, фамилии, имени, отчества):

1 Руководитель проекта _____
Шилов Иван Борисович, к.х.н., доцент кафедры химии и технологии переработки полимеров ВятГУ

2 Консультант _____

3 Консультант _____

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК
работы над ВКР

1. Пояснительная записка	до 04.06.2021
2. Графическая часть	до 11.06.2021
3. Предоставление работы для проверки на плагиат	до 18.06.2021
4. Дата предзащиты	21.06.2021 - 25.06.2021
5. Дата защиты	02.07.2021

Дата выдачи задания _____ 24.05.2021 _____

Руководитель _____ /Шилов И.Б./
(подпись)

Задание принял к исполнению _____ /Анфилатов Е.И./
(подпись)

Реферат

Анфилатов Е.И. Исследование эпоксидных соединений в резиновых смесях:
ТПЖА.703000.341 ПЗ: Дип. работа / ВятГУ, каф. ХТПП; рук. И.Б. Шилов. – Киров, 2021.
ПЗ 102 с., 16 табл., 38 источников, 68 прил.

ЭПОКСИДНОЕ СОЕДИНЕНИЕ, РЕЗИНОВАЯ СМЕСЬ, ЛАПРОКСИД ТМП, КИНЕТИКА ВУЛКАНИЗАЦИИ, УПРУГО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА

Объект исследования и разработки – резиновые смеси, содержащие эпоксидное соединение Лапроксид ТМП.

Цель работы – Выполнить литературный обзор на тему свойства и применение эпоксидных соединений, их применение в резиновых смесях. Исследовать влияние эпоксидного соединения на вулканизацию резиновых смесей на основе каучуков общего назначения.

Проведены исследования влияния Лапроксида ТМП на кинетику вулканизации и упруго-прочностные свойства резин.

Содержание

Введение	3
1 Литературный обзор	4
1.1 Эпоксидные соединения	4
1.2 Методы получения эпоксидных соединений	4
1.3 Реакционная способность эпоксидной группы	8
1.4 Химические и физические свойства эпоксидных соединений	16
1.5 Области применения эпоксидных соединений	18
1.6 Применение эпоксидных соединений в резинах	18
1.7 Модификаторы резиновых смесей и вулканизаторов	20
1.8 Модификаторы для улучшения технологических свойств резиновых смесей	20
1.9 Модификаторы, повышающие упруго-прочностные свойства шинных резин	21
1.10 Модификаторы шинных резин для увеличения их стойкости к тепловому старению	23
1.11 Модификаторы для улучшения динамических свойств шинных резин	23
1.12 Модификаторы многофункционального действия	24
1.13 Модификаторы для повышения адгезии в системе резина-корд	24
1.14 Некоторые основы модификации резин с целью улучшения их долговечности	25
1.15 Перспективные наполнители шинных резин	26
1.16 Заключение по литературному обзору	28
2 Объекты и методы исследования	29
2.1 Объекты исследования	29
2.2 Методы исследования	31
3 Экспериментальный раздел	34
3.1 Изготовление резиновых смесей	34
3.2 Исследование резин	38
Выводы	45
Приложение А (справочное) Рецептура резиновых смесей	46
Приложение Б (справочное) Кинетика вулканизации резиновых смесей	59
Приложение В (справочное) Упруго-прочностные характеристики резин	85
Приложение Г (обязательное) Авторская справка	98
Приложение Д (справочное) Список приведенных сокращений	99
Приложение Е (обязательное) Библиографический список	100

					<i>ТПЖА 703000.341 ПЗ</i>						
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Исследование эпоксидных соединений в резиновых смесях</i>			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	
<i>Разраб.</i>		<i>Анфилатов Е.И.</i>								2	101
<i>Пров.</i>		<i>Шилов И.Б.</i>									
<i>Т. контр.</i>											
<i>Н. контр.</i>		<i>Ермолин В.В.</i>									
<i>Утв.</i>		<i>Веснин Р.Л.</i>			<i>Кафедра ХТПП Группа ХТБ-4501-07-00</i>						

Введение

В настоящее время все больше внимания уделяется улучшению основных показателей резины, таких как эластичность, прочность, твердость, стойкость к термоокислению, упругость.

С середины XX изучены основные свойства эпоксидных соединений, но нет исследований, которые показывали бы, как влияют эпоксидные соединения на вулканизацию резиновых смесей, упруго-прочностные свойства, равновесную степень набухания.

Цель работы: исследовать влияние эпоксидного соединения на физические характеристики резины на основе каучуков общего назначения.

										<i>Лист</i>
										3
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>						

1 Литературный обзор

Данный литературный обзор посвящен физико-химическим свойствам, методам получения и областям применения эпоксидных соединений и других модификаторов, используемых в производстве резинотехнических изделий.

1.1 Эпоксидные соединения

Эпоксидные соединения - вещества, содержащие трехчленное, реже четырехчленное кольцо с кислородом. Термин «эпоксидная смола» или «эпоксид», α -эпоксидная смола, 1,2-эпоксидная смола и т. д. относится к широкой группе реакционноспособных соединений, которые характеризуются наличием оксиранного или эпоксидного кольца. Это представлено трехчленным кольцом, содержащим атом кислорода, который связан с двумя атомами углерода, уже соединенными каким-то другим способом [1].

Следовательно, наличие этой функциональной группы определяет молекулу как эпоксидную, где молекулярное основание может варьироваться в широких пределах, что приводит к различным классам эпоксидных смол [1].

В последние годы эпоксидные смолы перестали быть остро дефицитными продуктами. Объяснить это можно тем, что в них уменьшилась потребность военных производств в результате конверсии, а с другой стороны, производственные мощности по выпуску синтетических смол еще не совсем изношены, и предприятия способны выпускать эти продукты в больших масштабах. Появилась возможность и тенденция более широкого использования эпоксидных связующих и композитов на их основе в гражданских технологиях, и в частности, в строительстве. Масштабы применения эпоксидов растут, не смотря на то, что относительно высокая стоимость эпоксидных смол несколько сдерживает развитие материалов и технологий с их использованием [2].

1.2 Методы получения эпоксидных соединений

1.2.1 Гетерогенно катализируемое окисление алкенов

Эпоксидирование этилена включает его взаимодействие с кислородом согласно реакции, представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Эпоксидирование этилена

Прямая реакция кислорода с алкенами полезна только для этого эпоксида. Наиболее часто используются модифицированные гетерогенные серебряные катализаторы [1].

						Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.2.2 Окисление олефинов с использованием органических пероксидов и металлических катализаторов

Большинство эпоксидов получают обработкой алкенов реагентами, содержащими пероксид, которые отдают один атом кислорода. На эти реакции влияют соображения безопасности, поскольку органические пероксиды склонны к самопроизвольному разложению или даже возгоранию.

Комплексы металлов являются полезными катализаторами эпоксирирования с участием пероксида водорода и алкилгидропероксидов. Пероксикарбонные кислоты, которые являются более электрофильными, превращают алкены в эпоксиды без вмешательства металлических катализаторов. В специализированных областях применения используются другие пероксидсодержащие реагенты, такие как диметилдиоксиран.

В зависимости от механизма реакции и геометрии исходного материала алкена могут образовываться цис- и / или транс-эпоксиддиастереомеры. Кроме того, если в исходном материале присутствуют другие стереоцентры, они могут влиять на стереохимию эпоксирирования. Эпоксирирование, катализируемое металлами, впервые было исследовано с использованием трет-бутилгидропероксида. Ассоциация трет-бутилгидропероксида с металлом генерирует активный пероксокомплекс металла, содержащий группу M-O-O-R, который затем переносит O-центр на алкен. Данная реакция представлена на рисунке 2.

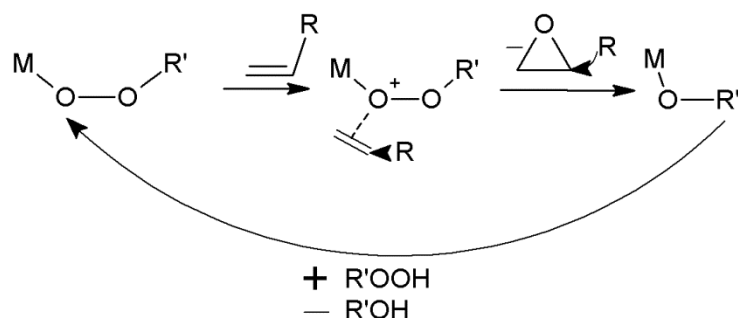


Рисунок 2 – Упрощенный механизм катализируемого металлами эпоксирирования алкенов пероксидными реагентами

Органические пероксиды используются для производства пропиленоксида из пропилена. Также требуются катализаторы. В качестве источников кислорода можно использовать как трет-бутилгидропероксид, так и этилбензол гидропероксид [1].

1.2.3 Перекисное окисление олефинов с использованием пероксикарбонных кислот

Реакция Прилежаева включает окисление алкена с перокси кислотой такой как m-CPBA (мета-хлорпероксибензойная кислота). На рисунке 3 представлена реакция эпоксирирования стирола пербензойной кислотой до оксида стирола.

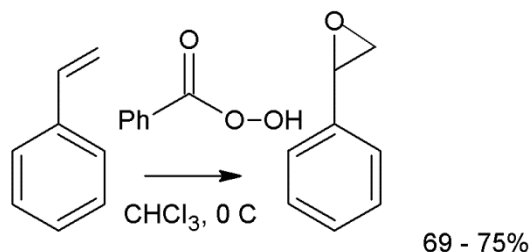


Рисунок 3 – Эпоксирирование стирола пербензойной кислотой до окиси стирола

Реакция протекает по «механизму бабочки» (рисунок 4). Пероксид рассматривается как электрофил, а алкен - как нуклеофил. Реакция считается согласованной (цифры в механизме ниже приведены для упрощения). Механизм «бабочка» позволяет идеально позиционировать орбиталь O-O сигма-звезды для атаки электронов C-C π . Поскольку две связи разрываются и образуются с кислородом эпоксида, это формально является примером коарктатного переходного состояния [1].

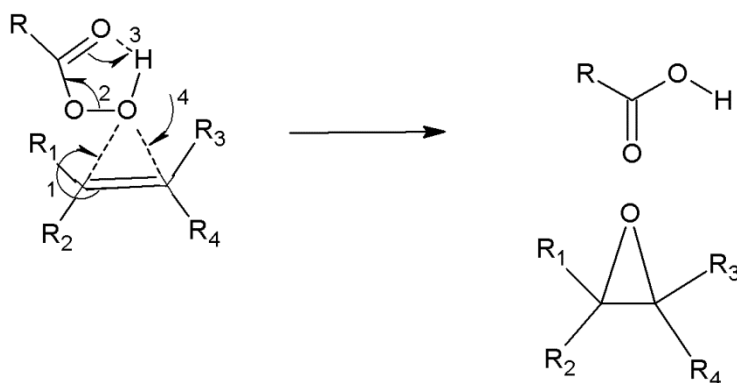


Рисунок 4 – «Механизм бабочки»

1.2.4 Гомогенно катализируемые асимметричные эпоксириды

Оксириды аренов являются промежуточными продуктами окисления аренов цитохромом P450 . Для прохиральных аренов (нафталин, толуол, бензоаты, бензопирен) эпоксириды часто получают с высокой энантиоселективностью.

Хиральные эпоксириды часто могут быть получены энантиоселективно из прохиральных алкенов. Многие комплексы металлов дают активные катализаторы, но наиболее важными являются титан, ванадий и молибден.

Реакция эпоксирирования по Шарплесу, представленная на рисунке 5, является одной из главных энантиоселективных химических реакций. Используется для получения 2,3-эпоксириспиртов из первичных и вторичных аллиловых спиртов [1].

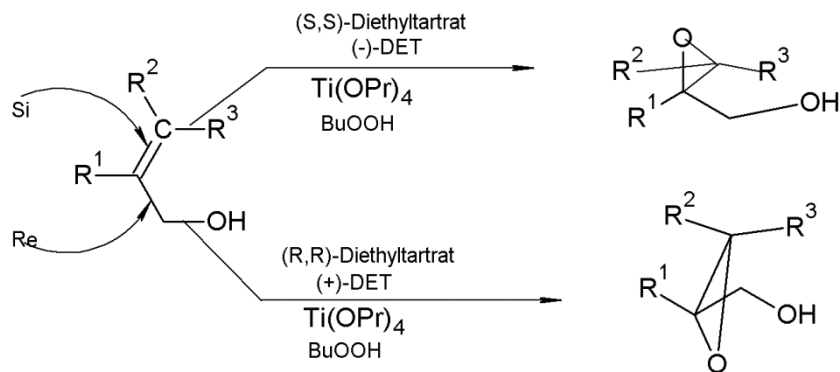


Рисунок 5 – Эпоксирирование по Шарплесу

1.2.5 Внутримолекулярное замещение S_N2

Метод представляет дегидрогалогенирование. Это вариант синтеза эфира Вильямсона. В этом случае ион алкоксида внутримолекулярно замещает хлорид. Соединения-предшественники называются галогенгидринами и могут быть получены путем галогидратации алкена. Начиная с пропиленхлоргидрина, большая часть мировых поставок пропиленоксида возникает через этот путь [1].

1.2.6 Нуклеофильное эпоксирирование

Электронодефицитные олефины, такие как еноны и производные акрила, можно эпоксирировать с использованием нуклеофильных кислородных соединений, таких как пероксиды. Реакция - двухступенчатый механизм. Сначала кислород выполняет присоединение нуклеофильного конъюгата, чтобы получить стабилизированный карбанион. Затем этот карбанион атакует тот же атом кислорода, вытесняя из него уходящую группу, замыкая эпоксидное кольцо [1].

1.2.7 Биосинтез

Эпоксиды – редкость в природе. Они возникают обычно за счет оксигенации алкенов под действием цитохрома P450 [1].

1.2.8 Получение эпоксидных смол

Эпоксидные смолы получают двумя методами: взаимодействием эпоксисоединений с полифункциональными соединениями, содержащими подвижные атомы водорода, например, реакциями между эпихлоргидрином и моно- и двухатомными фенолами, резорцином, анилином, гликолями, фенольными смолами и т.д.; введением эпоксидных групп в ненасыщенные соединения, воздействием надкислот [3].

Первым методом могут быть получены следующие группы эпоксидных смол:

- эпоксидные смолы, содержащие циклические звенья в молекулах;
- полиэпоксидные смолы;
- алифатические эпоксидные смолы, полученные конденсацией гликолей с эпихлоргидрином.

Вторым методом получают эпоксидные соединения прямым эпоксирированием:

- при действии на дивинил надуксусной кислотой;
- при действии надуксусной кислотой на низкомолекулярные полимеры дивинила и его сополимеров со стиролом [3].

										Лист
										7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1.3 Реакционная способность эпоксидной группы

Эпоксидные соединения отличаются высокой реакционной способностью.

Под действием нуклеофилов раскрытие цикла происходит по механизму бимолекулярного нуклеофильного замещения S_N2 , при этом, в случае наличия в эпоксидном кольце алкильных или арильных заместителей, атака нуклеофила направляется на наименее замещённый атом углерода, реакция идёт стереоспецифично с сохранением конфигурации [4].

Нуклеофильное присоединение к эпоксидам может катализироваться электрофилами. Так, при кислотном катализе на первой быстрой и обратимой стадии реакции происходит протонирование атома кислорода с образованием оксониевого катиона. Дальнейший путь реакции зависит от стабильности образовавшегося оксониевого иона [4].

В случае замещённых эпоксидов возможно раскрытие циклического оксониевого катиона с образованием стабильного третичного карбокатиона, который далее подвергается нуклеофильной атаке по механизму мономолекулярного замещения S_N1 . В таком случае направление раскрытия эпоксидного кольца противоположно наблюдающемуся при механизме S_N2 : присоединение нуклеофила идёт по наиболее замещённому атому углерода этиленоксидного цикла [4].

В основном реакционная способность определяется доступностью эпоксидной группы и электронной структурой кислорода, входящего в ее состав. В реакциях идущих с боковым присоединением к концу цепи, стерические факторы играют важную роль. При этом большое значение имеет доступность, а не природа замещающих групп [1].

Замещение, идущее с присоединением электрона, повышает скорость реакции с отвердителями нуклеинового типа, такими как амины и неорганические соединения. Заместители, содержащие метиленовые и винильные группы, увеличивают реакционную способность до реакционной способности электрофильных отвердителей кислотного типа. Окись пропилена, обладает большей реакционной способностью по отношению к кислоте, чем глицидиловый эфир или эпихлоргидрин, в то время как обратное справедливо для отвердителей основного типа [1].

1.3.1 Гидролиз и добавление нуклеофилов

Два пути для гидролиза эпоксидной смолы изображены на рисунке 6.

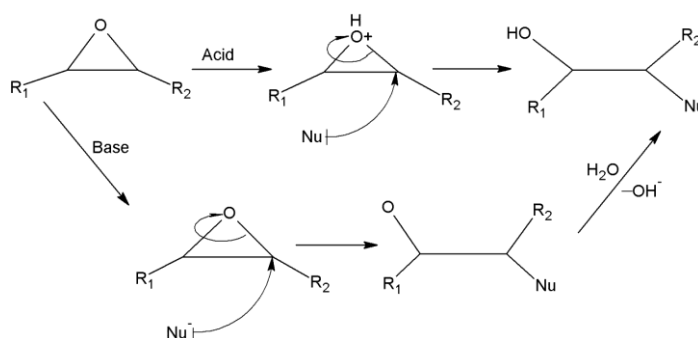


Рисунок 6 – Два пути гидролиза эпоксидной смолы

К эпоксидам добавляют спирты, воду, Амины, тиолы и многие другие реагенты. Эта реакция является основой двух коммерческих применений-образования эпоксидных клеев и

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

производства гликолей. В кислых условиях на нуклеофильную добавку влияют стерические эффекты, как это обычно наблюдается для реакций S_N2 , а также стабильность возникающей карбокатиона. Гидролиз эпоксида в присутствии кислотного катализатора приводит к образованию гликоля [1].

1.3.2 Полимеризация и олигомеризация

Полимеризация эпоксидов дает полиэферы. Например, окись этилена полимеризуют для того, чтобы дать гликоль полиэтилена, также известный как окись полиэтилена. Реакция спирта или фенола с оксидом этилена широко используется для получения поверхностно-активных веществ. Данная реакция представлена на рисунке 7. С ангидридами эпоксида дают полиэферы [1].

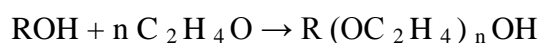


Рисунок 7 – Реакция спирта или фенола с оксидом этилена

1.3.3 Дезоксигенация

Эпоксида могут быть дезоксигенированы с использованием оксофильных реагентов. Эта реакция может продолжаться с потерей или сохранением конфигурации. Комбинация гексахлорида вольфрама и *n*-бутиллития дает алкен [1].

1.3.4 Отверждение эпоксидных смол

Благодаря высокой реакционной способности эпоксидных и гидроксильных групп эпоксидные смолы легко отверждаются. В качестве отвердителей используют мономерные, олигомерные, и полимерные соединения различных классов. По механизму поликонденсации эпоксидные смолы отверждаются первичными и вторичными ди- и полиаминами, многоосновными кислотами и их ангидридами, фенолформальдегидными смолами резольного и новолачного типов, многоатомными спиртами и фенолами, по механизму полимеризации – третичными аминами, аминифенолами и их солями, кислотами Льюиса и их комплексами с основаниями. Реакции поликонденсации и полимеризации протекают одновременно при отверждении эпоксидных смол дициандиамином [5].

Отверждение эпоксидных смол: в качестве отвердителей для эпоксидных смол применяются различные вещества: диамины (гексаметилендиамин, метафенилендиамин), карбоновые кислоты или их ангидриды (малеиновый, фталевый). Также используются отвердители на основе мета-ксилилендиамина или пара-ксилилендиамина и ненасыщенной карбоновой кислоте [6]. Отвердители эпоксидной смолы типа гибридизации нитрида кремния [7], диимидазолалкановый отвердитель [8], полисилазан [9], активный водородсодержащий отвердитель, имеющий фосфорную группу [10], латентный отвердитель [11], полиэтиленполиамин [12], дициклопентадиеновый отвердитель, бифенил-аралкилноволачный отвердитель [13].

Эпоксидные смолы в смеси с вышеуказанными отвердителями образуют термореактивные композиции, обладающие ценными свойствами: высокой адгезией к поверхности материала, на которой они отвердевают; высокими диэлектрическими свойствами; высокой механической прочностью; хорошей химической стойкостью и водостойкостью; при отвердевании не выделяют летучих продуктов и отличаются малой усадкой (2–2,5%). Высокие физико-технические свойства эпоксидных смол, отличающие их от многих остальных смол, определяются строением их молекулы, а главным образом —

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

наличием эпоксигруппы. Содержание эпоксигрупп в смоле является одной из важнейших характеристик эпоксидных смол, определяющей количество отвердителя, необходимого для отверждения смолы.

Для отверждения эпоксидных смол применяются соединения двух типов: кислые и аминные отвердители. К кислым отвердителям относятся различные дикарбоновые кислоты или их ангидриды (малеиновый ангидрид, фталевый ангидрид, метилтетрагидрофталевый ангидрид, эндикангидрид, додценилянтарный ангидрид). Для отверждения эпоксидных смол этими отвердителями требуется повышенная температура 100–200 °С, поэтому данный вид отвердителей называется отвердителями горячего отверждения. К аминным отвердителям относятся различные амины (полиэтиленполиамин, гексаметилендиамин, метафенилендиамин). Отверждение аминами в большинстве случаев происходит при нормальной температуре или небольшом нагреве (70–80 °С). Поэтому эта группа называется отвердителями холодного отверждения. Наиболее высокие физико-технические свойства композиции получаются при горячем отверждении [14].

По отношению к отвердителям кислотного типа реакционная способность эпоксидных групп входящих в ароматическое кольцо выше, по сравнению с реакционной способностью эпоксидных групп, входящих в алифатическую цепь. При использовании органических кислот и ангидридов в качестве отвердителей при наличии основания в качестве катализатора степень происходящей этерификации будет зависеть от природы эпоксидной группы. В случае смол на основе глицидилового эфира отверждение на 99 % происходит за счет реакции ангидрида с эпоксидной группой, в случае эпоксициклопексана или винилциклопексана на 75 - 80 % и в случае эпоксидных групп, расположенных внутри молекулы, как в случае эпоксистеаратов, на 60 - 65 % [1].

Таким образом, эпоксидные смолы могут быть переведены в термореактивное состояние под действием отвердителей кислотного или основного типов. Отвердители могут быть либо кислотами, либо основаниями Льюиса, либо могут содержать активный водород.

Как кислоты, так и основания Льюиса могут быть использованы в качестве ускорителей реакций, протекающих с участием активного водорода. В случае оснований Льюиса выделяющийся алкоксид (через промежуточный гидроксил) вступает в реакцию в следующей последовательности: ангидрид – карбоксил – фенол – спирт – эпоксидная группа. Такая же последовательность справедлива для реакций отверждения органическими кислотами и ангидридами, катализируемыми основаниями Льюиса. В системах, отверждаемых кислотами или ангидридами, без катализатора приведенная зависимость не является характерной. В этом случае наблюдаются реакции этерификации. При отверждении кислотами Льюиса реакция идет в основном по гидроксильным группам или присутствующим, или выделяющимся в ходе реакции [1].

Однако, далеко не все эпоксидные группы вступают в реакцию со всеми отвердителями, скорость протекающих реакций различна. Как правило, отвердитель основного типа вступает во взаимодействие с атомом углерода, расположенным на конце цепи, в то время как реакции, катализируемые кислотами, протекают за счет взаимодействия атома кислорода с ионами оксония. Таким образом, замещение, идущее с присоединением электрона, увеличивает положительный заряд атома углерода, расположенного на конце цепи, и уменьшает отрицательный заряд атома кислорода, и в результате чего имеет место реакции нуклеофильного типа, и наоборот, замещение с выделением электрона увеличивает отрицательный заряд на атоме кислорода и идет преимущественно с образованием иона оксония. Кроме того, доступность эпоксидной группы в случае присоединения к концу цепи имеет также большое значение при определении реакционной способности [1].

Реакции поликонденсации и ионной полимеризации протекают одновременно при отверждении эпоксициановой смолы дициандиамином. Эпоксициановые смолы способны отверждаться без подвода тепла (в том числе при температурах ниже 0 °С) в присутствии влаги и даже в воде.

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1.3.4.1 Отверждение по механизму поликонденсации

Для холодного отверждения эпоксициановой смолы в качестве отвердителей применяют алифатические полиамины. Степень отверждения при комнатной температуре не превышает 65 - 70 %. Для увеличения степени отверждения, улучшения и стабилизации свойств продуктов отверждения проводят термообработку при 60 - 120 °С в течение 2 - 12 часов.

Реакция смолы с алифатическими полиаминами экзотермична: в результате саморазогрева температура композиции (навеска 20 г, начальная температура 20 °С) может превысить 200 °С, что обычно приводит к деструкции полимера, возникновению больших напряжений (после охлаждения) и растрескиванию изделий. Поэтому отверждение чаще всего проводят в небольшой массе и тонких слоях для улучшения теплоотвода. К другим недостаткам алифатических полиаминов относят токсичность, сравнительно высокую хрупкость продуктов отверждения, необходимость строгого соблюдения точности дозирования.

Модификации этих отвердителей окисями этилена или пропилена, а также акрилонитрилом позволяет избежать многих недостатков, однако при этом у продуктов отверждения ухудшаются водостойкость и химическая стойкость, уменьшается теплостойкость.

Для холодного отверждения эпоксидных смол используются также олигоаминоамиды - продукты конденсации полиэтиленполиаминов с полимеризованными кислотами растительных масел. Такие отвердители менее токсичны, чем полиамины, их удобнее дозировать (50 - 100 % по отношению к массе эпоксидной смолы), при этом не требуется высокая точность дозирования, а получаемые полимеры более эластичны.

Для ускоренного отверждения эпоксидных смол при комнатной и более низких температурах (до минус 10 °С) отвердителями служат продукты конденсации полиэтиленполиаминов с фенолом и формальдегидом. Для получения сравнительно крупных отливок (массой до 5 - 10 кг) используют аминоэфиры - продукты модификации полиэтиленполиаминов эфирами метакриловой или акриловой кислоты.

Для горячего отверждения эпоксидных смол используют также ангидриды дикарбоновых кислот, например фталевый, метилтетрагидрофталевый, гексагидрофталевый, малеиновый, эндаметилтетрагидрофталевый, метилендииковый. Отверждение проводят при 120 - 180 °С в течение 12 - 24 часов обычно в присутствии 0,1 - 2 % катализатора отверждения, например диметилбензиламина, триэталонамина, диметиланилина или 2,4,6-трис (диметиламинометил) фенола. Соотношение ангидридных и эпоксидных групп близко к 1 при наличии катализатора и составляет около 0,8, если он отсутствует. Обычно же ангидрид берут в количестве 50 - 100 % от массы смолы. Продукты отверждения отличаются хорошими диэлектрическими свойствами, термо- и влагостойкостью. Композиции эпоксидных смол с ангидридными отвердителями используют главным образом для получения электроизоляционных компаундов, а также как связующие для армированных пластиков.

Для горячего отверждения эпоксидных смол (мол. масса больше 1000) применяют синтетические смолы - феноло-формальдегидные (резольные и новолачные), мочевино- и меламино-формальдегидные в количестве обычно 25 - 75 % от массы эпоксидной смолы; температура отверждения 150 - 210 °С, продолжительность от 10 минут до 12 часов. Отвердители этого типа используют главным образом в составе лакокрасочных материалов, клеев и связующих.

Для этих же назначений в качестве отвердителей эпоксидных смол применяют мономерные и олигомерные изоцианаты, содержащие не менее двух изоцианатных групп в молекуле, элементоорганические мономеры и олигомеры, содержащие алкоксигруппы (например, тетраэтоксисилан, полибутилтитанат). Продукты отверждения высокомолекулярных эпоксидных смол указанными отвердителями отличаются высокой адгезией к металлам, эластичностью в сочетании с твердостью и химической стойкостью [4].

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

1.3.4.2 Отверждение по механизму полимеризации

Из отвердителей этого типа наиболее широко используют триэтанолламин, триэтанолламинотитанат, 2,4,6-трис-(диметиламинометил)фенол и его соли с органическими одноосновными кислотами (олеиновой, 2-этилгексановой), 2-диэтиламиноэтанол, 2-этил-4-метилимидазол и другие кислоты Льюиса, особенно BF_3 , обычно используют в виде комплексов с аминами (с этиламином, анилином, бензиламином, пиперидином). Комплексы типа $\text{BF}_3 \cdot \text{NH}_2$ называют латентными отвердителями; их композиции с эпоксидными смолами стабильны в условиях хранения и быстро отверждаются при 120 - 160 °С. Композиции эпоксидных смол с полимеризационными отвердителями отличаются повышенной адгезией к металлам и стеклу [4].

1.3.4.3 Регулирование скорости и глубины отверждения

Для получения композиций, быстро отверждающихся в тонких слоях при сравнительно низких температурах, целесообразно использовать эпоксидиановые смолы повышенной реакционной способности (циануровая и резорцин) и отвердители следующих типов: комплексы BF_3 с гликолями, продукты конденсации алифатических полиаминов с фенолом и формальдегидом, а также вводить в композиции мономеры и олигомеры, содержащие группы OH , SH или COOH (резорцино-формальдегидные смолы, тиоколы, салициловая кислота и др.). Для увеличения глубины отверждения композиций, предназначенных для холодного отверждения, когда невозможна последующая термообработка, применяют эпоксидиановые смолы и отвердители с меньшей функциональностью, например, бифункциональные диановые эпоксидные смолы в сочетании с трехфункциональным амином (N-алкилпропилендиамином, N-алкилгексаметилендиамином и др.), а также вводят в композиции соединения (гликоль или диглицидилуретаны), которые, участвуя в образовании трехмерной сетки полимера, способствуют увеличению его молекулярной подвижности.

Для получения композиции, быстро отверждающихся при повышенных температурах (60 - 120 °С), целесообразно использовать эпоксидиановые смолы ароматических моноаминов, циануровых кислот в сочетании с ангидридами дикарбоновых кислот (фталевым, малеиновым) или высокоактивные эпоксидные смолы (резорцин) в сочетании с ароматическими полиаминами (например м-фенилендиамином).

Для получения композиций, стабильных при 15 – 25 °С и быстро отверждающихся при 120 - 200 °С, в качестве отвердителей используют дициандиамида, комплексы BF_3 с алифатическими аминами, ароматические диамины пониженной основности и ароматические диамины, содержащие заместители в орто-положении к NH_2 -группе (например, 4,4-диаминодифенилсульфон, 3,3-дихлор-4,4-диаминодифенилметан), гуанамины, дигидразиды дикарбоновых кислот, а также кансулированные отвердители и отвердители, нанесённые на цеолиты.

Если необходимо увеличить жизнеспособность композиции холодного отверждения (например, при пропитке или заливке изделий сложной формы), в состав композиции вводят соединения, содержащие протоноакцепторные группы, например сложные олигоэфир, диалкилфталаты.

Для уменьшения экзотермического эффекта при отверждении применяют смолы с наименьшим эпоксидным числом и отвердители с меньшей функциональностью (например, аминоксид), а также вводят соединения с протоноакцепторными группами. Для повышения температуры саморазогрева композиции используют высокоактивные эпоксидиановые смолы (циануровая кислота и резорцин) и отвердители типа комплексов BF_3 с гликолями [4].

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

1.3.4.4 Отверждение аминами

Способ отверждения эпоксидных смол с помощью полиаминов представляет особый интерес, так как путем их подбора удастся получить композиции, отверждающиеся как при нагревании, так и на холоде. Основной особенностью отверждаемых эпоксидных смол является образование неплавких и нерастворимых продуктов без выделения каких-либо летучих веществ. Продукты реакции представляют собой полиоксиамины. Отверждение протекает по схеме, представленной на рисунке 8.

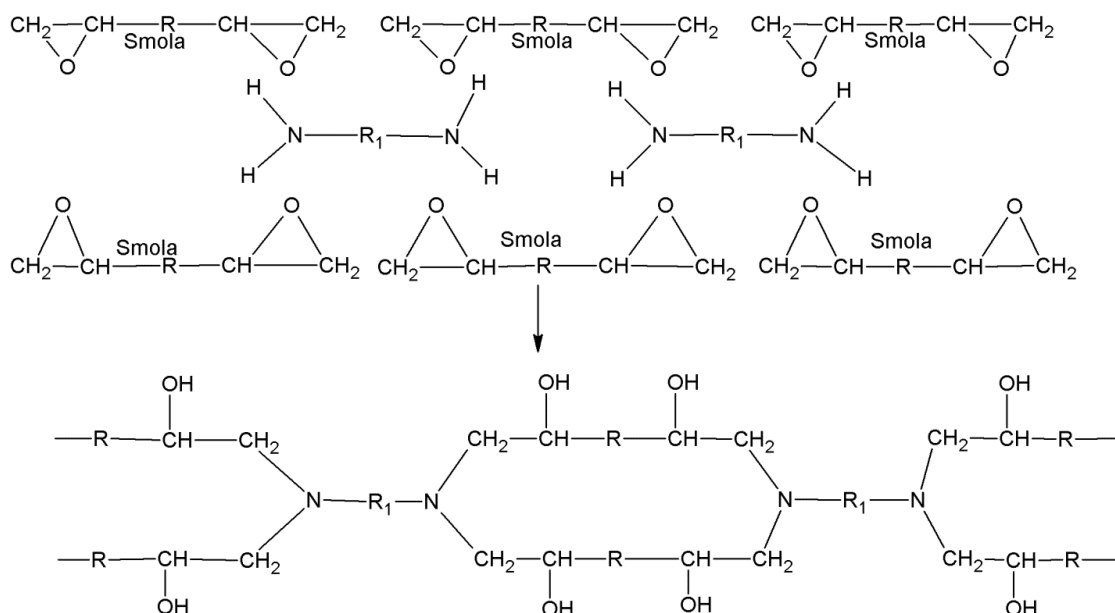


Рисунок 8 – Получение высокомолекулярного полиамина

Из различных полиаминов наиболее пригодны те, которые содержат не менее двух первичных аминогрупп. При применении их достигаются лучшие результаты в отношении твердости, химической стойкости и скорости отверждения. Вторичные диамины образуют только линейные цепи, а третичные амины пригодны как катализаторы отверждения лишь при нагревании, вызывая реакцию полимеризации по эпоксигруппам.

При отверждении на каждую эпоксидную группу должен приходиться один активный атом водорода. Это позволяет определить необходимое стехиометрическое количество полиамина (в %) путем умножения эпоксидного числа смолы на эквивалентный вес полиамина в расчете на один активный атом водорода.

Применяемый амин оказывает значительное влияние на реакцию отверждения эпоксидных смол и свойства конечного продукта. Уже испытано более 150 различных полиаминов в качестве отвердителей. Проведено особенно много исследований по отверждению эпоксидных смол лакового назначения. В таблице 2 приведены условия отверждения жидкой ароматической смолы с эпоксидным числом 0,5 и вязкостью 480 сек. различными полиаминами.

В качестве новых отвердителей эпоксидных смол пригодны аминоэтилпиперазин, содержащий в одной молекуле первичную, вторичную и третичную аминогруппы, и смесь гетероциклических полиаминов, состоящая на 60 - 65 % из аминоэтилпиперазина. Указанные амины придают отвержденным смолам повышенную стойкость к ударным нагрузкам.

Отверждение эпоксидных смол полиаминами может быть ускорено соединениями, содержащими гидроксильные группы. Вследствие того, что при отверждении наблюдается образование ОН-групп, этот процесс уже имеет автокаталитический характер. Но добавка

посторонних веществ позволяет уменьшить время гелеобразования и регулировать степень изотермичности реакции. Было доказано, что вода наиболее эффективно ускоряет отверждение, а кислоты, фенолы, спирты, амиды и сульфамиды также способствуют более быстрому отверждению. Максимальный эффект наблюдается в присутствии 5 - 10 % воды, но при содержании в смоле около 1 % воды наблюдается вспенивание массы. Исследованные вещества по каталитической активности при добавлении 5,6 % к смоле можно расположить в следующий ряд: вода - паратолуолсульфокислота - салициловая кислота - резорцин - муравьиная кислота - триэтаноламин - бензойная кислота - салициламид - молочная кислота - орта- и парааминофенолы - щавелевая кислота - уксусная кислота - фенол - масляная кислота - глицерин - ацетамид - диэтаноламин - метанол - маленная кислота - мочевины - салициловый ангидрид - нитрометан - фталевая кислота.

Ускоряющее действие добавок, видимо, связано со способностью этих веществ образовывать водородные связи с эпоксидным кислородом. Вещества, являющиеся донорами водорода ($-\text{OH}$, $-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{CONH}_2$, $-\text{CONHR}$, $-\text{SO}_2\text{NH}_2$, $-\text{SO}_2\text{NHR}$), ускоряют отверждение эпоксидных смол полиамидами.

Некоторые органические вещества заметно тормозят реакцию отверждения смол. К ним относятся кетоны (этилметилкетон), сложные эфиры (этилацетаты), ароматические углеводороды (ксилол, толуол), диоксан, диметилформамид, ацетонитрил, нитробензол. В ряде случаев этот эффект можно объяснить легкостью их испарения, что способствует отводу теплоты реакции [4].

1.3.4.5 Отверждение ангидридами

Изучение отверждения эпоксидных смол ангидридами производится многими исследователями. Кроме химических методов применяются методы спектроскопии. В настоящее время твердо установлено, что процесс отверждения определяется в основном двумя реакциями. Сначала ангидрид реагирует с OH -группой эпоксидной смолы; при этом раскрывается кольцо ангидрида и образуется карбоксильная группа (рисунок 9).

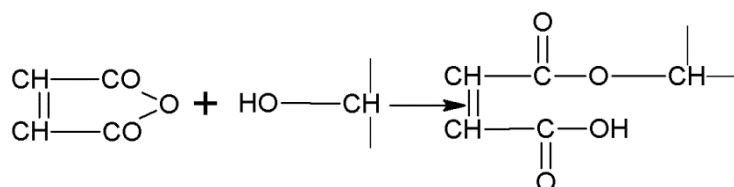


Рисунок 9 – Реакция ангидрида с OH -группой эпоксидной смолы

А затем карбоксильная группа разрывает эпоксидное кольцо другой молекулы смолы (рисунок 10).

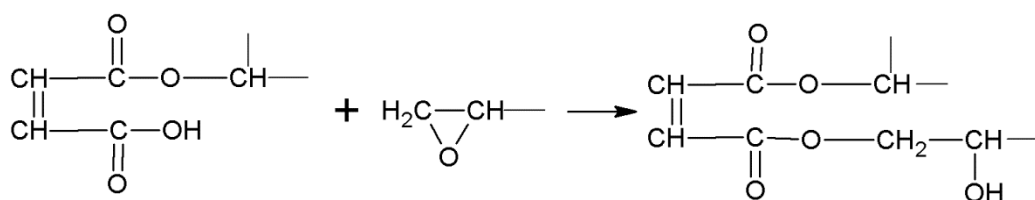


Рисунок 10 – Реакция разрыва эпоксидного кольца

Вновь образовавшаяся гидроксильная группа взаимодействует с молекулой ангидрида и т. д. В результате таких реакций образуется твердая смола трехмерной структуры.

Было определено, что смола «ЭД-5» при добавлении малеинового ангидрида до 35 % полностью отверждается при 100 °С за 60 часов, все эпоксидные группы и весь малеиновый ангидрид вступают в реакцию (по инфракрасным спектрам). При более низких температурах даже за 200 - 300 часов не наблюдается полного исчезновения эпоксидных групп и малеинового ангидрида.

Взаимодействие гидроксильной и эпоксидной групп смолы (рисунок 11) в пределах 50 - 100 °С не наблюдается, а протекает лишь при температурах, превышающих 100 °С.

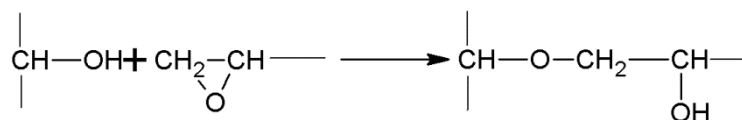


Рисунок 11 – Взаимодействие гидроксильной и эпоксидной групп смолы

Установлено, что эпоксидные группы смолы могут реагировать непосредственно с ангидридом с образованием полиэфиров по схеме, представленной на рисунке 12.

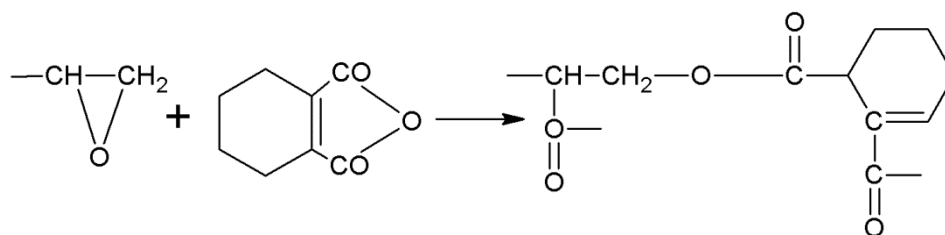


Рисунок 12 – Реакция эпоксидной группы с ангидридом

В присутствии третичного амина эпоксидные группы смолы реагируют с ангидридом уже при 70 - 100 °С. Указанная реакция лучше всего проходит с фталевым, гекса- и тетрагидрофталевым ангидридами. Малеиновый ангидрид в смеси с третичным амином темнеет, янтарный ангидрид реагирует медленно и также образует темные продукты.

В России наибольшее применение в качестве отвердителя нашли малеиновый и фталевый ангидриды. Фталевый ангидрид имеет высокую температуру плавления (130,8 °С), что затрудняет его смешение с эпоксидной смолой, а малеиновый ангидрид (Т пл. 53 °С) имеет сильную летучесть и токсичность. Поэтому в последнее время предложен метилтетрагидрофталевый ангидрид, легко получаемый из изопрена и малеинового ангидрида. Он плавится при 64 °С и обладает гораздо меньшей летучестью, чем малеиновый ангидрид. Свойства эпоксидных композиций, отвержденных метилтетрагидрофталевым ангидридом, являются хорошими.

Повышение теплостойкости отвержденных эпоксидных смол достигается применением в качестве отвердителя пиромеллитового ангидрида, представляющего собой белый кристаллический порошок с температурой плавления 286 °С. Строение данного ангидрида отражено на рисунке 13.

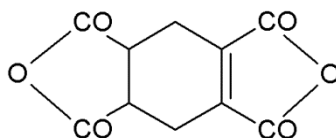


Рисунок 13 – Пиромеллитовый ангидрид

Введение пиромеллитового ангидрида в эпоксидную смолу может быть осуществлено тремя методами: растворением при повышенных температурах; добавлением в раствор ацетона; суспендированием в жидкой смоле при обычной температуре.

Вследствие высокой химической активности пиромеллитовый ангидрид лучше всего смешивать с другими ангидридами (малеиновым или фталевым) и в виде смесей различного состава применять в качестве отвердителей эпоксидных смол. Но чем выше содержание пиромеллитового ангидрида в смеси, тем выше теплостойкость отвержденной смолы.

Литые изделия из эпоксидных смол, отвержденные пиромеллитовым ангидридом, сохраняют свою форму при 290 °С, а стеклопластики мало теряют прочность после 500 час. выдержки при 260 °С.

Можно применять для отверждения эпоксидных смол продукт реакции пиромеллитового ангидрида и гликоля, растворимый в обычных органических растворителях (рисунок 14).

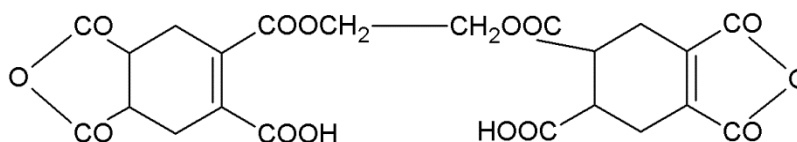


Рисунок 14 – Продукт реакции пиромеллитового ангидрида и гликоля

Указанный диангидрид придает клеям и стеклопластикам высокую теплостойкость, хорошие химические и диэлектрические свойства [4].

1.4 Химические и физические свойства эпоксидных соединений

Эпоксидные смолы характеризуются следующими положительными свойствами, способствующими их широкому применению:

- отверждаются без применения давления и во многих случаях при комнатной температуре;
- обладают хорошими литейными свойствами;
- усадка практически ничтожна (около 0,1%);
- в отвержденном виде обладают хорошей адгезией;
- хорошо смешиваются с различными наполнителями;
- отвержденные смолы обладают хорошими физико-механическими свойствами;
- износостойкость эпоксидных смол близка к износостойкости алюминиевых сплавов;
- высокая химическая стойкость;
- являются диэлектриками;
- отвержденные смолы нетоксичны;
- не смешанные с отвердителем смолы могут храниться несколько лет, не теряя своих свойств [15].

Эпоксидные смолы представляют собой жидкие, вязкие или твердые прозрачные термопластичные продукты от светлого до темно-коричневого цвета. Они легко растворяются в ароматических растворителях, сложных эфирах, ацетоне, но не образуют пленок, так как не твердеют в тонком слое (пленка остается термопластичной). Эпоксидные смолы по своему строению являются простыми полиэфирами, имеющими по концам эпоксигруппы, которые являются весьма реакционноспособными. При действии на эпоксидные смолы соединений, содержащих подвижный атом водорода, они способны отверждаться с образованием трехмерных неплавких и нерастворимых продуктов, обладающих высокими физико-техническими свойствами. Таким образом, термореактивными являются не сами эпоксидные смолы, а их смеси с отвердителями и катализаторами [14].

Физико-механические и диэлектрические свойства отвержденных эпоксидных смол могут изменяться в зависимости от введения в эпоксидную композицию дополнительно еще целого ряда компонентов (пластификаторов, наполнителей, разбавителей) [14].

Пластификаторы и модификаторы (дибутилфталат, тиокол, полиэфиры) повышают эластичность и ударную прочность, снижают вязкость, улучшают морозостойкость эпоксидных композиций, но одновременно с этим снижают теплостойкость, адгезионные свойства, влагостойкость, а главное, диэлектрические свойства.

Наполнители (кварцевый песок, маршалит, асбест) повышают твердость и теплостойкость композиции, уменьшают усадку при отверждении, увеличивают теплопроводность, уменьшают термический коэффициент расширения, а также снижают стоимость композиции [14].

Разбавители и растворители эпоксидных композиций — ненасыщенные мономерные соединения являются сами полимеризующимися веществами и, полимеризуясь при тех же условиях, вступают во взаимодействие с основной композицией, образуя как бы твердый раствор одного полимера в другом. В большинстве случаев наличие таких разбавителей («активных разбавителей») при составлении эпоксидных композиций вызывается крайней необходимостью (например, если без них невозможно получение низковязких текучих композиций с необходимыми технологическими свойствами). В некоторых случаях при изготовлении из эпоксидных композиций электроизоляционных лаков в композицию вводят обычные растворители (толуол, ксилол, этилцеллозоль, ацетон).

Кроме вышеупомянутых отвердителей кислотного и аминного типов, для отверждения эпоксидных смол применяются отвердители в виде различных синтетических смол. Наиболее интересными и имеющими широкое применение являются фенолоформальдегидные, полиэфирные, меламино- и мочевиноформальдегидные и полиамидные смолы. Отверждение эпоксидных смол фенолоформальдегидными полимерами происходит за счет гидроксильной группы $-OH$. Отверждение происходит при $150 - 160\text{ }^{\circ}C$. Полученная композиция (эпоксидно-бакелитовая или эпоксидно-фенольная) обладает очень высокими диэлектрическими, а особенно механическими свойствами, водостойкостью и нагревостойкостью [14].

Отверждение эпоксидных смол полиэфирами происходит благодаря наличию в молекулах полиэфира карбоксильной группы $-COOH$. Примером может служить отверждение эпоксидной смолы кислой полиэфирной смолой, получаемой в результате конденсации глицерина и адипиновой кислоты. Отверждение происходит при $120 - 150\text{ }^{\circ}C$. Полученная композиция обладает хорошей эластичностью, механическими и электрическими свойствами. Эпоксидно-полиэфирные композиции применяются для изготовления электроизоляционных эпоксидно-полиэфирных лаков и компаундов. Отверждение эпоксидных смол полиамидами происходит благодаря присутствию в молекуле полиамида активных групп NH_2 и NH . Отверждение композиций происходит при $20 - 100\text{ }^{\circ}C$. Эти композиции обладают хорошей эластичностью, имеют высокую ударную прочность, но невысокие диэлектрические свойства. Применяются для изготовления лаков, клеев, компаундов. Полисульфидные смолы (тиоколы) также применяются для отверждения эпоксидных смол. Полученные композиции обладают

										Лист
										17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

высокой эластичностью, ударной прочностью и хорошими диэлектрическими свойствами. Применяются для изготовления эластичных заливочных компаундов [14].

1.5 Области применения эпоксидных соединений

Эпоксидные смолы используются в очень широком спектре промышленных применений уже более полувека. Превосходные адгезионные свойства наряду с высокой механической прочностью и термической стабильностью являются основными достоинствами этого семейства конструкционных материалов. Однако, эпоксидные смолы страдают от присущей им хрупкости, которая потенциально может ограничить их применение. Среди различных подходов, которые были использованы для уменьшения этого недостатка, наиболее практиковалось их применение в резине [16].

По своему значению области применения эпоксидных смол можно расположить в следующем порядке [4]:

- лаки и краски;
- клеи на основе эпоксидных смол;
- заливочные и прессовочные смолы;
- слоистые материалы;
- стабилизаторы;
- другие области применения [4].

Эпоксидные соединения применяются:

- в качестве клеевой композиции, предназначенной для нанесения на диски сцепления [17];
- в судовом ремонтно-эксплуатационном покрытии с улучшенной переокрашиваемостью [18];
- для изготовления высокотемпературных формовочных смесей [19];
- для создания композиционных покрытий железобетонных конструкций [20];
- для изготовления стеклопластиковых труб и газоотводящих стволов [21];
- в ремонте и реставрации строительных деревянных конструкций [22];
- в изготовлении полимербетона [23];
- в производстве других смол, например, для производства винилэфирных смол [24];
- в изготовлении пресс-форм для литья ювелирных изделий [25];
- для создания композиций в качестве огнезащитного покрытия [26];
- для изготовления полимерных композиций на основе алкиловых эфиров жирных кислот [27];
- в композиции смолы для крепления ротора [28];
- для защиты текстильных материалов от воспламенения [29];
- для профилактики и лечения различных форм заболеваний [30], поражений кожи и ран [31].

1.6 Применение эпоксидных соединений в резинах

Достижение высокого уровня взаимодействия полимер-наполнитель и снижение энергозатрат, необходимых для диспергирования осажденного кремнезема в резиновой матрице, были основными мотивами, лежащими в основе недавнего интереса к процессам нанесения кремнеземистых покрытий. Простой, недорогой и экологически чистый способ заключается в прививке эпоксидированных жидких полибутадиенов на поверхность кремнезема. Полимер-привитые кремнеземы приложены, как усиливающие наполнители в типичных смесях протектора автошины автомобиля. На технологичность, кинетику отверждения и свойства вулканизатов большое влияние оказывают степень эпоксидирования, молярная масса и микроструктура эпоксидированных полибутадиенов. Таким образом, использование данной системы усиления для высокопроизводительных автомобильных шин,

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

для которых приоритетными должны быть характеристики безопасности, является перспективным [32].

Инфракрасные спектральные исследования показывают, что взаимодействие каучука с сажей приводит к образованию химических связей. Считается, что окисленная марка сажи образует сложноэфирные, а также фенольные связи эфирного типа, в то время как неокисленная марка образует в основном фенольные связи эфирного типа [33].

Известно применение эпоксицированных каучуков в качестве основы клеевых композиций [34].

Использование в резиновых смесях полиэпоксидов и эпоксидных смол в качестве вулканизирующих агентов. Реакции карбоксильных групп с гидроксильными протекают довольно медленно. Более эффективно протекают реакции карбоксилсодержащих соединений с эпоксисоединениями. Эпоксидные смолы являются более подходящими вулканизирующими агентами, чем простые полиэпоксиды, вследствие меньшей летучести и хорошего комплекса физико-механических свойств получаемых резин. Были использованы как алифатические, так и ароматические эпоксидные смолы, а также аминоксидные производные. Вулканизаты характеризуются повышенными прочностными свойствами. По комплексу свойств они близки к карбоксилатным каучукам, вулканизованным металлооксидно-серной системой. При увеличении содержания эпоксидной смолы до 40 - 80 масс. ч. Получаются высокопрочные вулканизаты и в отсутствие усиливающего наполнителя. Усиление эпоксидными смолами связано с образованием в объеме эластомера привитых частиц отвержденной эпоксидной смолы. После присоединения молекулы смолы по карбоксильной группе создаются условия для концентрирования в окружающем ее микрообъеме других, плохо растворяющихся в каучуке молекул эпоксидных смол с образованием частиц своеобразной эмульсии. Вулканизаты карбоксилсодержащих эластомеров с эпоксидными смолами не содержат слабых вулканизационных связей и поэтому наряду с хорошими прочностными свойствами отличаются высокой температуростойкостью и низким остаточным сжатием. Применение эпоксидных смол вместе с оксидами металлов является эффективным и позволяет получать вулканизаты с улучшенными механическими свойствами как при комнатной, так и при повышенной температуре. Весьма вероятно, что еще до начала вулканизации основная часть плохо смешивающейся с каучуком и относительно полярной эпоксидной смолы адсорбируется на полярной поверхности дисперсных частиц оксида металла, подобно тому как это имеет место при вулканизации оксидами и непредельными полярными соединениями. Отверждение эпоксидной смолы, особенно эффективное в комбинации с сильнощелочными оксидами магния и бария, приводит к формированию привитой отвержденной трехмерной пленки эпоксидной смолы, которая является полифункциональным вулканизирующим узлом у усиливающим наполнителем. Устойчивости, последнего способствует, очевидно, хемосорбционное взаимодействие пленки с поверхностью оксида в результате образования алкоколятов по реакции с гидроксильными группами смолы. Таким образом, усиление обусловлено формированием трехмерной прочной пленки, привитой к эластомеру и достаточно прочно связанной с поверхностью дисперсных частиц гетерогенной фазы [35].

Вулканизаты очень стойки по отношению к воде и многим химическим веществам. Эпоксидные смолы применяются обычно в сочетании дибензтиазилдисульфидом, тетраметилтиурамдисульфидом и ди-о-толилгуанидином [36].

Известно, что эпоксидные соединения могут использоваться в качестве пластификаторов [4], а также в консервации камней [37].

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

1.7 Модификаторы резиновых смесей и вулканизаторов

Модификаторы - это большая группа ингредиентов, основное назначение которых заключается в изменении тех или иных свойств резиновых смесей и вулканизаторов в желательном направлении. Иногда это бывает одно свойство, но чаще всего при введении модификатора меняется несколько показателей. Такие "комплексные" по действию модификаторы особенно привлекательны для шинной промышленности, так как позволяют решить одновременно несколько проблем. Рассмотрим в данном разделе по подразделам группы новых модификаторов, изменяющих близкие по назначению свойства. Начнем с модификаторов влияющих в основном на технологические свойства шинных смесей [38].

1.8 Модификаторы для улучшения технологических свойств резиновых смесей

В шинной промышленности существует много проблем чисто технологического характера. При изготовлении шинных смесей, требующих введения технического углерода до 50 и более массовых частей, первая стадия резиносмещения требует больших энергозатрат для более или менее удовлетворительного распределения ингредиентов маточных смесей. Температура маточной смеси в конце 5 - 6 минутного цикла в некоторых случаях может достигать до 160 °С, поэтому перед второй стадией резиносмещения маточную смесь приходится охлаждать, предварительно ее гранулируя или листуя. Все это сильно удлиняет общий период приготовления готовой смеси, а главное, значительно ее удорожает. По этой причине поиск модификаторов, которые улучшают, ускоряют диспергирование ингредиентов в резиновой смеси и снижают ее разогрев, становится одной из главных задач современного рецептуростроения. Наличие высокоэффективных диспергаторов позволило бы российским шинникам готовить высококачественные резиновые смеси в две стадии, а не в три и более, как это уже становится традицией за рубежом.

Другие технологические проблемы возникают при шприцевании и каландровании шинных полуфабрикатов. Резиновая смесь при приложении к ней сдвигающих напряжений испытывает не только необратимую пластическую деформацию, но, и частично, из-за наличия каучуковой матрицы, высокоэластическую. После снятия напряжений на выходе из головки шприц- машины и зазора между валками каландра во времени начинаются процессы релаксации высокоэластической деформации, приводящие к искажению формы заготовок. Еще одна проблема, связанная с высокоэластической деформацией, возникает при больших скоростях переработки резиновых смесей в полуфабрикаты. Ламинарное течение переработки резиновой смеси на выходе заменяется неустановившимся турбулентным, что резко ухудшает качество заготовок, оцениваемое в баллах. Частично или полностью снять проблемы, связанные с усадкой и возникновением эластической турбулентности, можно подобрав модификатор смеси. Такой модификатор позволит интенсифицировать технологические процессы.

Покрышка является сложным композиционным изделием. Многие детали покрышки (в том числе и камера шины) имеют большое соотношение между своей длиной и толщиной. Поэтому в шинной промышленности большое значение имеют такие показатели смеси как их когезионная прочность, каркасность и клейкость. Во многом эти показатели зависят от вводимых модификаторов.

Фирма «Счил» (Великобритания) на выставке в Манчестере представила технологическую добавку «Структол EF55», обеспечивающую улучшение шприцевания резиновых смесей, особенно с высокоактивными наполнителями.

В том же журнале несколько ранее прошло сообщение о том, что фирма «Интернейшнл техникэл полимер система» производит неорганические полимерные

									Лист
									20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

нетоксичные экологически чистые, теплостойкие модификаторы «Интэк», заменяющие в резиновой смеси 4-5 ингредиентов с лучшими результатами. По данным фирмы «Акрон» при введении «Интэк» улучшались показатели скорости экструзии, течения, времени смешения, каркасности, снижалась доля натурального каучука в смесях. «Интэк» способствует сохранению размеров заготовок после шприцевания, снижает усадку смесей после шприцевания, а также увеличивает скорость экструзии. Особенно важно, что эти модификаторы ингибируют образование нитрозоаминов.

Фирма «Гудьир» применила в качестве технологической добавки в резиновых смесях на основе натурального каучука и диеновых каучуков моноэфир канифолевой кислоты в сочетании с донором метиленовых групп. При введении в резиновую смесь моноэфира канифолевой кислоты можно полностью или частично исключить из ее состава технологическое масло. Вулканизаты резиновых смесей с предложенной добавкой имеют улучшенные показатели модулей упругости и сопротивления раздиру.

Фирма «Бриджстоун» сообщила, что улучшения технологических свойств резиновых смесей и повышенную износостойкость вулканизатов можно добиться, вводя в наполненные техническим углеродом смеси ненасыщенные органические кислоты, содержащие не менее двух двойных связей в молекуле и фиксированную долю сопряженных двойных связей. Та же фирма «Бриджстоун» применила кумароновую смолу для снижения усадки профилированных деталей из резиновых смесей на основе галоидированного бутилкаучука. Введение кумароновой смолы не приводит к снижению показателей воздухопроницаемости и динамических свойств вулканизатов.

В номере отраслевого журнала «Сырье и материалы для резиновой промышленности» прошла презентация разработчика и поставщика масел-мягчителей, церезино-восковых продуктов и смоляных агентов на основе отечественного сырья. Им же разработан парафино-нафтенный масло-пластификатор с улучшенными высокотемпературными и экологическими свойствами. Для производств ездовых камер из бутилкаучука и боковин шин различного назначения предлагается масло-мягчитель «Светопласт» с высокой цветостабильностью и температурой вспышки больше 200 °С [38].

1.9 Модификаторы, повышающие упруго-прочностные свойства шинных резин

Современное автомобилестроение выпускает все более мощные и высокоскоростные автомобили. Обычные скорости на автострадах Западной Европы составляют 150 - 170 км/час, на дорогах Германии скоростные ограничения вообще сняты. В этой связи на первый план в шинной промышленности выходят проблемы создания высокоскоростных шин, обладающих повышенными упруго-прочностными свойствами, пониженными внутренними и внешними потерями на качение, отличными сцепными свойствами с различными дорожными покрытиями и большой износостойкостью. Ясно, что решающий вклад в уровень этих показателей будет вносить химическая и физико-химическая структура каучука (каучуков) основных резиновых деталей покрышки: протектора, брекера, каркаса и боковины.

Фирма «Байер» получила два однотипных патента на серо- и кремнийсодержащие добавки, повышающие упруго-прочностные свойства протекторных резин. Добавки вводят в резиновые смеси в количестве 0,1 - 15 %. Шины, изготовленные с применением таких резин, имеют пониженное сопротивление качению, улучшенное сцепление с влажным дорожным покрытием и повышенную износостойкость.

Украинские исследователи для снижения гистерезисных потерь, при сохранении сопротивления раздиру, предлагают использовать винилалоксисилоксаны - тоже кремнийорганические соединения. Модификатор вводится в протекторную смесь крупно- и сверхкрупногабаритной шины в количестве 1,0 - 5,0 массовой части.

									Лист
									21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Сейчас уже стало совершенно очевидно, что введение би-функциональных силанов в шинные резины приводит к улучшению целого комплекса их свойств. Основными направлениями работ в этой области должны быть:

- разработка и организация производства бифункциональных силанов;
- разработка и организация производства белой сажи, модифицированной бифункциональными силанами;
- разработка и освоение производства шин с использованием белой сажи и бифункциональных силанов;
- разработка и организация производства бифункциональных модификаторов взаимодействия технического углерода с каучуком.

Отечественные ученые получили диспактолы – многофункциональные модификаторы. Применение их в рецептуре резиновых смесей снижает энергозатраты на смешение, улучшает шприцуемость резиновых смесей, позволяет уменьшить дозировку оксида цинка, а также уменьшает содержание или полностью исключает стеариновую кислоту и термопластичные пластификаторы. Резины с диспактолами имеют улучшенные динамические характеристики, пониженные гистерезисные потери и повышенную износостойкость.

Снижение гистерезисных потерь можно добиться и введением цианаминов. В США запатентован ряд разработок, основной целью которых является улучшение сцепления шин с дорожным, особенно влажным покрытием.

Не обошла проблему улучшения упруго-прочностных свойств шин и ведущий производитель шин в мире и США - фирма «Гудьир». Для снижения сопротивления качению пневматических грузовых шин, повышения сопротивления проскальзыванию и износостойкости резиновая смесь содержит тройной сополимер изопрена, бутадиена и стирола.

Фирма «Гудьир» запатентовала модификатор, который повышает взаимодействие белой сажи с каучуком.

В патенте фирмы «Бриджстоун» предложен способ модифицирования резиновой смеси, содержащей оксид фуразана, а также соль переходного металла и органической карбоновой кислоты с целью устранения запаха и улучшения физико-механических свойств вулканизатов, в частности, снижения сопротивления качению шин.

Применение смолы в резинах для обкладки металлокорда позволяет уменьшить использование дефицитных кобальтовых солей жирных кислот и полимерной серы. При этом повышается стабильность прочности связи резина-металлокорд в условиях влажного и солевого старения. В резинах бортового жесткого наполнительного шнура для легковых радиальных шин с металлокордом в брекере алкилфенолэпоксидированной смолы обеспечивает твердость 89 - 93 единицы по Шору А при высокой усталостной выносливости в разных режимах нагружения. При использовании алкилфенолэпоксидированной смолы для повышения твердости и адгезионной прочности резин необходимо вводить донор аминотиленовых групп. Алкилфенолы на основе сланцевого сырья, которые явились исходным сырьем для получения алкилфенолэпоксидированной смолы, могут быть с успехом использованы для получения и других доступных и дешевых модификаторов многофункционального действия и, в первую очередь, для улучшения упруго-прочностных свойств шинных резин. Такие модификаторы получают путем конденсации серой алкилфенолов на основе сланцевого сырья. В зависимости от степени конденсации можно получить продукты с разным содержанием серы. Выяснилось, что тиарезы могут с успехом заменить дорогостоящий и дефицитный резорцин в брекерных резинах на основе резиновых смесей с модифицирующей системой Н – R – Н [38].

1.10 Модификаторы шинных резин для увеличения их стойкости к тепловому старению

Не всегда удается снизить теплообразование в шине в ходе циклических деформаций за счет оптимизации ее конструкции, поэтому необходимо повысить стойкость резин, из которых она получена, к тепловому и прочим видам старения. Подавляющее число публикаций и изобретений в этом направлении сделано отечественными учеными.

Для повышения морозостойкости, твердости и снижения накопления относительной остаточной деформации сжатия после теплового старения при сохранении уровня относительного удлинения резин в резиновую смесь с сульфенамидным ускорителем (сульфенамид Ц) и стеариновой кислотой дополнительно вводят алкилфенолформальдегидную резольную серу содержащую смолу в количестве 5 - 7 частей.

Не ухудшить, а даже несколько улучшить динамические свойства резины на основе ненасыщенного неполярного каучука можно, вводя дикалиевую соль олигоуретанбисмочевино-уксусной кислоты с молекулярной массой 2710 и дополнительно стеариново-кислый натрий в суммарном количестве 2,0 - 10,0 массовых частей.

Украинские ученые внесли свой вклад в поиск модификаторов, повышающих стойкость шинных резин к тепловому старению. Даниленко Т.В. и другими показано, что применение полихлорметилсилоксановых олигомеров в составе резиновых смесей позволяет существенно повысить стойкость вулканизатов к тепловому старению, их динамические и адгезионные характеристики. Благодаря использованию данных продуктов в составе композиций для обработки поверхности металлокорда возрастает адгезия в зоне контакта резина-латунь как при нормальных условиях, так и после различных видов старения. При введении полихлорметилсилоксановых олигомеров в протекторные и бреккерные резиновые смеси существенно возрастают сопротивление резин многократному растяжению, сопротивление тепловому старению на 20 - 25 %, а динамическая прочность связи в зоне контакта протектор-бреккер возрастает в 1,5 - 1,6 раза.

Известно использование триазиновых соединений в качестве промоторов адгезии. Японские авторы нашли новые производные триазина, повышающие теплостойкость при сохранении высокого модуля протекторных резин для шин спортивных автомобилей [38].

1.11 Модификаторы для улучшения динамических свойств шинных резин

Ученые научно - исследовательского института шинной промышленности предложили использовать окисированные олигомеры пиперилена в качестве модификатора, повышающего динамические свойства резины при нормальных и повышенных температурах и ее износостойкость. Окисированный олигомер включает два или три металла в количестве 0,4 - 1,7 масс. %, выбранные из группы: Mg, Al, Ca, Mn, Co, Ni, Si, Zn, Sn, Pb, с кислотным числом 8 - 10 мг КОН/г и молекулярной массой 1300 - 1350.

На ОАО «Нижекамскнефтехим» пиперилен образуется как побочный продукт синтеза изопрена и, наверное, его более выгодно использовать для получения вышеописанного модификатора, нежели делать из него низкомолекулярный олигопипериленовый каучук в качестве заменителя растительных масел в производстве олиф и масляных красок.

В данном разделе необходимо еще раз упомянуть о ранее упоминавшемся модификаторе типа диспактол. Диспактол - это модификатор многофункционального действия, в том числе и повышающий динамические характеристики резин.

В японской заявке предложен специализированный модификатор для получения резин с высокими динамическими свойствами.

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

В другой японской заявке также рекомендуется вводить азотсодержащий модификатор - производные меламина в сочетании с новолачной фенольной смолой в соотношении (1- 3):4. Это приводит к повышению динамического модуля, эластичности брекерной резины без снижения прочности связи с органическим волокном.

Несколько экзотическим является модификатор, предлагаемый петербургскими учеными. Для повышения динамической выносливости и сопротивления раздиру резиновая смесь дополнительно содержит эпоксидноноволачный блоколигомер с содержанием эпоксидных групп 8 - 9,5 % массы [38].

1.12 Модификаторы многофункционального действия

В этой области долго и плодотворно работает группа украинских исследователей из Украинского химико-технологического университета (г. Днепропетровск). Часть работ этих авторов была обсуждена ранее при рассмотрении других вопросов. Общим для всех этих работ является стремление использовать олигомеры с активными функциональными группами.

В 1996 году в научном журнале «Каучук и резина» вышел обзор Онищенко З.В. и Кутяниной В.С., в котором приведены основные принципы структурно-химической модификации эластомеров соединениями, обладающими полифункциональным действием в резинах (олигомеры с эпоксидными, метилольными, гидроксильными и аминогруппами).

Олигомерные алифатические гуанидинсодержащие полиамины - метацид и полигексаметиленгуанидин - в брекерных резинах повышают комплекс упругопрочностных свойств, особенно после теплового старения, и адгезионные характеристики.

Разные авторы у одного и того же модификатора помимо общих эффектов модифицирования открывают и новые. Так произошло с вышеуказанными полиаминами и полигуанидинами, аналогичная картина наблюдается с терпеномалеиновой смолой (ТМС).

В работе указывается, что ТМС является отличной технологической добавкой в серийных рецептурах шинных резин. Замена ТМС канифоли поднимает конфекционные свойства полуфабрикатов, увеличивает время скорчинга при одновременном уменьшении времени достижения оптимума вулканизации. В авторском свидетельстве также отмечается улучшение технологических свойств резиновой смеси при введении ТМС: улучшение пластичности, повышение когезионной прочности. Кроме того, у вулканизатов отмечается рост условной прочности при растяжении, эластичности по отскоку, усталостной выносливости при многократном растяжении и уменьшение истираемости при сохранении относительного удлинения при разрыве, твердости и сопротивления раздиру. [38].

1.13 Модификаторы для повышения адгезии в системе резина-корд

Применение олигомерных малеимидов в составе резиновой смеси позволяет повысить прочность связи резин с текстильным кордом (полиамид, полиэфир) и металлокордом.

Продолжаются работы по модифицирующим системам, в которых при вулканизации идет отверждение фенольной новолачной смолы. Так, для улучшения физико-механических свойств резин и увеличения их адгезии к шинному корду (текстильному, металлокорду, стеклокорду) резиновая смесь включает натуральный каучук, стирольный каучук или их смесь; донор метилена (I), выделяющий при нагревании формальдегид (II) (гексаметилентетрамин, метилоламин или его простые и сложные эфиры); акцептор I - фенольную новолачную смолу. В патенте приводится в качестве примера опытная рецептура резиновой смеси. По сравнению с контрольной резиной модуль при 200 %-ном удлинении вырос на 1,7 - 10%; условная прочность при растяжении на 7 - 9 %; адгезия к латунированному

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

металлокорду после старения в паре выше контрольной на 13 - 16 %; а во влажной среде (влажность 95 %, 21 день при 85 °С) на 8 - 10 %; динамическая выносливость выросла на 12 - 26 %.

Модификация новолачной смолы для увеличения адгезии предусматривается и в ранее рассмотренном патенте. В нем модифицированный новолак получают одновременной реакцией многоатомного фенола с альдегидом и ненасыщенным углеводородом в присутствии кислого катализатора при повышенной температуре.

В ряде работ предлагается заменить хорошо известный модификатор «РУ» на более эффективные системы. В журнале «Каучук и резина» за 1992 год было сообщено о разработке технологии получения нового адгезионноактивного комплексного модификатора «АРМ» с применением отечественного олигомерного сырья. «АРМ» предназначен для повышения адгезии обкладочных резин к текстильному и латунированному металлокорду, особенно при воздействии высоких температур и коррозионной среды. Технология получения «АРМ» экологически чистая, так как отсутствуют сточные воды. Выход продукта составляет 99 %. На АО «Днепрошина» были опробованы бреккерные и каркасные смеси грузовых радиальных покрышек, в которые вместо «РУ» вводили 2 части «АРМ».

Другой заменитель модификатора «РУ» представляет собой продукт алкенилирования сланцевых двухатомных фенолов пипериленом с последующим добавлением уротропина (смола – «АП»). Эффективность смолы «АП» проявляется при использовании в комбинации с гексахлорпаракиололом в соотношении 1,0-2,0:0,5.

На Кировском шинном заводе прошло два крупномасштабных испытания смолы «АП» в 1987 и 1990 году в обкладочных смесях для текстильного и металлокорда. Выяснилось, что по физико-механическим свойствам опытные смеси близки к серийным с модификатором «РУ». Эксплуатационные испытания показали одинаковый уровень пробега опытных и серийных автопокрышек. По токсикологическим и экономическим показателям новая модифицирующая система предпочтительнее старой на основе «РУ».

Органосилоксановые олигомеры, полученные учеными Украины, позволяют сократить содержание в смеси «РУ-1» и нафтената кобальта, но при этом прочность связи резина-корд возрастает как в нормальных условиях, так и после различных видов старения.

Различные производные меламица, гуанамина и т.п. использованы в американском патенте для увеличения адгезии резин к анидному, полиэфирному и металлокорду. Помимо этого, еще улучшаются прочностные и гистерезисные свойства резин. Резиновые смеси не содержат резорцина. В состав смесей входят соединения металлов, например, оксид цинка и/или соли кобальта. Были использованы следующие модификаторы: оксиметилированные и алоксиметилированные соединения меламина, ацетогуанамина, бензогуанамина, циклогексилгуанамина, гликольурилы или их олигомеров.

На Бакинском шинном заводе для повышения клейкости резиновой смеси, улучшения прочности крепления вулканизатов к латуни и их стойкости к тепловому старению в резиновую смесь вводят в качестве адгезионной добавки продукт каталитической деструкции этиленпропиленового сополимера с молекулярной массой 700 - 2000 (вводят 0,5 - 5,0 массовых частей) [38].

1.14 Основы модификации резин с целью улучшения их долговечности

Своеобразные теоретические основы улучшения долговечности резин дала в своей большой статье Онищенко З.В., долгое время работающая в области модификации эластомерных материалов. В работе обобщены обширные физико-химические исследования автора по исследованию модификаторов, которые способны улучшать структурную упорядоченность эластомерной композиции и, кроме того, взаимодействовать с полярными группами каучуков, образующимися при окислительном или механическом разрушении

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

каучуков, в частности, синтетические смолы с различными функциональными группами (гидрокси-, эпокси-, аминогруппами), полиорганосилоксаны.

Возможность взаимодействия неполярных шинных каучуков с модификаторами, содержащими эпокси-, амино- и гидроксигруппы, обусловлена появлением в их составе кислородсодержащих групп, появившихся в процессе пластикации каучуков, их окисления в процессе изготовления резиновых смесей и эксплуатации резин.

Очень важно, что олигомеры с указанными функциональными группами могут реагировать с перекисными радикалами, образующимися при окислении каучуков, тем самым выполняя функции антиоксидантов резин.

Органосилоксаны легко переходят в катионрадикальное состояние (энергия активации 10,6 кДж/ моль) и в процессе эксплуатации проявляют стабилизирующее действие, вступая во взаимодействие с радикалами, образовавшимися в ходе термического, светового и других видов старения [38].

1.15 Перспективные наполнители шинных резин

Кремнеземы известны давно, но они не находили широкого применения в шинных резинах, потому что не было известно, что усиливающее действие их проявляется в полной мере только в присутствии бифункциональных силанов.

Более пристальное внимание кремнеземы в шинных резинах привлекли к себе при разработке адгезионной системы Н – R – Н, когда выяснилось, что для наиболее полного проявления модифицирующего эффекта модификатором «РУ» в резиновую смесь необходимо добавлять кремнекислоту в количестве 5 - 10 массовых частей на 100 массовых частей каучука.

В настоящее время кремнеземы в качестве наполнителей шинных резин стали актуальны по нескольким причинам. Первая причина связана с разработкой так называемых «зеленых» шин, технология изготовления и эксплуатация которых связана с наименьшими технологическими потерями. Вторая причина заключается в том, что стоимость белых саж, в связи с развитием технологии их изготовления, приближается к стоимости техуглеродов. Третья причина, и, наверное, самая главная, заключается в том, что использование в рецептуре шинных резин кремнеземов совместно с бифункциональными силанами приводит к улучшению ряда очень важных эксплуатационных характеристик шин, особенно высокоскоростных.

Чтобы понять это, рассмотрим данный вопрос несколько подробнее. Начнем с того, что силы, действующие против движения автомобиля, включают в себя аэродинамическое торможение (65 %), внутреннее трение (15 %) и сопротивление качению шины (20 %). Сопротивление качению складывается из аэродинамического торможения шины против корпуса автомобиля, потери от скольжения в зоне контакта и гистерезисных потерь в результате деформации шины. Следовательно, подбирая состав шинных смесей, можно минимизировать скольжение и гистерезис, что приведет к уменьшению сопротивления качению шины, а значит к снижению расхода топлива. Самое большое влияние на сопротивление качению оказывает протектор шины (75 %), меньшее - боковина (10 %) и плечевая зона (10 %), и самое маленькое - борт (5 %). Таким образом, основное внимание к себе должна привлекать рецептура протекторной резины. Очень важно при этом снижать сопротивление качению без ухудшения сопротивления скольжению и истираемости протектора.

Основной вывод данного раздела сводится к необходимости увеличения доли винильных звеньев в каучуках общего назначения, в том числе и бутадиестирольных. Другой путь изменения в лучшую сторону эксплуатационных характеристик шин заключается в применении активных наполнителей, таких как техуглерод и кремнезем. Здесь могут быть не

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

только качественные, но и количественные изменения. Самое главное, необходимо найти такую рецептуру, при которой наблюдается наилучшее соотношение между сопротивлением качению и сцеплением с мокрой дорогой, так как между этими показателями существует обратная связь. Необходимая эластичность при повышенных температурах может быть достигнута подбором наполнителей и их дозировкой.

Другими словами, введение техуглерода с одной стороны увеличивает сопротивление качению, но с другой повышает сцепление с мокрой дорогой. За рубежом сейчас получены техуглероды с очень высокой поверхностной активностью и очень высокой структурностью. Данные сажи придают резинам хорошую износостойкость, пониженное сопротивление качению и удовлетворительную активность. При удачном подборе каучуковой компоненты получаются шины очень высокого качества.

Резины с кремнеземом обладают более низким сопротивлением качению, увеличенным сцеплением со льдом и мокрой дорогой, но при этом несколько уступают по показателю сопротивления истиранию

Эксплуатационные характеристики шины меняются в зависимости от скорости движения автомобиля и от величины амплитуды ее деформации.

Эксперименты с протекторными резинами на основе разных марок растворного бутадиен-стирольного каучука показали, что резины, наполненные кремнеземом, показывают лучшее сохранение износостойкости при более высокой эластичности и сопротивлении скольжению по мокрой дороге, нежели аналогичные резины, но с техуглеродом.

Ведущие производители шин переходят на изготовление протекторов с увеличенным содержанием натурального каучука, полибутадиена и растворного бутадиен-стирольного каучука плюс бутадиеновый каучук с высоким содержанием 1,2-звеньев. В этой связи важным становится вопрос о влиянии химической структуры растворного бутадиен-стирольного каучука на эксплуатационные параметры шины.

Использование кремнеземов в шинах не только улучшает их эксплуатационные свойства, но и позволяет продвинуться вперед в области создания так называемых «зеленых» шин. Основные требования к «зеленым» шинам следующие: технология их изготовления должна сопровождаться уменьшением энергетических и экологических затрат; шины должны уменьшать расход топлива; эти шины должны увеличивать безопасность и комфортабельность езды; шины должны быть способны к многократному восстановлению. В смысле экологических затрат использование кремнезема с бифункциональным агентом весьма выгодно, так как это предполагает исключение из шинных резин обычных углеродных наполнителей, изготавливаемых из дорогого и невозполняемого нефтяного сырья и имеющих ряд неблагоприятных экологических характеристик.

Возникновение статического электричества, вызванного применением кремнекислоты в качестве наполнителя в протекторе «зеленых» шин, является нежелательным явлением, которое не может замедлить темпы роста потребления кремнезема. Сейчас уже известен ряд антистатических добавок, которые могут снять данную проблему. Эти материалы представляют собой комбинации, например, amino- и сульфонилицирконатов.

Хорошие технологические свойства придают смесям с кремнеземом два ароматических цинковых мыла фирмы «Шилл и Зейлахер» («Структол Активатор А73» и «Структол VP1215»), алифатическое калиево-цинковое мыло («Структол EF44») и смесь алифатических цинковых мыл и эфиров жирной кислоты («Структол GT»).

Основные технологические трудности, возникающие при использовании кремнезема, это: плохое или неустойчивое диспергирование наполнителя, высокая вязкость смеси, низкое качество экструдата, чрезмерно высокая температура экструзии.

Самое большое снижение энергозатрат наблюдалось при использовании «Структола GT»; вязкость по Муни в случае трех добавок «GT», «EF44» и «A73» снижалась как в свежеприготовленной смеси, так и после 7 дневной ее вылежки. Наибольший эффект по замедлению подвулканизации оказывает «Структол А73», а по снижению давления в экструдере «Структол EF44». «Структол А73» обеспечивает самое высокое сохранение модуля

									Лист
									27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

после теплового старения в течении 7 суток при температуре 70 °С. Все технологические добавки улучшают прочность на раздир, в том числе и после старения. Наибольший эффект на данный показатель оказывает «Структол EF44».

Естественно, что наряду с наращиванием производства кремнекислоты идет рост производства органосиланов (бифункциональных силанов для сшивания макромолекул с кремне-кислотами). Так, в Антверпене в 1996 году открылся новый завод по производству органосиланов немецкой фирмы «Дегусса» марки «Si69» (бис-триэтоксидилпропилтетрасульфид). Общее производство «Si69» в мире достигло 12 000 тонн в год. Американская фирма «Osi» также расширила ассортимент своей продукции и производственные мощности с учетом потребностей шинной промышленности. Органосиланы этой фирмы имеют марки «Силквест», «Силксет А-12892». Новые мощности были пущены в г. Термоли (Италия) в 1997 году [38].

1.16 Заключение по литературному обзору

Анализ научно – исследовательской литературы показал, что существуют различные виды модификаторов, применяемых в производстве резинотехнических изделий. Одним из перспективных направлений развития шинного производства является применение эпоксидных соединений, значительно меняющих свойства и характеристики получаемых продуктов. Высокие эксплуатационные характеристики, например, химическая стойкость, и уникальность сочетания различных полезных и, зачастую необходимых свойств, во многих случаях делают применение эпоксидных соединений и композитов рентабельным.

Новизной данной работы является исследование высоких дозировок эпоксидного соединения в составе резин.

Для этого следует решить следующие задачи:

- разработать и изготовить резины на основе каучуков общего назначения с использованием эпоксидных соединений;
- изучить физические характеристики (кинетика вулканизации, упруго-прочностные свойства, набухание в толуоле, в Лапроксиде ТМП) полученных образцов;
- проанализировать полученные результаты.

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

2 Объекты и методы исследования

Объектами исследования были резиновые смеси на основе каучуков общего назначения, содержащие следующие ингредиенты:

- каучук НК SIR 20 по техническим требованиям производителя;
- каучук ДССК-2560 М27 ТУ 38.40383-2001;
- каучук СКД - НД ГОСТ 14924-2019;
- каучук СКМС-30 АРКМ-15 ГОСТ 11138-78;
- белила цинковые ГОСТ 202-84;
- кислота стеариновая ГОСТ 6484-96;
- сантогард РVI CAS 17796-82-6;
- сульфенамид Т ТУ 2491-295-00204168-2001;
- триэтилбензиламмоний хлорид ТЭБАХ ТУ 2491-010-16993055-2007;
- сера ГОСТ 127.1-93;
- воск ЗВ – 1 по техническим требованиям производителя;
- Newsil 1165MP ГОСТ 14922-77;
- N 550 ASTM D1765;
- Лапроксид ТМП по техническим требованиям производителя;
- Тиурам Д ГОСТ 740-76;
- Луперокс Ф40 по техническим требованиям производителя.

2.1 Объекты исследования

Каучук НК SIR 20 – Кристаллическое твердое тело. Плавится при температуре 40 °С. Природный необработанный (сырой) каучук - белый или бесцветный углеводород. Каучук растворим в алифатических и ароматических углеводородах, хлороформе, четыреххлористом углероде, сероуглероде. Каучук выпадает из растворов при добавлении к ним спирта или ацетона. Натуральный каучук, обычно применяемый в резиновом производстве, недостаточно пластичен, как правило, подвергается предварительной механической пластикации на вальцах или термоокислительной деструкции в резиносмесителях или специальных червячных пластикаторах.

Каучук ДССК-2560 М27. Свойства этого каучука в значительной мере зависят от содержания в нем стирола. С уменьшением содержания последнего понижается плотность, температура стеклования, улучшается морозостойкость и эластические свойства каучука, вместе с тем ухудшаются технологические свойства: шприцуемость и каландруемость резиновых смесей, увеличивается их усадка. Каучуки этого типа растворяются в ароматических, алифатических и галогенсодержащих углеводородах, в бензине. Они не стойки к действию смазочных материалов и различных нефтепродуктов, но достаточно стойки к действию разбавленных и концентрированных кислот, кетонов, спиртов, имеют высокую газо- и водонепроницаемость. Под действием нагревания, кислорода, озона и света в каучуках происходят глубокие структурные изменения, в результате которых ухудшаются физико-механические свойства резин.

Каучук СКД – НД. Кристаллическое твердое тело. Обладает высокой хладотекучестью при его хранении и транспортировке. Узкое молекулярно-массовое распределение (ММР), малая когезионная прочность и низкая адгезия каучука к металлу определяют его плохие технологические свойства. При обработке на вальцах при температуре выше 40 °С каучук плохо обволакивает поверхность валков и может, рассыпаться в крошку.

Каучук СКМС-30 АРКМ-15 – синтетический каучук, продукт низкотемпературной эмульсионной сополимеризации бутадиена и α -метилстирола с применением в качестве

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

эмульгатора смеси мыл диспропорционированной канифоли и синтетических жирных кислот или комплексных эмульгаторов. Каучук содержит высокоароматическое масло.

Белила цинковые представляют собой белое твердое вещество. Имеют кристаллическую решетку. Используются в резиновой промышленности как активатор вулканизации.

Стеариновая кислота — одноосновная карбоновая кислота алифатического ряда. Белые кристаллы. Используется во всех резинах на основе натурального и синтетического каучуков. Основное ее применение в качестве пластификатора. Регулирует и стабилизирует процесс вулканизации, особенно в присутствии оксидов металлов (Mg, Ca, Zn, Cd). При температуре вулканизации стеариновая кислота взаимодействует с оксидами металлов и ускоряет переход ускорителей вулканизации в комплексные соединения, обладающих большей растворимостью в каучуке, чем исходные продукты.

Сантогард РVI – порошок светло-серого цвета с ароматным запахом. Сантогард РVI – один из наиболее эффективных замедлителей подвулканизации резиновых смесей, содержащих ускорители вулканизации классов тиазолов и сульфенамидов.

Сульфенамид Т – желтовато-коричневатые мелкие гранулы. Используется в качестве ускорителя вулканизации. Имеет критическую температуру действия (120 °С), что обеспечивает стойкость резиновых смесей к подвулканизации, даже при интенсивных методах переработки резиновой смеси. Необходимо присутствие активаторов вулканизации – оксидов цинка, кадмия, кальция, жирных кислот.

Триэтилбензиламмоний хлорид ТЭБАХ. Вещество чрезвычайно горюче. Его молекулярный вес равен 227,77 г/моль, температура плавления составляет 185 °С. Растворяется в воде при концентрации 70 г вещества на 100 мл воды при температуре 20 °С. Отлично растворяется в специальных растворителях, таких как этанол, метанол, изопропанол, ацетон. Нестойкий к сильным окислителям. Используется в резино-технических изделиях (РТИ) как катализатор. Использован как антистатическая добавка.

Сера – кристаллическое вещество желтого цвета. Существует в виде двух аллотропных модификаций – α-серы (ромбическая кристаллическая решетка) и β-серы (моноклинная кристаллическая решетка), а также аморфной формы – пластическая сера. В кристаллическом состоянии сера построена из неплоских циклических молекул S8. Переход от α-серы к β-сера происходит при температуре 112,8 °С. Применяется для вулканизации резиновой смеси совместно с ускорителями и активаторами вулканизации.

Воск ЗВ – 1 – ароматический углеводород, имеет ограниченный предел совместимости с каучуками общего назначения.

Newsil 1165MP - диоксид кремния, очень твердое, прочное, тугоплавкое вещество белого цвета, наполнитель.

N 550 – среднедисперсный и среднеусиливающий техуглерод.

Лапроксид ТМП. Триглицидиловый эфир триметилпропана. Массовая доля эпоксидных групп 27,0 - 31,0 %, вязкость при 25 °С составляет 150 - 250 мПа·с, строение представлено на рисунке 15.

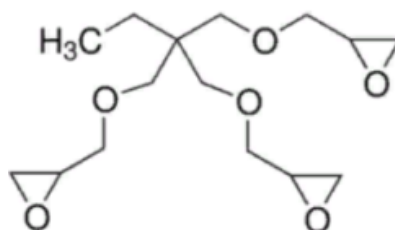


Рисунок 15 – Строение Лапроксида ТМП

Тиурам Д – желтовато-серый порошок, применяемый как ускоритель и стабилизатор в резиновой промышленности, ускоритель вулканизации.

Луперокс Ф40 - порошок от белого до светло-бежевого цвета. Применяется как вулканизирующий агент.

2.2 Методы исследования

2.2.1 Определения вулканизационных характеристик резиновых смесей

Определение вулканизационных характеристик резиновых смесей проводили по ГОСТ 12535-84.

Сущность метода заключается в определении вулканизационных характеристик резиновых смесей с использованием безроторного реометра сдвигового типа.

Рекомендуемый объем образца от 3 до 5 см³. Образец для испытания должен иметь округлую форму, его диаметр должен быть меньше, чем диаметр камеры используемого прибора.

Температуру обеих полуформ доводят до заданного значения при закрытой испытательной камере. Открывают полуформы, выгружают предыдущий образец (если необходимо), помещают образец для испытания в камеру и смыкают полуформы. Эти операции продельвают в течение не более 20 с. Отсчет времени испытания начинают с момента смыкания полуформ или ранее.

Основными показателями, характеризующими процесс вулканизации резиновых смесей, являются:

M_H - максимальный крутящий момент – значение упругого сопротивления деформации образца резиновой смеси при температуре вулканизации, достигаемое за определенный промежуток времени. Является характеристикой упругости испытуемого материала;

M_L – минимальный крутящий момент – значение упругого сопротивления деформации образца резиновой смеси при заданной температуре вулканизации, соответствующее нижней точки вулканизационной кривой;

t_{90} – время достижения 90 % от полной вулканизации;

t_{50} – время достижения 50 % от полной вулканизации.

Относительная погрешность составляет $\pm 1\%$.

2.2.2 Определение физико-механических показателей

Определение физико-механических показателей резин проводили по ГОСТ 270

Оборудование, средства измерения:

- толщиномер с ценой деления 0,01 мм, с диапазоном измерения от 0 до 10 мм;

- линейка с ценой деления 1 мм, с диапазоном измерения от 0 до 300 мм;

- разрывная машина РМИ-60 ГОСТ 28840

Испытания проводят на образцах, имеющих форму двусторонней лопатки. Образцы вырубают из вулканизированных пластин толщиной $(1,0 \pm 0,2)$ или $(2,0 \pm 0,2)$ мм штанцевыми ножами. Размеры образцов, кроме толщины, определяются размерами штанцевых ножей и после выработки не контролируются. На узкую часть образца наносят штампом с краской параллельные метки для измерения удлинения. Количество испытуемых образцов должно быть не менее пяти.

Перед испытанием измеряют толщину узкой части лопатки не менее чем в трех точках. За результат измерения принимают среднее арифметическое всех измерений.

									Лист
									31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

За ширину образца лопатки принимают расстояние между режущими кромками ножа в узком его участке.

Испытания проводят при температуре (23 ± 2) °С и скорости движения активного захвата разрывной машины (500 ± 50) мм/мин по ГОСТ 15150.

Образец в форме лопатки закрепляют в захватах машины по установочным меткам так, чтобы ось образца совпала с направлением растяжения. Проверяют нулевые установки приборов, измеряющих силу и удлинение, и приводят в действие механизм растяжения. В момент разрыва образца фиксируют силу и расстояние между метками.

Условную прочность при растяжении образцов лопаток f_p , МПа (кгс/см) вычисляют по формуле

$$f_p = P_p / (d \cdot b_0), \quad (1)$$

где P_p - сила, вызывающая разрыв образца, МПа (кгс);

d - среднее значение толщины образца до испытания, см;

b_0 - ширина образца до испытания, см.

Остаточную деформацию образца (остаточное удлинение) θ , %, вычисляют по формуле

$$\theta = (l - l_0) / l_0, \quad (2)$$

где l - расстояние между метками образца по двум сложенным вместе частям разорванного образца, мм

l_0 - расстояние между метками образца до испытания, мм.

За результат испытаний принимают среднее арифметическое показателей всех испытанных образцов. Если результаты испытаний отклоняются от средней величины прочности более чем на $\pm 10\%$, то их не учитывают и среднее арифметическое вычисляют из оставшихся образцов, число которых должно быть не менее трех.

Относительная погрешность составляет $\pm 1\%$.

2.2.3 Методы определения равновесной степени набухания и количества поперечных связей резин

2.2.3.1 Методика определения равновесной степени набухания резин

Подготовка к опыту. Из вулканизата вырезаем образцы (по два для параллельного опыта) размером $10 \times 10 \times 2$ мм и взвешиваем на аналитических весах с точностью до $0,0002$ г.

Проведение испытания. Взвешенные образцы помещаем в бюкс, наливаем соответствующий растворитель и оставляем для набухания. Через 1, 2, 4, 10 дней образцы вынимаются из растворителя, высушиваются фильтровальной бумагой и взвешиваются в закрытом бюксе.

									Лист
									32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Обработка результатов. Равновесную степень набухания для каждого образца вычисляем по формуле

$$Q = (m - m_0) / m_0 \quad (3)$$

где Q - равновесная степень набухания, %;
 m - масса образца в момент времени t , г;
 m_0 - масса исходного образца, г.

2.2.3.2 Методика определения количества поперечных связей резин

Обработка результатов:

1) находим объемную долю каучука в вулканизате по формуле

$$V_k = 1 / (1 + Q_{\text{равн.}}), \quad (4)$$

где V_k - объемная доля каучука в вулканизате;
 $Q_{\text{равн.}}$ - равновесная степень набухания (данные берем из таблицы 11 – 16).

2) рассчитываем среднюю молекулярную массу отрезка цепи между двумя соседними связями по формуле, называемой уравнением Флори-Ренера

$$M_c = - (P_k \cdot V_p \cdot ((V_k^{1/3}) - 0,5 \cdot V_k)) / (V_k + (\mu \cdot V_k^2) + 2,303 \cdot \lg(1 - V_k)), \quad (5)$$

где M_c - средняя молекулярная масса отрезка цепи между двумя соседними связями;
 P_k - плотность каучука, г/см³;
 V_p - молярный объем растворителя, см³/моль;
 μ - параметр, характеризующий взаимодействие между каучуком и средой, в которой происходит набухание.

3) рассчитываем количество поперечных связей, приходящихся на 1 см³ вулканизата по формуле

$$N_c = ((6,023 \cdot 10^{23}) \cdot P_k) / (2 \cdot M_c), \quad (6)$$

где N_c - количество поперечных связей, приходящихся на 1 см³ вулканизата;
 P_k - плотность каучука, г/см³;
 M_c - средняя молекулярная масса отрезка цепи между двумя соседними связями.

3 Экспериментальный раздел

3.1 Изготовление резиновых смесей

Исследовались резиновые смеси на основе каучуков НК, ДССК и СКД-НД, СКМС-30 АРКМ-15. Рецептура резиновых смесей представлена в таблицах 1 – 5, полная рецептура с навеской представлена в приложении А. Смеси изготавливались в лабораторном резиносмесителе. Режим смешения представлен в таблицах 6 – 10. Смесь НЭ-М и смесь НЭ имеют одинаковый состав, но первая мешается в 3 стадии, вторая в 2.

Таблица 1 – Рецептура резиновых смесей с серной вулканизирующей группой, мас.ч. на 100 мас.ч. каучука

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	О (без добавок)	Э (с Лапроксидом ТМП)	Н (с Newsil 1165MP)	У (с ТУ)	НЭ (с Newsil 1165MP и Лапроксидом ТМП)	УЭ (с ТУ и Лапроксидом ТМП)
НК SIR 20	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
ДССК-2560 M27	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
СКД НД	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
СКМС-30 АРКМ-15	-	-	-	-	-	-
Белила цинковые	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Сантогард РVI	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Сульфенамид Т	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
ТЭБАХ	-	-	0,1	-	0,1	-
Сера	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Воск ЗВ-1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Newsil 1165MP	-	-	50,0	-	50,0	-
N550	-	-	-	50,0	-	50,0
Лапроксид ТМП	-	15,0	-	-	15,0	15,0
Итого	113,5	128,5	163,6	163,5	178,6	178,5

Таблица 2 – Рецептура резиновых смесей, с серной вулканизирующей группой, мас.ч. на 100 мас.ч. каучука

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси			
	НЭ (с Newsil 1165MP и Лапроксидом ТМП, 3 мас.ч. серы)	УЭ(с Newsil 1165MP и Лапроксидом ТМП, 3 мас.ч. серы)	НЭС6 (с Newsil 1165MP и Лапроксидом ТМП, 6 мас.ч. серы)	УЭС6 (с ТУ и Лапроксидом ТМП, 6 мас.ч. серы)
НК SIR 20	40,0	40,0	-	-
ДССК-2560 М27	40,0	40,0	-	-
СКД НД	20,0	20,0	-	-
СКМС-30 АРКМ-15	-	-	100,0	100,0
Белила цинковые	4,0	4,0	4,0	4,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0	2,0
Сантогард РVI	0,5	0,5	0,5	0,5
Сульфенамид Т	2,5	2,5	2,5	2,5
ТЭБАХ	0,1	-	0,1	-
Сера	3,0	3,0	6,0	6,0
Воск ЗВ-1	1,5	1,5	1,5	1,5
Newsil 1165MP	50,0	-	50,0	-
N550	-	50,0	-	50,0
Лапроксид ТМП	15,0	15,0	15,0	15,0
Итого	178,6	178,5	181,6	181,5

Таблица 3 – Рецептура резиновых смесей с перекисной вулканизирующей группой, мас.ч. на 100 мас.ч. каучука

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	О (без добавок)	Э (с Лапроксидом ТМП)	Н (с Newsil 1165MP)	У (с ТУ)	НЭ (с Newsil 1165MP и Лапроксидом ТМП)	УЭ (с ТУ и Лапроксидом ТМП)
НК SIR 20	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
ДССК-2560 М27	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
СКД НД	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
СКМС-30 АРКМ-15	-	-	-	-	-	-
Белила цинковые	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
ТЭБАХ	-	-	0,1	-	0,1	-
Сера	-	-	-	-	-	-
Луперокс Ф40	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Воск ЗВ-1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Newsil 1165MP	-	-	50,0	-	50,0	-
N550	-	-	-	50,0	-	50,0
Лапроксид ТМП	-	15,0	-	-	15,0	15,0
Итого	110,5	125,5	160,6	160,5	175,6	175,5

Таблица 4 – Рецептура резиновых смесей с разным количеством Лапроксида ТМП, мас.ч. на 100 мас.ч. каучука

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси				
	Э0 (0 мас.ч.)	Э1 (1 мас.ч.)	Э3 (3 мас.ч.)	Э6 (6 мас.ч.)	Э12 (12 мас.ч.)
СКМС-30 АРКМ-15	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Белила цинковые	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Сантогард РVI	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Сульфенамид Т	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Сера	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Воск ЗВ-1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
N550	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
Лапроксид ТМП	-	1,0	3,0	6,0	12,0
Итого	163,5	164,5	166,5	169,5	175,5

Таблица 5 – Рецептура резиновых смесей с тиурамовой вулканизирующей группой, мас.ч. на 100 мас.ч. каучука

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	От (без добавок)	Эт (с Лапроксидом ТМП)	Нт (с Newsil 1165MP)	Ут (с ТУ)	НЭт (с Newsil 1165MP и Лапроксидом ТМП)	УЭт (с ТУ и Лапроксидом ТМП)
НК SIR 20	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
ДССК-2560 M27	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
СКД НД	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0	20,0
Белила цинковые	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Кислота стеариновая	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Тиурам Д	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
ТЭБАХ	-	-	0,1	-	0,1	-
Сера	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Воск ЗВ-1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Newsil 1165MP	-	-	50,0	-	50,0	-
N550	-	-	-	50,0	-	50,0
Лапроксид ТМП	-	15,0	-	-	15,0	15,0
Итого	112,0	127,0	162,1	162,0	177,1	177,0

Таблица 6 – Режим смешения первой стадии для наполненной смеси

Операция	Время, мин.	Температура, °С	Скорость, об/мин.
Загрузить каучуки, химикаты, 2/3 наполнителя и 2/3 Лапроксида ТМП	-	80	50
Опустить верхний пресс	-	-	-
Смешение	2,50	130	-
Поднять верхний пресс	-	-	-
Загрузить 1/3 наполнителя и 1/3 Лапроксида ТМП	-	-	-
Опустить верхний пресс	-	-	-
Смешение Плавающий верхний пресс	2,50	140	-
Поднять верхний пресс	-	-	-
Выгрузить смесь	-	140	-

Таблица 7 – Режим смешения первой стадии для ненаполненной смеси

Операция	Время, мин.	Температура, °С	Скорость, об/мин.
Загрузить каучуки, химикаты	-	80	50
Опустить верхний пресс	-	-	45
Смешение	5,00	130	-
Поднять верхний пресс	-	-	-
Плавающий верхний пресс	-	-	20
Выгрузить смесь	-	140	-

Таблица 8 - Режим смешения второй стадии для ненаполненных и наполненных смесей и третьей стадии для смеси НЭ-М

Операция	Время, мин.	Температура, °С	Скорость, об/мин.
Загрузить смесь второй стадии, химикаты	-	80	30
Опустить верхний пресс	-	-	-
Смешение	2,00	85	30
Поднять верхний пресс	-	-	-
Выгрузить смесь	-	100	-
Примечание: химикаты для второй стадии: сера, Луперокс Ф-40. Для третьей стадии: сера. После каждой стадии смесь подвергалась доработке на вальцах из материала			

Таблица 9 – Режим изготовления смеси НЭ-М первой стадии для смеси с Newsil и Лапроксидом ТМП

Операция	Время, мин.	Температура, °С	Скорость, об/мин.
Загрузить каучуки, ТЭБАХ	-	80	50
Опустить верхний пресс	-	-	-
Смешение	0,50	-	-
Загрузить 2/3 Newsil 165 и 2/3 Лапроксида ТМП	-	-	-
Опустить верхний пресс	-	-	-
Смешение	0,50	110	50
Поднять верхний пресс	-	-	-
Загрузить 1/3 Newsil 165 и 1/3 Лапроксида ТМП	-	-	-
Опустить верхний пресс	-	-	40
Смешение	0,50	140	40
Поднять верхний пресс	-	-	-
Опустить верхний пресс	-	-	20
Система PID	2,00	180-182	30
Поднять верхний пресс	-	-	-
Опустить верхний пресс	-	-	20
Смешение	0,25	-	20
Плавающий верхний пресс	-	-	-
Выгрузить смесь	-	-	-

Таблица 10 - Режим смешения НЭ-М второй стадии для смеси с Newsil и Лапроксидом ТМП

Операция	Время, мин.	Температура, °С	Скорость, об/мин.
Загрузить смесь второй стадии, химикаты	-	80	50
Опустить верхний пресс	-	-	45
Смешение	0,66	-	-
Поднять верхний пресс	-	-	-
Опустить верхний пресс	-	-	35
Смешение	0,50	-	-
Поднять верхний пресс	-	-	--
Опустить верхний пресс	-	140	30
Система PID	0,50	145	-
Плавающий верхний пресс	-	-	20
Выгрузить смесь	-	-	-
Примечание: химикаты для второй стадии: сера.			

3.2 Исследование резин

Изготовление резиновых смесей осуществлялось в резиносмесителе с доработкой на вальцах, температура валков 50 - 60 °С. Готовили в 2 и 3 стадии. Вулканизационные характеристики резиновых смесей определяли на виброреометре Pheo-Line MDR фирмы

						Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Prescott Instruments в соответствии с ГОСТ 12535-84 при температуре 160 °С в течении 30 минут. Кривые вулканизации приведены в приложении Б.

Испытания упруго-прочностных характеристик проводили в соответствии с ГОСТ 270, на разрывной машине РМИ-60 при температуре (23 ± 2) °С и скорости движения активного захвата (500 ± 50) мм/мин. Протоколы испытаний упруго-прочностных свойства в приложении В. Полученные данные технологических и упруго-прочностных характеристик представлены в таблицах 11 - 15.

В ходе исследования также была изучена равновесная степень набухания резин в толуоле и Лапроксиде ТМП, данные занесены в таблицы 11-16. Также рассчитано количество поперечных связей в резинах, данные занесены в таблицы 11-15.

Таблица 11 – Характеристики резин с серной вулканизирующей группой

Наименование показателя	Шифр смеси						
	О (без добавок)	Э (с Лапроксидом ТМП)	У (с ТУ)	УЭ (с ТУ и Лапроксидом ТМП)	Н (с Newsil 1165МР)	НЭ (с Newsil 1165МР и Лапроксидом ТМП)	НЭ-М (с Newsil 1165МР и Лапроксидом ТМП, обратное смешение)
τ _{s1} , мин:с	7:20	9:30	3:35	2:44	0:29	1:36	2:30
τ _{s2} , мин:с	7:53	9:53	4:35	3:55	2:12	3:55	4:24
τ ₉₀ , мин:с	11:24	19:31	8:47	27:25	12:47	26:10	24:08
M _L , Н·м	0,47	0,32	1,84	1,12	7,06	1,70	1,43
M _H , Н·м	9,51	1,45	27,66	9,90	31,76	17,21	16,70
Условная прочность при растяжении, МПа	1,2	3,5	11,2	11,7	9,7	11,5	11,1
Напряжение при удлинении 100 %, МПа	0,9	0,5	5,0	2,0	2,6	2,4	2,3
Напряжение при удлинении 300 %, МПа	-	1,0	-	7,7	7,0	5,5	5,4
Относительное удлинение при разрыве, %	140	610	180	470	410	550	550
Остаточное удлинение, %	0	3,2	3,2	7,2	22,4	50,4	44,8
Истинная прочность, МПа	2,8	26,4	31,2	66,9	50,7	75,1	71,7
Равновесная степень набухания, %	268	377	111	170	176	205	178
Количество поперечных связей 1·10 ⁹	42,9	23,7	192,7	91,5	86,3	68,9	86,2
Примечание: состав резины без добавок в мас.ч.: НК SIR 20 40,0; ДССК-2560 М27 40,0; СКД НД 20,0 ; Белила цинковые 4,0 ; Кислота стеариновая 2,0 ; Сантогард РVI 0,5; Сульфенамид Т 2,5; Сера 3,0; Воск ЗВ-1 1,5.							

Из таблицы следует, что, применение Лапроксида ТМП в резиновых смесях с серной вулканизирующей группой приводит к уменьшению минимального крутящего момента, что должно свидетельствовать о снижении вязкости резиновых смесей. Применение Лапроксида ТМП в ненаполненных и наполненных резиновых смесях с техническим углеродом и кремнекислотным наполнителем Newsil 1165MP подавляет вулканизацию. Резиновая смесь с кремнекислотным наполнителем Newsil 1165MP модифицированным Лапроксидом ТМП имеет улучшенную стойкость к подвулканизации, меньшее время вулканизации, меньший минимальный крутящий момент по сравнению с резиновой смесью содержащей кремнекислотный наполнитель Newsil 1165MP и Лапроксид ТМП. Вулканизовали резиновые смеси в прессформах при температуре 160 °С. Резиновые смеси под шифрами О, Э, У, Н в течение 15 минут, УЭ, НЭ и НЭ-М в течении 30 минут. Применение Лапроксида ТМП в ненаполненных и наполненных резинах с техническим углеродом и кремнекислотным наполнителем Newsil 1165MP немного увеличивает условную прочность резин, значительно увеличивает относительное удлинение, и истинную прочность. Применение Лапроксида ТМП в наполненных и ненаполненных резинах увеличивает степень набухания, что свидетельствует о уменьшении количества поперечных связей.

Таблица 12 – Характеристики резин с перекисной вулканизирующей группой

Наименование показателя	Шифр смеси					
	Оп (без добавок)	Эп (с Лапроксидом ТМП)	Уп (с ТУ)	УЭп (с ТУ и Лапроксидом ТМП)	Нп (с Newsil 1165MP)	НЭп(с Newsil 1165MP и Лапроксидом ТМП)
τ_{s1} , мин:с	1:21	0:42	1:04	0:42	0:34	0:59
τ_{s2} , мин:с	7:07	2:18	5:59	3:09	3:49	5:52
τ_{90} , мин:с	21:10	6:02	19:34	8:20	17:26	19:57
M_L , Н·м	0,32	0,37	1,77	1,24	5,14	2,27
M_H , Н·м	9,44	3,63	21,74	15,49	42,09	29,64
Условная прочность при растяжении, МПа	1,2	1,6	10,2	10,3	9,3	6,5
Напряжение при удлинении 100 %, МПа	0,9	0,7	5,3	3,6	2,8	4,1
Напряжение при удлинении 300 %, МПа	-	-	-	-	-	-
Относительное удлинение при разрыве, %	130	270	170	270	250	180
Остаточное удлинение, %	0	0	0	0	5,6	0,8
Истинная прочность, МПа	2,7	5,9	27,9	37,4	32,7	18,0
Равновесная степень набухания, %	274	150	134	116	296	137
Количество поперечных связей $1 \cdot 10^9$	41,0	113,9	138,2	174,8	37,2	131,9
Примечание: состав резины без добавок в мас.ч.: НК SIR 20 40,0; ДССК-2560 М27 40,0; СКД НД 20,0; Белила цинковые 4,0; Кислота стеариновая 2,0; Луперокс Ф40 3,0; Воск ЗВ-1 1,5.						

Из таблицы следует, что, применение Лапроксида ТМП в резиновых смесях с перекисной вулканизацией приводит к уменьшению минимального крутящего момента, что

должно свидетельствовать о снижении вязкости резиновых смесей. Применение Лапроксида ТМП в ненаполненных и наполненных резиновых смесях с техническим углеродом ускоряет вулканизацию. В наполненных смесях с Newsil 1165MP, Лапроксид ТМП замедляет вулканизацию. Вулканизовали резиновые смеси в прессформах при температуре 160 °С. Резиновые смеси под шифрами Оп, Уп, Нп, НЭп в течении 30 минут, Эп и УЭп в течении 15 минут. Применение Лапроксида ТМП в ненаполненных резинах увеличивает условную прочность, относительное удлинение, и истинную прочность. Применение же Лапроксида ТМП в наполненных резинах с техническим углеродом не влияет на условную прочность, и увеличивает относительное удлинение с истинной прочностью. Но при добавлении Лапроксида ТМП в резину с кремниекислотным наполнителем Newsil 1165MP понижается условная прочность, относительное удлинение и истинная прочность. Применение Лапроксида ТМП в наполненных и ненаполненных резинах с перекисной вулканизацией, приводит к уменьшению равновесной степени набухания, что свидетельствует о повышении количества поперечных связей.

Таблица 13 – Характеристики резин с разным количеством Лапроксида ТМП

Наименование показателя	Шифр смеси				
	Э0 (без добавок)	Э1 (1 мас.ч.)	Э3 (3 мас.ч.)	Э6 (6 мас.ч.)	Э12 (12 мас.ч.)
τ_{s1} , мин:с	4:40	5:27	5:44	4:23	4:17
τ_{s2} , мин:с	6:03	6:35	6:52	5:28	5:30
τ_{90} , мин:с	3:41	13:05	13:00	24:00	24:12
M_L , Н·м	1,13	1,88	1,46	1,49	1,34
M_H , Н·м	1,83	23,54	18,62	13,42	7,91
Условная прочность при растяжении, МПа	14,2	11,2	10,1	14,1	14,4
Напряжение при удлинении 100 %, МПа	1,9	4,4	3,7	4,2	1,9
Напряжение при удлинении 300 %, МПа	7,9	-	-	12,7	8,3
Относительное удлинение при разрыве, %	490	200	210	345	500
Остаточное удлинение, %	19,2	2,4	4,0	6,4	18,4
Истинная прочность, МПа	83,8	27,0	31,5	63,4	86,3
Равновесная степень набухания, %	161	116	133	132	165
Количество поперечных связей $1 \cdot 10^9$	121,7	207,6	167,9	167,9	115,2
Примечание: состав резины без добавок в мас.ч.: СКМС-30 АРКМ-15 100,0; Белила цинковые 4,0; Кислота стеариновая 2,0; Сантогард РVI 0,5; Сульфенамид Т 2,5; Сера 3,0; Воск ЗВ-1 1,5; N550 50,0.					

Из таблицы следует, что, увеличение концентрации Лапроксида ТМП в резиновых смесях приводит к увеличению минимального крутящего момента, что должно свидетельствовать о повышении вязкости резиновых смесей. Увеличение содержания Лапроксида ТМП в резиновых смесях замедляет вулканизацию. Вулканизовали резиновые смеси в прессформах при температуре 160 °С, в течении 30 минут. Увеличение концентрации Лапроксида ТМП от 1 масс. ч. до 12 масс. ч. в резине приводит к значительному увеличению условной прочности, относительного удлинения и истинной прочности, результаты резины без

эпоксидной смолы такие же как и у резины с 12 массовыми частями эпоксидной смолы. Увеличение количества Лапроксида ТМП в резине, до 6 масс. ч. включительно уменьшает степень набухания, что свидетельствует о увеличении количества поперечных связей. В резине Э12 степень набухания относительно Э0 почти не изменилась, также как и количество поперечных связей.

Таблица 14 – Характеристики резин с тиурамовой вулканизирующей группой

Наименование показателя	Шифр смеси					
	От (без добавок)	Эт (с Лапрокси дом ТМП)	Ут (с ТУ)	УЭт (с ТУ и Лапрокси дом ТМП)	Нт (с Newsil 1165M P)	НЭт (с Newsil 1165MP и Лапроксид ом ТМП))
τ_{s1} , мин:с	1:21	0:42	1:04	0:34	0:42	0:59
τ_{s2} , мин:с	7:07	2:18	5:59	3:49	3:09	5:52
τ_{90} , мин:с	21:10	6:02	19:34	17:26	8:20	19:57
M_L , Н·м	0,32	0,37	1,77	5,14	1,24	2,27
M_H , Н·м	9,44	3,63	21,74	42,09	15,49	29,64
Условная прочность при растяжении, МПа	1,0	1,2	6,3	7,0	8,5	8,6
Напряжение при удлинении 100 %, МПа	0,7	1,1	3,5	4,4	4,0	2,0
Напряжение при удлинении 300 %, МПа	-	-	-	-	-	3,4
Относительное удлинение при разрыве, %	110	110	95	140	180	290
Остаточное удлинение, %	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	28,0
Истинная прочность, МПа	4,2	2,5	12,2	16,9	24,6	33,8
Равновесная степень набухания, %	254	263	108	115	157	169
Количество поперечных связей $1 \cdot 10^9$	46,9	44,9	200,0	181,9	105,3	94,2
Примечание: состав резины без добавок в мас.ч.: НК SIR 20 40,0; ДССК-2560 M27 40,0; СКД НД 20,0; Белила цинковые 4,0; Кислота стеариновая 2,0; Тиурам Д 1,5; Сера 3,0; Воск ЗВ-1 1,5.						

Из таблицы следует, что, применение Лапроксида ТМП в резиновых смесях с Тиурамом Д приводит к уменьшению минимального крутящего момента у смеси с Newsil 1165MP, и увеличивает минимальный крутящий момент у смеси с техническим углеродом, на смеси без наполнителя минимальный крутящий момент не изменяется. Применение Лапроксида ТМП в ненаполненных резиновых смесях не влияет на вулканизацию. В наполненных смесях с техническим углеродом Лапроксид ТМП замедляет вулканизацию. В наполненных смесях с Newsil 1165MP, Лапроксид ТМП ускоряет вулканизацию. Вулканизовали резиновые смеси в прессформах при температуре 160 °С, в течении 15 минут. Применение Лапроксида ТМП в ненаполненных резинах увеличивает условную прочность и

снижает истинную прочность. Применение же Лапроксида ТМП в наполненных резинах с техническим углеродом увеличивает условную прочность, относительное удлинение и истинную прочность. Также при добавлении Лапроксида ТМП в резину с кремнекислотным наполнителем Newsil 1165MP увеличивается условная прочность, относительное удлинение и истинная прочность. Применение Лапроксида ТМП в наполненных и ненаполненных резинах с тиурамовой вулканизирующей группой, приводит к увеличению равновесной степени набухания, что свидетельствует о снижении количества поперечных связей.

Таблица 15 – Характеристики резин с разным количеством серной вулканизирующей группы

Наименование показателя	Шифр смеси			
	УЭ (с ТУ, 3 мас.ч. серы, Лапроксидом ТМП)	УЭС6 (с ТУ, 6 мас.ч. серы, Лапроксидом ТМП)	НЭ (с Newsil 1165MP, 3 мас.ч. серы, Лапроксидом ТМП.)	НЭС6 (с Newsil 1165MP, 6 мас.ч. серы, Лапроксидом ТМП)
τ_{s1} , мин·с	2:44	3:26	1:36	2:14
τ_{s2} , мин·с	3:55	4:22	3:55	4:38
τ_{90} , мин·с	27:25	26:47	26:10	23:47
M_L , Н·м	1,12	1,12	1,70	1,55
M_H , Н·м	9,90	9,92	17,21	23,70
Условная прочность при растяжении, МПа	11,7	14,0	11,5	7,9
Напряжение при удлинении 100 %, МПа	2,0	3,8	2,4	3,0
Напряжение при удлинении 300 %, МПа	7,7	13,2	5,5	4,6
Относительное удлинение при разрыве, %	470	340	550	280
Остаточное удлинение, %	7,2	8,0	50,4	9,6
Истинная прочность, МПа	66,9	61,1	75,1	30,1
Равновесная степень набухания, %	170	135	205	124
Количество поперечных связей $1 \cdot 10^9$	91,5	187,3	68,9	164,2
Примечание: состав резины УЭ в мас.ч.: НК SIR 20 40,0; ДССК-2560 М27 40,0; СКД НД 20,0; Белила цинковые 4,0; Кислота стеариновая 2,0; Сантогард РVI 0,5; Сульфенамид Т 2,5; Сера 3,0; Воск ЗВ-1 1,5; N550 50,0; Лапроксид ТМП 15,0. Состав резины УЭС6 в мас.ч.: СКМС-30 АРKM-15 100,0; Белила цинковые 4,0; Кислота стеариновая 2,0; Сантогард РVI 0,5; Сульфенамид Т 2,5; Сера 6,0; Воск ЗВ-1 1,5; N550 50,0; Лапроксид ТМП 15,0.				

Из таблицы следует, что увеличение количества серы в 2 раза по массе с Лапроксидом ТМП относительно наполненных смесей с Newsil 1165MP и техническим углеродом с Лапроксидом ТМП по минимальному и максимальному крутящему моменту, времени вулканизации ничего не дает. Вулканизовали резиновые смеси в прессформах при температуре 160 °С, в течении 30 минут. Увеличение количества серы в два раза в образцах резины с техническим углеродом увеличило условную прочность и относительное удлинение, уменьшило истинную прочность, а в образцах с Newsil 1165MP уменьшило условную прочность, в разы уменьшило относительное удлинение и истинную прочность.

Таблица 16 – Равновесная степень набухания резин О, Н, У в Лапроксиде ТМП, %

Шифр резины	Равновесная степень набухания, %
О	3,19
Н	3,10
У	3,42

Из данной таблицы следует, что Лапроксид ТМП не влияет на состав резины в качестве растворителя.

Параметр μ , характеризующий взаимодействие между НК, ДССК, СКД и Лапроксидом ТМП, равен 0,597.

Выводы

1) Показано, что применение эпоксидного соединения Лапроксида ТМП в дозировке 15 мас.ч на 100 мас.ч. каучука в большинстве исследованных рецептур на основе каучуков общего назначения приводит к замедлению вулканизации.

2) Показано, что применение эпоксидного соединения Лапроксида ТМП в дозировке 15 мас.ч на 100 мас.ч. каучука для резин наполненных техническим углеродом приводит к снижению стойкости резиновых смесей к подвулканизации, а для резин наполненных кремнекислотным наполнителем к повышению стойкости резиновых смесей к подвулканизации. Для резиновых смесей без наполнителя, с перекисной и тиурамовой вулканизирующих групп, добавление Лапроксида ТМП приводит к снижению их стойкости к подвулканизации. Добавление Лапроксида ТМП к резиновой смеси без наполнителя с серной вулканизирующей группой приводит к увеличению стойкости этой смеси к подвулканизации.

3) Установлено, что резины на основе бутадиен-стирольного каучука с содержанием Лапроксида ТМП в дозировке 6-12 мас.ч на 100 мас.ч. каучука не уступают по упруго-прочностным свойствам резине без добавки.

4) Показано, что увеличение дозировки Лапроксида ТМП до 12 мас.ч на 100 мас.ч. в составе резины на основе бутадиен-стирольного каучука приводит к увеличению времени вулканизации, но не приводит к изменению стойкости резиновых смесей к подвулканизации.

5) При корректировке рецептур резин с Лапроксида ТМП, наполненных техническим углеродом, увеличение дозировки серы целесообразно. При корректировке же резин, наполненных Newsil 1165MP, Лапроксидом ТМП увеличение дозировки серы нецелесообразно.

										Лист
										45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Приложение А
(справочное)
Рецептура резиновых смесей

Таблица А.1 – Рецептатура резиновых наполненных смесей с Лапроксидом ТМП и серой

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	НЭ			УЭ		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	22,40	20,0	40,0	22,41	20,00
ДССК-2560 М27	40,0	22,40	20,0	40,0	22,41	20,00
СКД НД	20,0	11,20	10,0	20,0	11,21	10,00
Белила цинковые	4,0	2,24	2,0	4,0	2,24	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,12	1,0	2,0	1,12	1,00
СантогардРVI	0,5	0,28	0,25	0,5	0,28	0,25
Сульфенамид Т	2,5	1,40	1,25	2,5	1,40	1,25
ТЭБАХ	0,1	0,06	0,05	-	-	-
Сера	3,0	1,68	1,5	3,0	1,68	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,84	0,75	1,5	0,84	0,75
Newsil 1165MP	50,0	28,00	25,0	-	-	-
N 550	-	-	-	50,0	28,02	25,00
Лапроксид ТМП	15,0	8,40	7,5	15,0	8,41	7,50
Итого:	178,6	100,00	89,3	178,5	100,00	89,25

Таблица А.2 – Рецептура резиновых наполненных смесей с серой

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	Н			У		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	24,45	20,000	40,0	24,46	20,000
ДССК-2560 M27	40,0	24,45	20,000	40,0	24,46	20,000
СКД НД	20,0	12,22	10,000	20,0	12,23	10,000
Белила цинковые	4,0	2,44	2,000	4,0	2,45	2,000
Кислота стеариновая	2,0	1,22	1,000	2,0	1,22	1,000
СантогардРVI	0,5	0,31	0,250	0,5	0,31	0,250
Сульфенамид Т	2,5	1,53	1,250	2,5	1,53	1,250
ТЭБАХ	0,1	0,06	0,050	-	-	-
Сера	3,0	1,83	1,500	3,0	1,83	1,500
Воск Риовакс VM01	1,5	0,92	0,750	1,5	0,92	0,750
Newsil 1165MP	50,0	30,56	25,000	-	-	-
N 550	-	-	-	50,0	30,58	25,000
Итого:	163,6	100,00	81,775	163,5	100,00	81,725

Таблица А.3 – Рецептура резиновых ненаполненных смесей с серой

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	0			Э		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	35,24	24,0	40,0	31,13	24,0
ДССК-2560 M27	40,0	35,24	24,0	40,0	31,13	24,0
СКД НД	20,0	17,62	12,0	20,0	15,56	12,0
Белила цинковые	4,0	3,52	2,4	4,0	3,11	2,4
Кислота стеариновая	2,0	1,76	1,2	2,0	1,56	1,2
СантогардРVI	0,5	0,44	0,3	0,5	0,39	0,3
Сульфенамид Т	2,5	2,20	1,5	2,5	1,95	1,5
Сера	3,0	2,64	1,8	3,0	2,33	1,8
Воск Риовакс ВМ01	1,5	1,32	0,9	1,5	1,17	0,9
Лапроксид ТМП	-	-	-	15,0	11,67	9,0
Итого:	113,5	100,00	68,1	128,5	100,00	77,1

Таблица А.4 – Рецептура резиновых наполненных смесей с Лапроксидом ТМП и перекисью

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	НЭп			УЭп		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	22,78	20,00	40,0	22,79	20,00
ДССК-2560 М27	40,0	22,78	20,00	40,0	22,79	20,00
СКД НД	20,0	11,39	10,00	20,0	11,40	10,00
Белила цинковые	4,0	2,28	2,00	4,0	2,28	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,14	1,00	2,0	1,14	1,00
ТЭБАХ	0,1	0,06	0,05	-	-	-
Луперокс Ф-40	3,0	1,71	1,50	3,0	1,71	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,85	0,75	1,5	0,85	0,75
Newsil 1165MP	50,0	28,47	25,00	-	-	-
N 550	-	-	-	50,0	28,49	25,00
Лапроксид ТМП	15,0	8,54	7,50	15,0	8,55	7,50
Итого:	175,6	100,00	87,80	175,5	100,00	87,75

Таблица А.5 – Рецептура резиновых наполненных смесей с перекисью

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	Нп			Уп		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	24,91	20,00	40,0	24,92	20,00
ДССК-2560 М27	40,0	24,91	20,00	40,0	24,92	20,00
СКД НД	20,0	12,45	10,00	20,0	12,46	10,00
Белила цинковые	4,0	2,49	2,00	4,0	2,50	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,25	1,00	2,0	1,25	1,00
ТЭБАХ	0,1	0,06	0,05	-	-	-
Луперокс Ф-40	3,0	1,87	1,50	3,0	1,87	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,93	0,75	1,5	0,93	0,75
Newsil 1165MP	50,0	31,13	25,00	-	31,15	-
N 550	-	-	-	50,0	-	25,00
Итого:	160,6	100,00	82,30	160,5	100,00	82,25

Таблица А.6 – Рецептура резиновых ненаполненных смесей с перекисью

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	Оп			Эп		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	36,20	24,0	40,0	31,87	24,0
ДССК-2560 М27	40,0	36,20	24,0	40,0	31,87	24,0
СКД НД	20,0	18,10	12,0	20,0	15,94	12,0
Белила цинковые	4,0	3,62	2,4	4,0	3,19	2,4
Кислота стеариновая	2,0	1,81	1,2	2,0	1,59	1,2
Луперокс Ф-40	3,0	2,71	1,8	3,0	2,39	1,8
Воск Риовакс ВМ01	1,5	1,36	0,9	1,5	1,20	0,9
Лапроксид ТМП	-	-	-	15,0	11,95	9
Итого:	110,5	100,00	56,3	125,5	100,00	65,3

Таблица А.7 – Рецептура резиновых смесей с Лапроксидом ТМП

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси		
	Э0		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
СКМС-30 АРКМ-15	100,0	61,16	50,00
Белила цинковые	4,0	2,45	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,22	1,00
СантогардРVI	0,5	0,31	0,25
Сульфенамид Т	2,5	1,53	1,25
Сера	3,0	1,83	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,92	0,75
N 550	50,0	30,58	25,00
Лапроксид ТМП	-	-	-
Итого:	163,5	100,00	81,75

Таблица А.8 – Рецептура резиновых смесей с Лапроксидом ТМП

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	Э1			Э3		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
СКМС-30 АРКМ-15	100,0	60,79	50,00	100,0	60,06	50,00
Белила цинковые	4,0	2,43	2,00	4,0	2,40	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,22	1,00	2,0	1,20	1,00
СантогардРVI	0,5	0,30	0,25	0,5	0,30	0,25
Сульфенамид Т	2,5	1,52	1,25	2,5	1,50	1,25
Сера	3,0	1,82	1,50	3,0	1,80	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,91	0,75	1,5	0,90	0,75
N 550	50,0	30,39	25,00	50,0	30,03	25,00
Лапроксид ТМП	1,0	0,61	0,50	3,0	1,80	1,50
Итого:	164,5	100,00	82,25	166,5	100,00	83,25

Таблица А.9 – Рецептура резиновых смесей с Лапроксидом ТМП

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	Э6			Э12		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
СКМС-30 АРКМ-15	100,0	58,65	50,00	100,0	56,98	50,00
Белила цинковые	4,0	2,35	2,00	4,0	2,28	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,17	1,00	2,0	1,14	1,00
СантогардРVI	0,5	0,29	0,25	0,5	0,28	0,25
Сульфенамид Т	2,5	1,47	1,25	2,5	1,42	1,25
Сера	3,0	1,76	1,50	3,0	1,71	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,88	0,75	1,5	0,85	0,75
Н 550	50,0	29,33	25,00	50,0	28,49	25,00
Лапроксид ТМП	6,0	4,11	3,50	12,0	6,84	6,00
Итого:	169,5	100,00	85,25	175,5	100,00	87,75

Таблица А.10 – Рецептура резиновых наполненных смесей с Лапроксидом ТМП и Тиурамом Д

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	НЭт			УЭт		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	22,59	20,00	40,0	22,60	20,00
ДССК-2560 М27	40,0	22,59	20,00	40,0	22,60	20,00
СКД НД	20,0	11,29	10,00	20,0	11,30	10,00
Белила цинковые	4,0	2,26	2,00	4,0	2,26	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,13	1,00	2,0	1,13	1,00
Тиурам Д	1,5	0,85	0,75	1,5	0,85	0,75
ТЭБАХ	0,1	0,06	0,05	-	-	-
Сера	3,0	1,69	1,50	3,0	1,69	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,85	0,75	1,5	0,85	0,75
Newsil 1165MP	50,0	28,23	25,00	-	-	-
N 550	-	-	-	50,0	28,25	25,00
Лапроксид ТМП	15,0	8,47	7,50	15,0	8,48	7,50
Итого:	177,1	100,00	88,55	177,0	100,00	88,50

Таблица А.11 – Рецептура резиновых наполненных смесей с Тиурамом Д

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	Нг			Уг		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	24,68	20,00	40,0	24,69	20,00
ДССК-2560 M27	40,0	24,68	20,00	40,0	24,69	20,00
СКД НД	20,0	12,34	10,00	20,0	12,35	10,00
Белила цинковые	4,0	2,47	2,00	4,0	2,47	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,23	1,00	2,0	1,23	1,00
Тиурам Д	1,5	0,93	0,75	1,5	0,93	0,75
ТЭБАХ	0,1	0,06	0,05	-	-	-
Сера	3,0	1,85	1,50	3,0	1,85	1,50
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,93	0,75	1,5	0,93	0,75
Newsil 1165MP	50,0	30,85	25,00	-	-	-
N 550	-	-	-	50,0	30,87	25,00
Итого:	162,1	100,00	81,05	162,0	100,00	81,00

Таблица А.12 – Рецептатура резиновых ненаполненных смесей с Тиурамом Д

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	От			Эт		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
НК SIR 20	40,0	35,71	24,0	40,0	31,50	24,0
ДССК-2560 M27	40,0	35,71	24,0	40,0	31,50	24,0
СКД НД	20,0	17,86	12,0	20,0	15,75	12,0
Белила цинковые	4,0	3,57	2,4	4,0	3,15	2,4
Кислота стеариновая	2,0	1,79	1,2	2,0	1,57	1,2
Тиурам Д	1,5	1,34	0,9	1,5	1,18	0,9
Сера	3,0	2,68	1,8	3,0	2,36	1,8
Воск Риовакс VM01	1,5	1,34	0,9	1,5	1,18	0,9
Лапроксид ТМП	-	-	-	15,0	11,67	9,0
Итого:	112,0	100,00	67,2	127,0	100,00	76,2

Таблица А.13 – Рецептура резиновых наполненных смесей с Лапроксидом ТМП и серой

Наименование ингредиентов	Шифр резиновой смеси					
	НЭС6			УЭС6		
	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г	Массовая часть на 100 массовых частей каучука, м.ч.	Массовая доля, %	Масса навески, г
СКМС-30 АРКМ-15	100,0	55,07	20,00	100,0	55,10	50,00
Белила цинковые	4,0	2,20	2,00	4,0	2,20	2,00
Кислота стеариновая	2,0	1,10	1,00	2,0	1,10	1,00
СантогардРVI	0,5	0,28	0,25	0,5	0,28	0,25
Сульфенамид Т	2,5	1,38	1,25	2,5	1,38	1,25
ТЭБАХ	0,1	0,06	0,05	-	-	-
Сера	6,0	3,30	3,00	6,0	3,30	3,00
Воск Риовакс ВМ01	1,5	0,83	0,75	1,5	0,83	0,75
Newsil 1165MP	50,0	27,53	25,00	-	-	-
N 550	-	-	-	50,0	27,55	25,00
Лапроксид ТМП	15,0	8,26	7,50	15,0	8,26	7,50
Итого:	181,6	100,00	90,80	181,5	100,00	90,75

Приложение Б
(справочное)
Кинетика вулканизации резиновых смесей

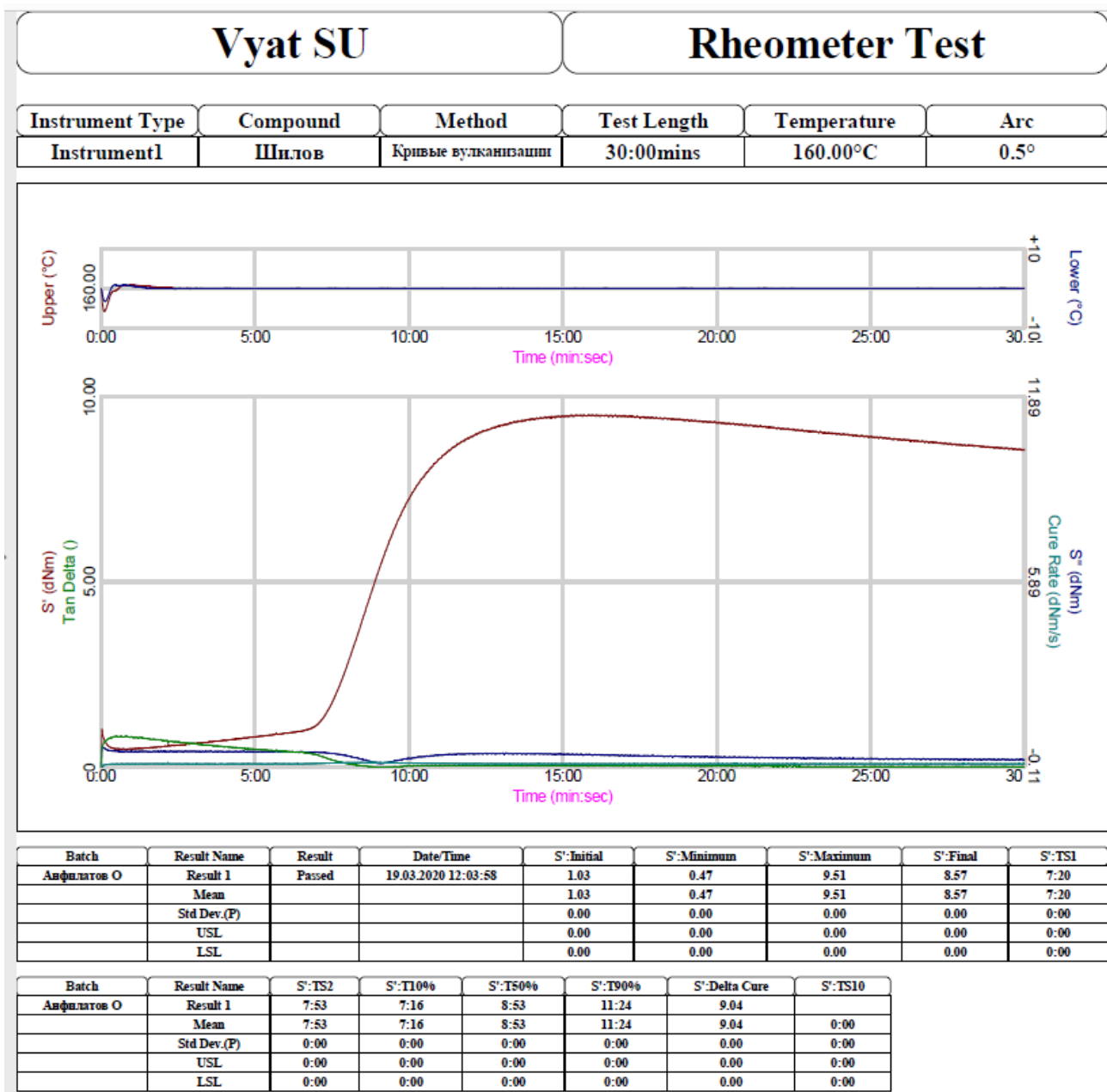
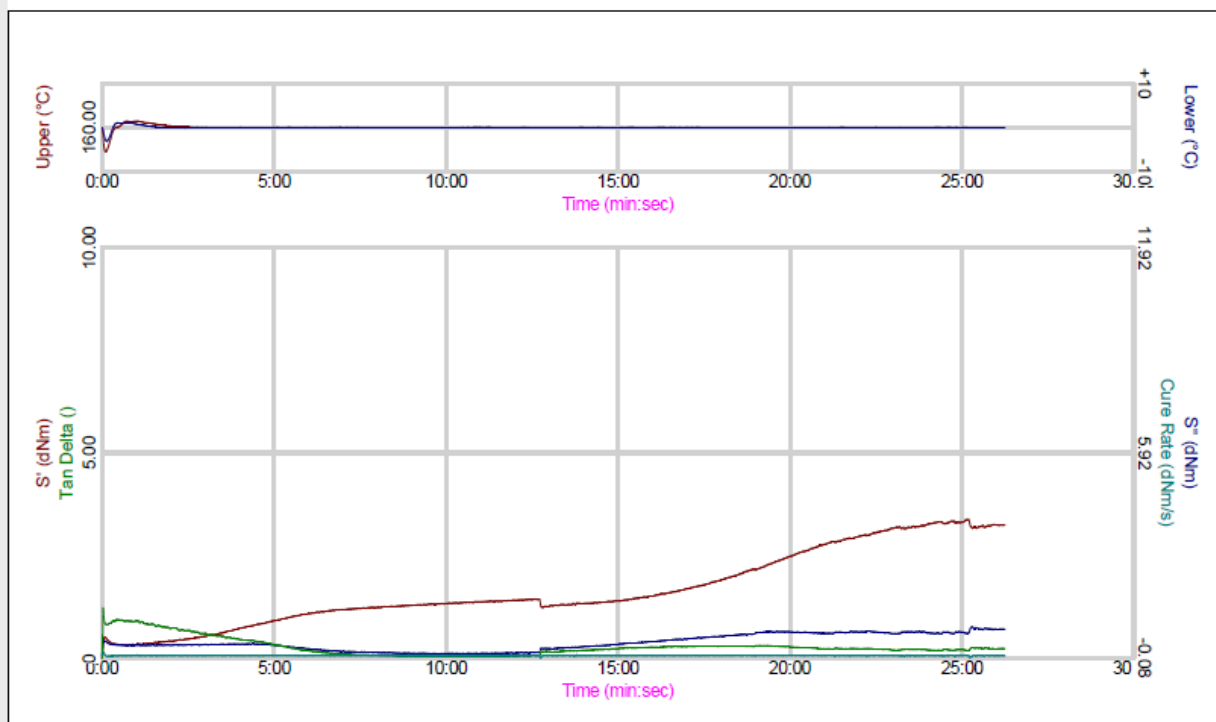


Рисунок Б.1 – Кинетика вулканизации смеси О

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шн.лов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Алфимаров Э	Result 1	Passed	20.03.2020 9:52:46	0.52	0.32	1.45	3.24	9:30
	Mean			0.52	0.32	1.45	3.24	9:30
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

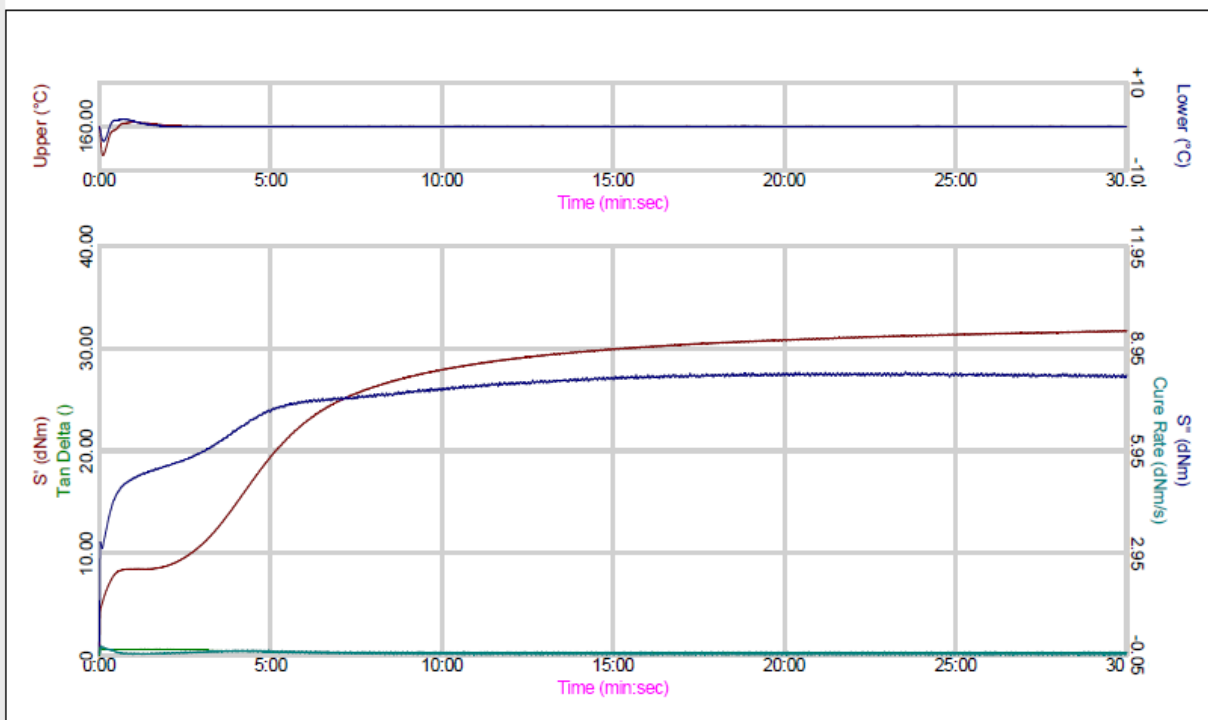
Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Алфимаров Э	Result 1	19:31	0:00	2:08	4:52	9:53	1.13
	Mean	19:31	0:00	2:08	4:52	9:53	1.13
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

Рисунок Б.2 - Кинетика вулканизации смеси Э

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шилтов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилартов Н	Result 1	Passed	19.03.2020 12:35:02	7.06	7.06	31.76	31.73	0:29
	Mean			7.06	7.06	31.76	31.73	0:29
	Std Dev.(F)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

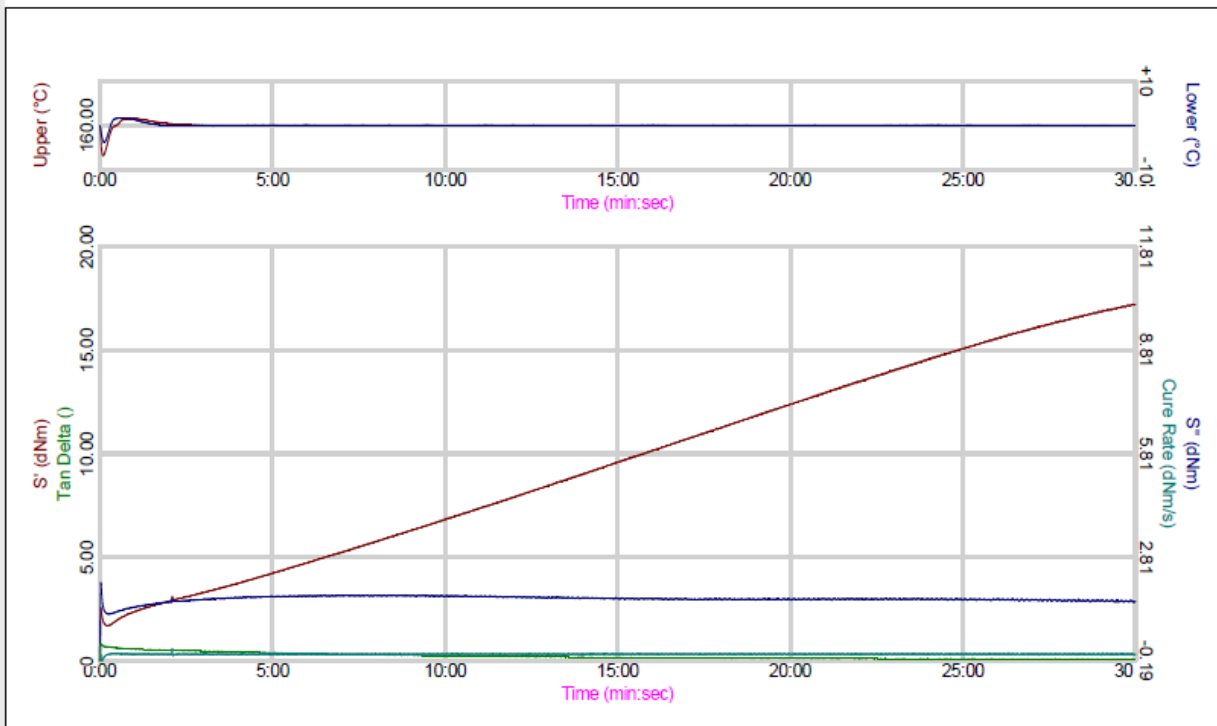
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':TS0%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Анфилартов Н	Result 1	2:12	2:28	5:00	12:47	24.70	4:28
	Mean	2:12	2:28	5:00	12:47	24.70	4:28
	Std Dev.(F)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.3 – Кинетика вулканизации смеси Н

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шиллов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов НЭ	Result 1	Passed	19.03.2020 11:33:16	2.56	1.70	17.21	17.20	1:36
	Mean			2.56	1.70	17.21	17.20	1:36
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

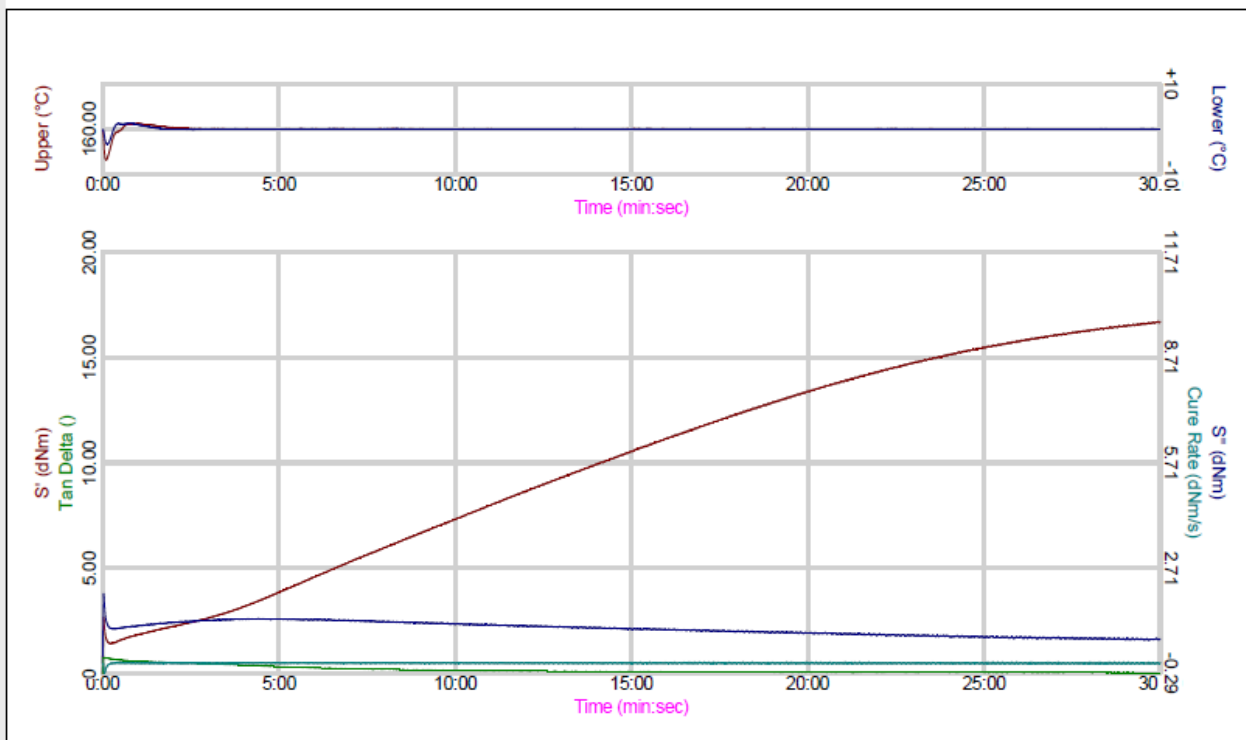
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Анфилатов НЭ	Result 1	3:55	2:53	14:48	26:10	15.51	18:48
	Mean	3:55	2:53	14:48	26:10	15.51	18:48
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.4 – Кинетика вулканизации смеси НЭ

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	ШПЛОВ	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов НЭ-М	Result 1	Passed	19.03.2020 11:01:34	2.66	1.43	16.70	16.69	2:30
	Mean			2.66	1.43	16.70	16.69	2:30
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

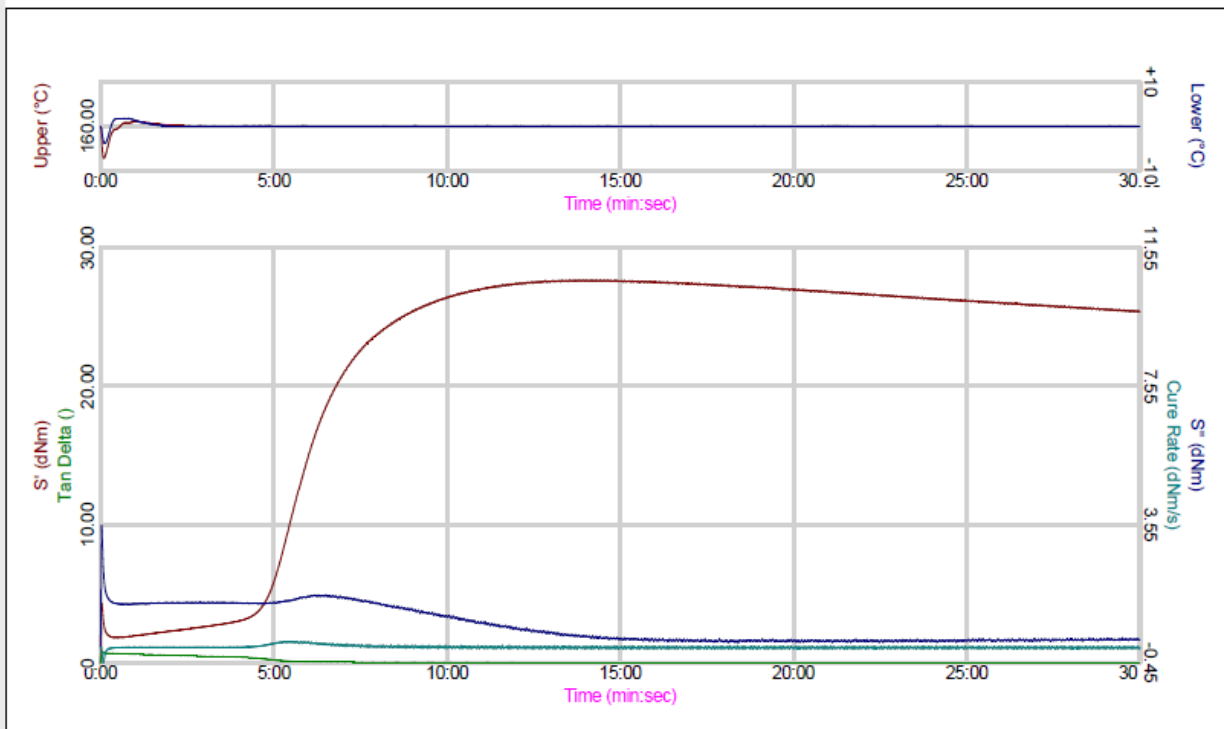
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Анфилатов НЭ-М	Result 1	4:24	3:38	12:38	24:08	15.28	16:30
	Mean	4:24	3:38	12:38	24:08	15.28	16:30
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.5 – Кинетика вулканизации смеси НЭ-М

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шилов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

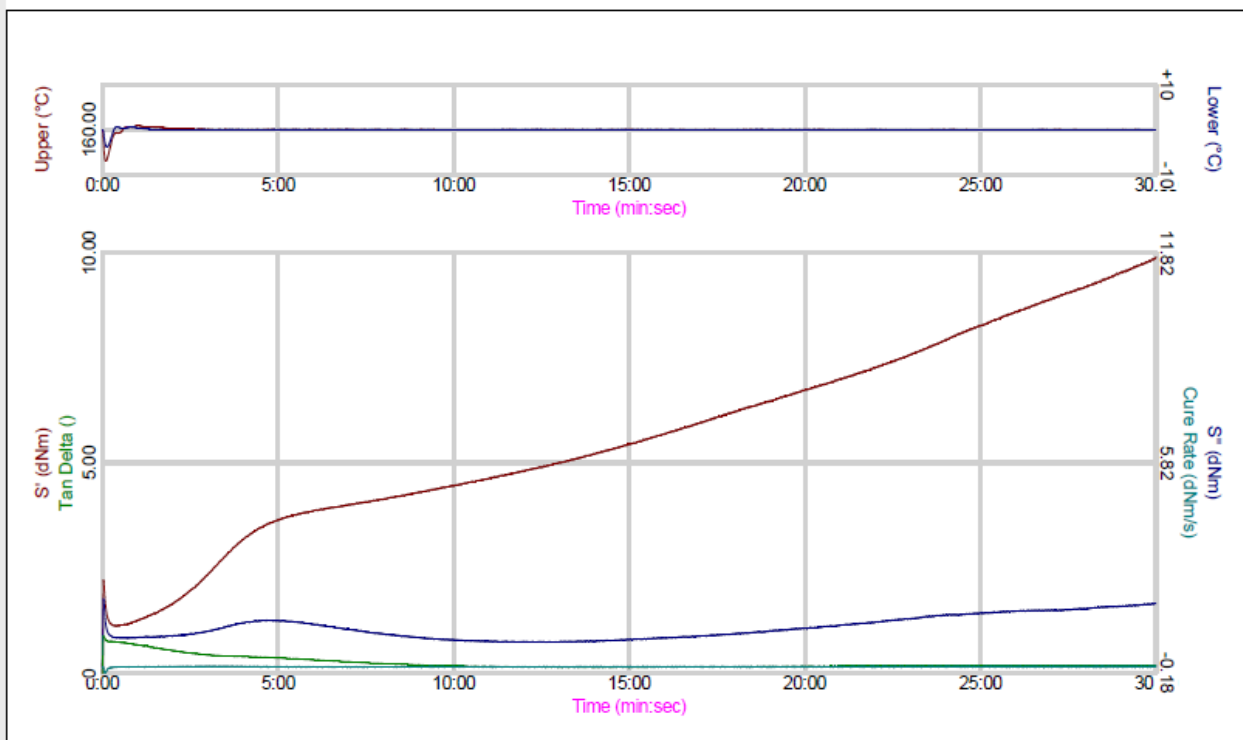


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфиларон У	Result 1	Passed	20.03.2020 10:20:25	4.34	1.84	27.66	25.36	3:35
	Mean			4.34	1.84	27.66	25.36	3:35
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':TS0%	S':T90%	S':Delta Cure
Анфиларон У	Result 1	4:35	5:39	4:45	5:59	8:47	25.82
	Mean	4:35	5:39	4:45	5:59	8:47	25.82
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.6 – Кинетика вулканизации смеси У

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шплов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

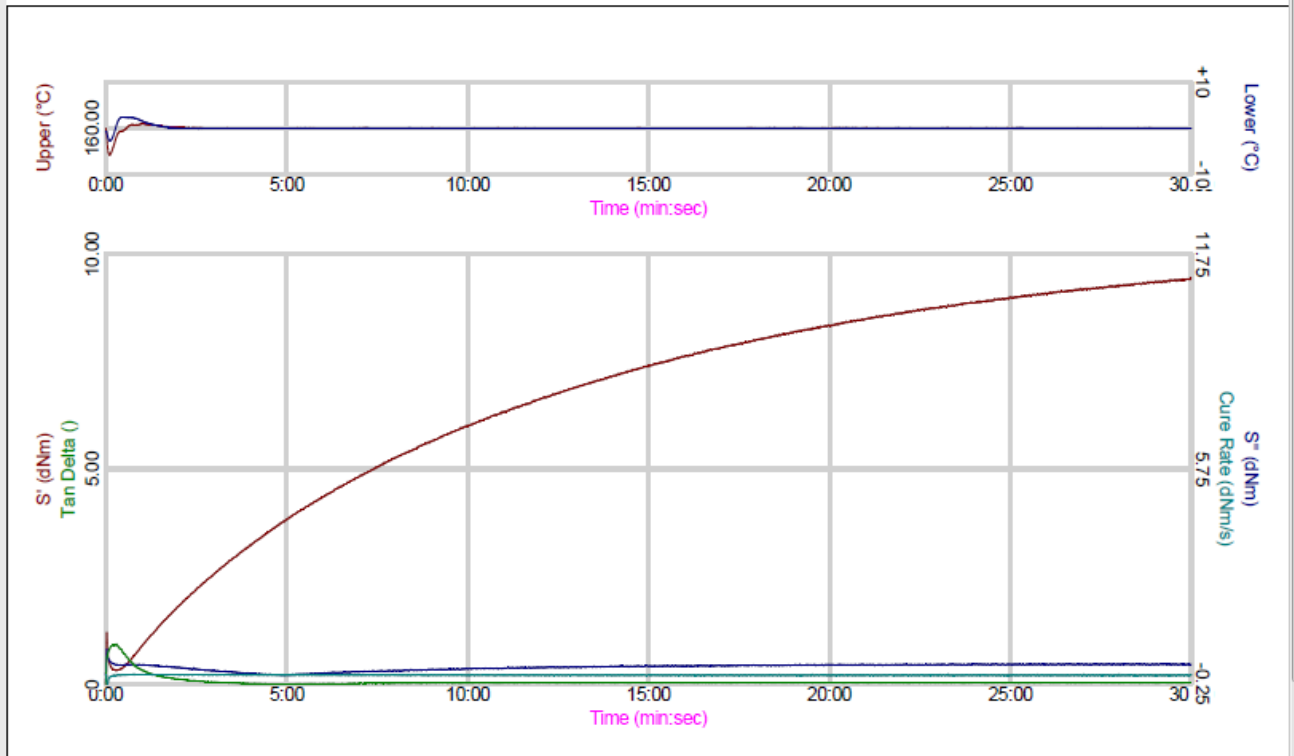


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Алфалатов УЭ	Result 1	Passed	20.03.2020 9:21:51	2.21	1.12	9.90	9.90	2:44
	Mean			2.21	1.12	9.90	9.90	2:44
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Алфалатов УЭ	Result 1	3:55	0:00	2:33	15:16	27:25	8.78
	Mean	3:55	0:00	2:33	15:16	27:25	8.78
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.7 – Кинетика вулканизации смеси УЭ

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	ШПЛОВ	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

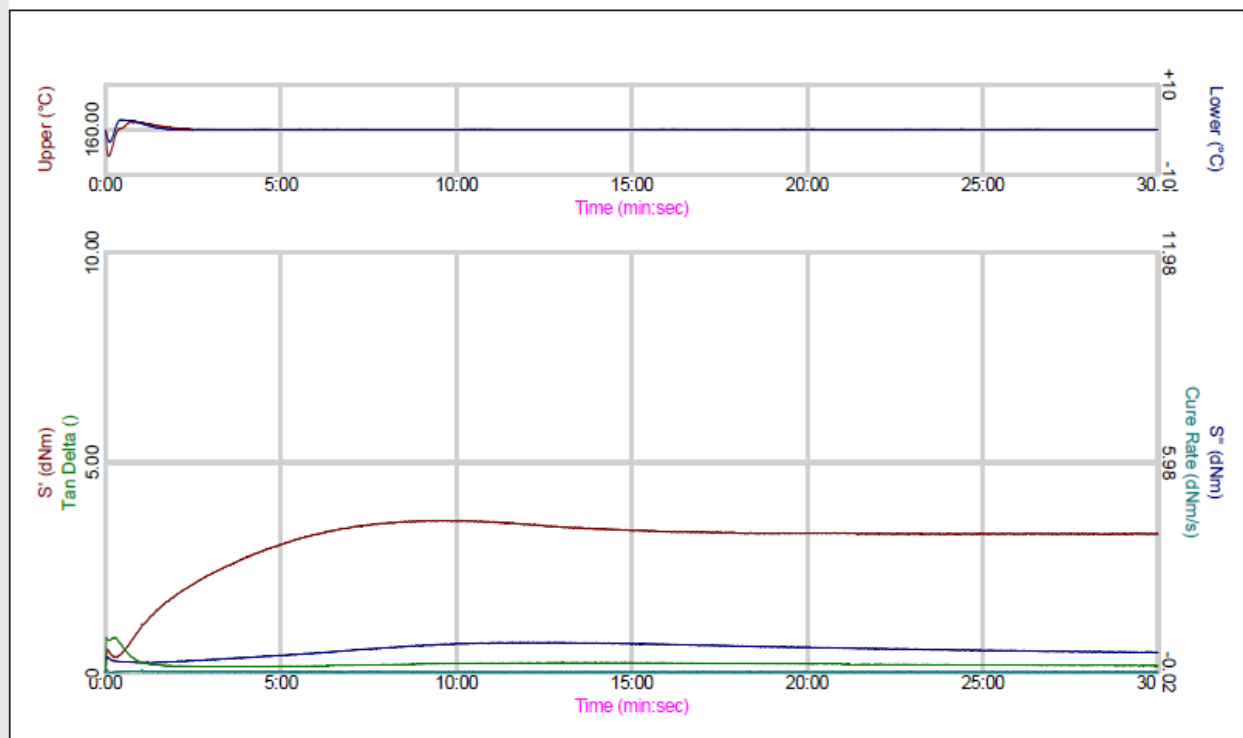


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов Оп	Result 1	Passed	11.11.2020 10:37:36	1.20	0.32	9.44	9.43	1:27
	Mean			1.20	0.32	9.44	9.43	1:27
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':TS50%	S':T90%	S':Delta Cure
Анфилатов Оп	Result 1	2:40	0:00	1:21	7:07	21:10	9.12
	Mean	2:40	0:00	1:21	7:07	21:10	9.12
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.8 – Кинетика вулканизации смеси Оп

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шилов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов Эп	Result 1	Passed	11.11.2020 10:06:18	0.55	0.37	3.63	3.29	1:20
	Mean			0.55	0.37	3.63	3.29	1:20
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

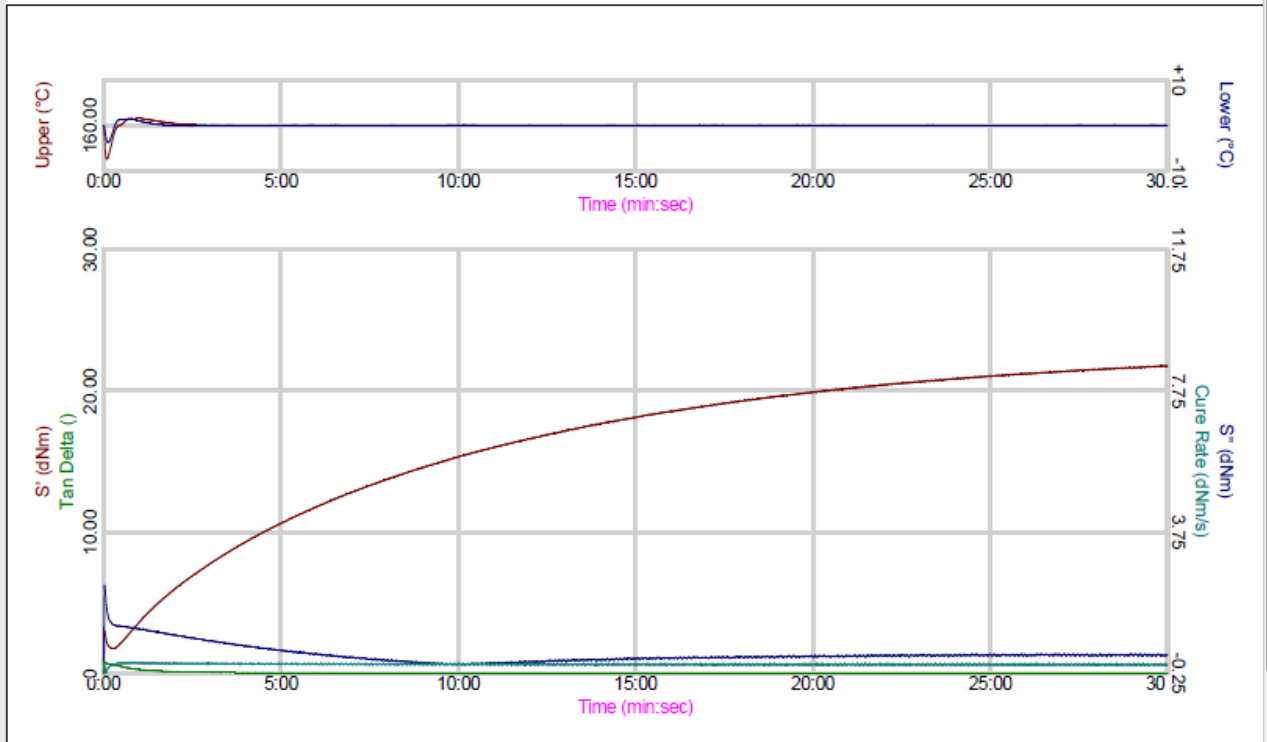
Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Анфилатов Эп	Result 1	3:03	0:42	0:42	2:18	6:02	3.25
	Mean	3:03	0:00	0:42	2:18	6:02	3.25
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.9 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Эп

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шилов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Алфилатов Уп	Result 1	Passed	10.11.2020 13:11:36	3.03	1.77	21.78	21.74	0:43
	Mean			3.03	1.77	21.78	21.74	0:43
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

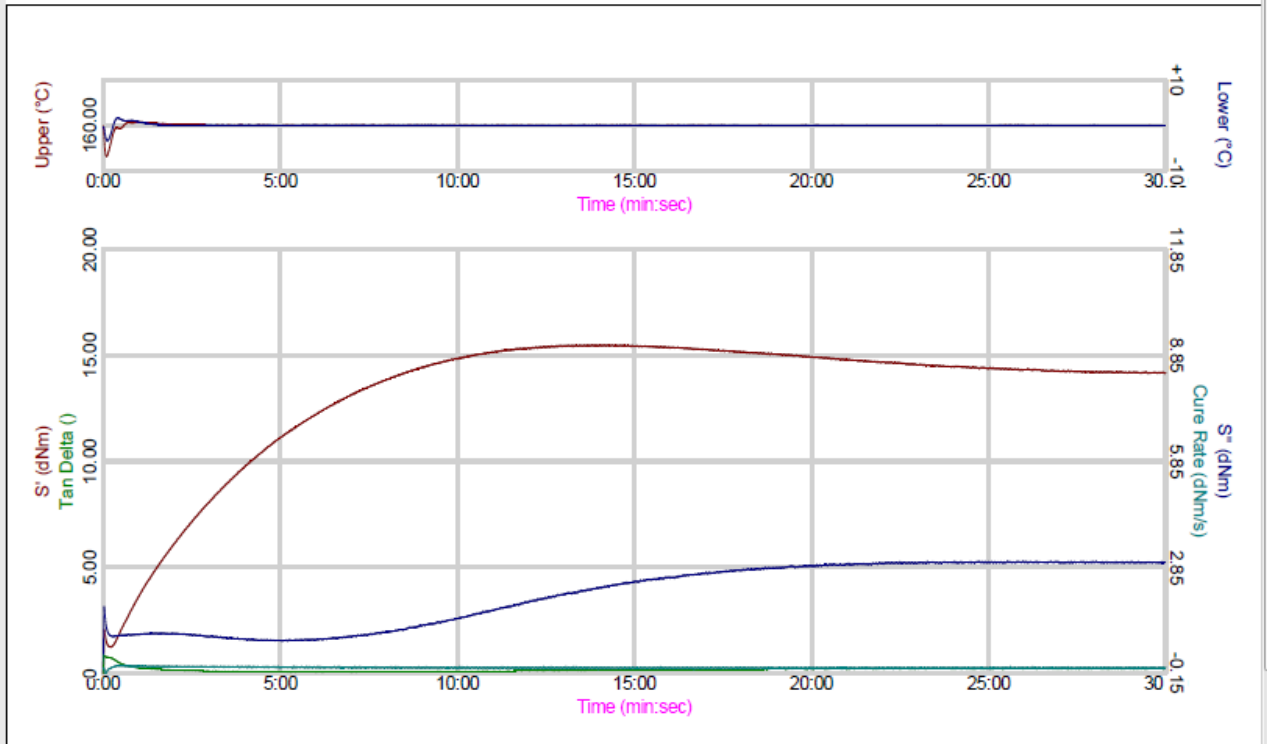
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Алфилатов Уп	Result 1	1:04	1:04	5:59	19:34	20.01	5:59
	Mean	1:04	1:04	5:59	19:34	20.01	5:59
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.10 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Уп

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шплов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

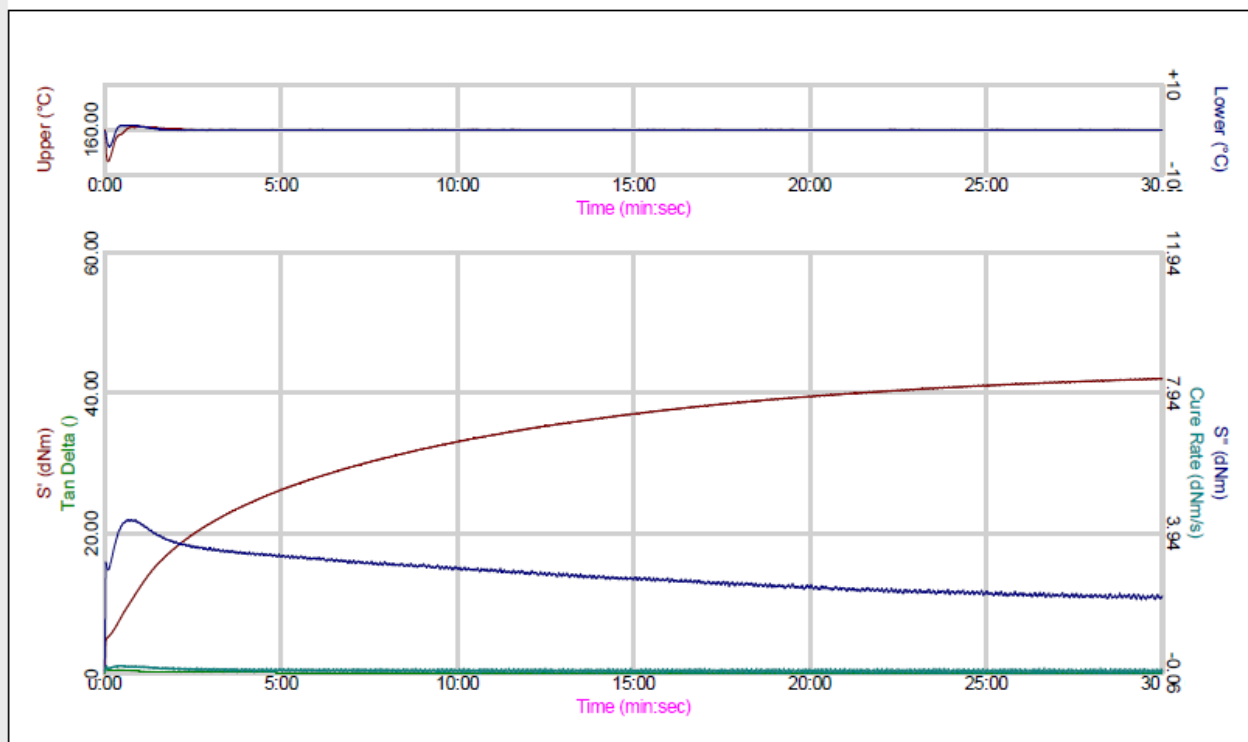


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов УЭп	Result 1	Passed	11.11.2020 9:34:53	2.06	1.24	15.49	14.18	0:34
	Mean			2.06	1.24	15.49	14.18	0:34
	Std Dev.(F)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':TS0%	S':T90%	S':Delta Cure
Анфилатов УЭп	Result 1	0:53	5:06	0:42	3:09	8:20	14.25
	Mean	0:53	5:06	0:42	3:09	8:20	14.25
	Std Dev.(F)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.11 – Кинетика вулканизации резиновой смеси УЭп

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шилов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов Нп	Result 1	Passed	10.11.2020 13:42:59	5.14	5.14	42.09	42.02	0:15
	Mean			5.14	5.14	42.09	42.02	0:15
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

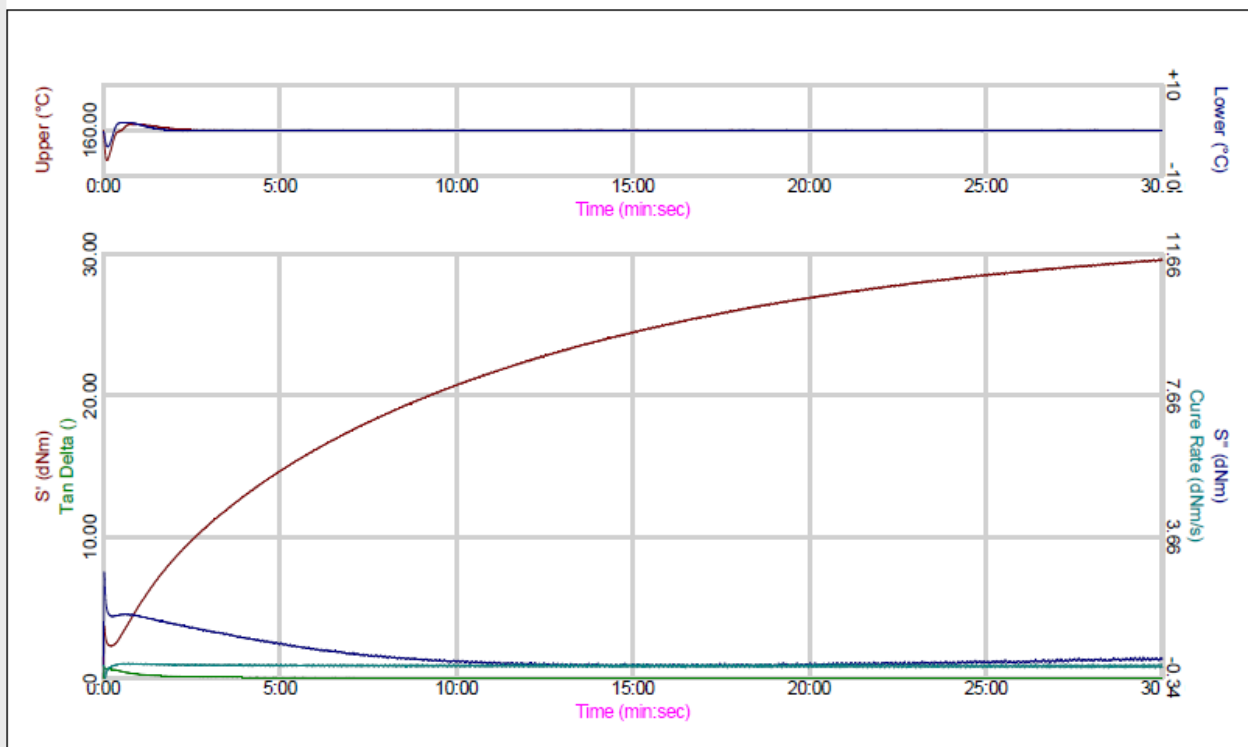
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Анфилатов Нп	Result 1	0:22	0:34	3:49	17:26	36.95	1:25
	Mean	0:22	0:34	3:49	17:26	36.95	1:25
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.12 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Нп

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шп.лов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

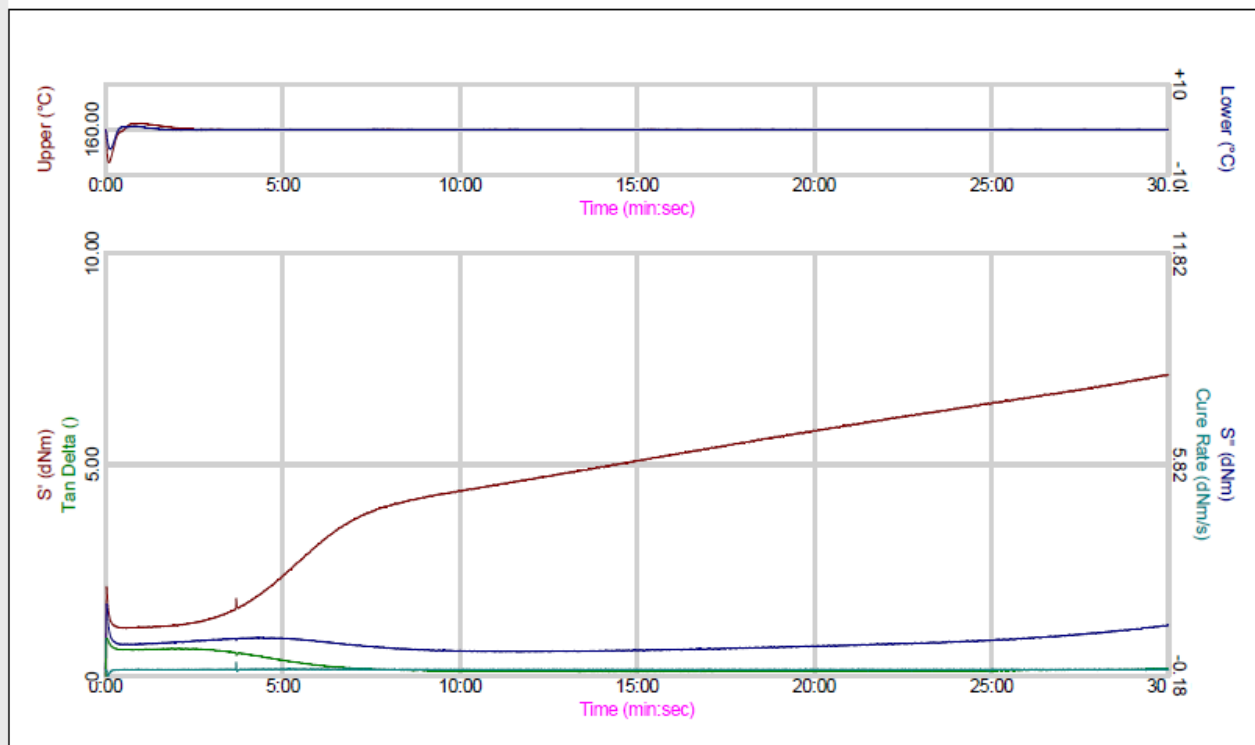


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов НЭп	Result 1	Passed	10.11.2020 14:14:13	3.70	2.27	29.64	29.56	0:34
	Mean			3.70	2.27	29.64	29.56	0:34
	Std Dev.(F)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Анфилатов НЭп	Result 1	0:48	0:59	5:52	19:57	27.37	3:40
	Mean	0:48	0:59	5:52	19:57	27.37	3:40
	Std Dev.(F)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.13 – Кинетика вулканизации резиновой смеси НЭп

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шилов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

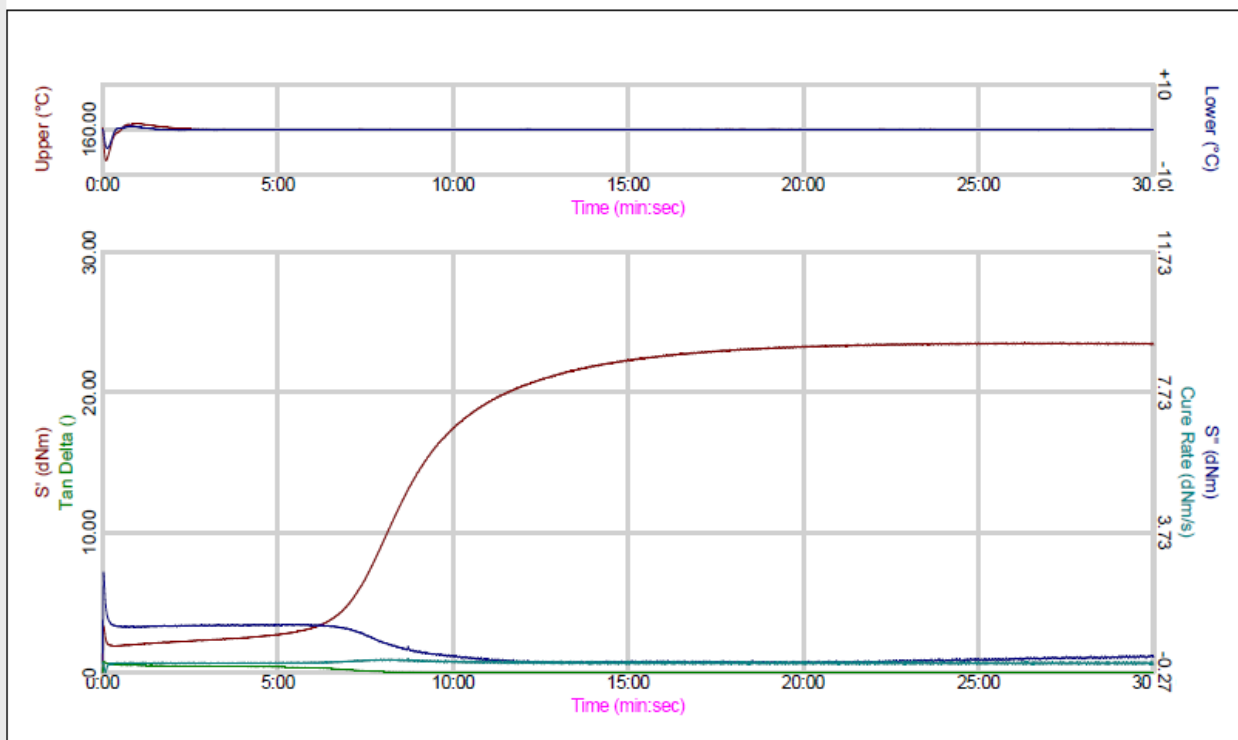


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов Эо	Result 1	Passed	19.04.2021 14:01:28	2.11	1.13	1.83	7.12	4:40
	Mean			2.11	1.13	1.83	7.12	4:40
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Анфилатов Эо	Result 1	6:03	0:00	1:55	3:25	3:41	0.70
	Mean	6:03	0:00	1:55	3:25	3:41	0.70
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.14 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Э0

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шплов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Авфлатов Э1	Result 1	Passed	17.03.2021 12:21:00	3.31	1.88	23.54	23.41	5:27
	Mean			3.31	1.88	23.54	23.41	5:27
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

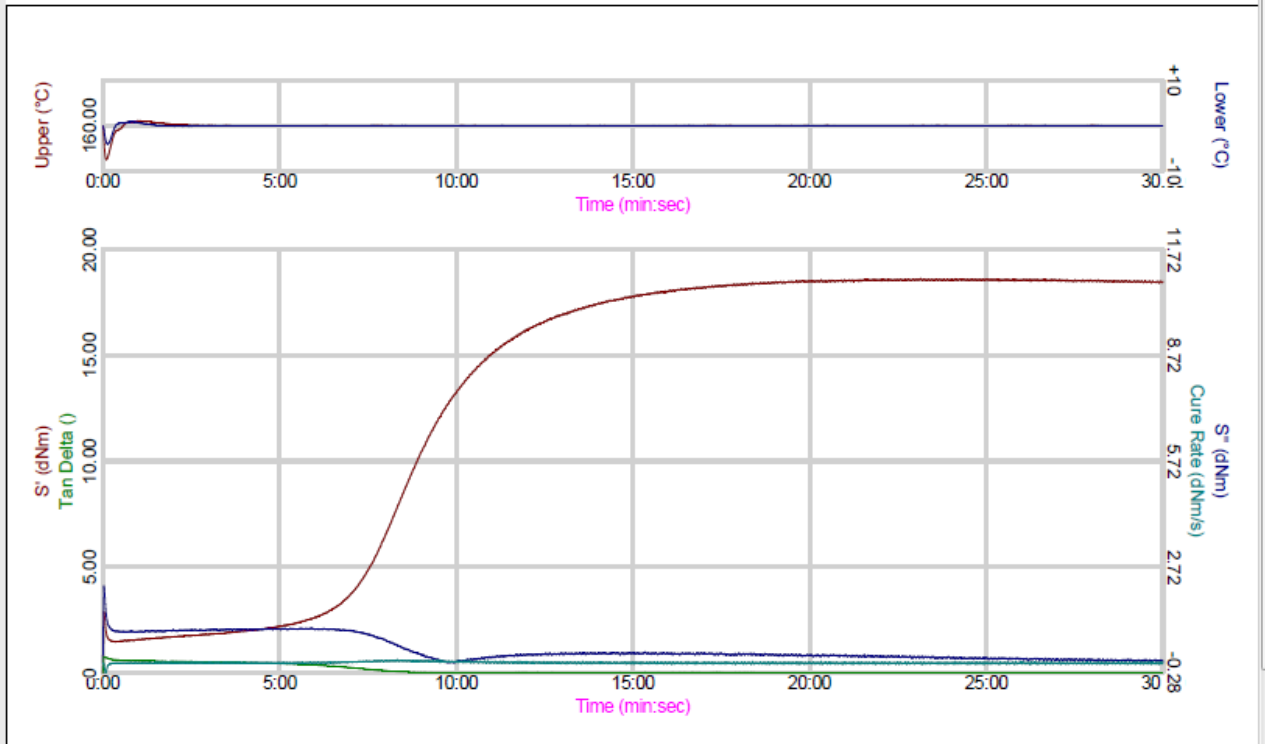
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Авфлатов Э1	Result 1	6:35	6:40	8:39	13:05	21.66	8:29
	Mean	6:35	6:40	8:39	13:05	21.66	8:29
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.15 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Э1

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шплов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов Э3	Result 1	Passed	17.03.2021 12:51:51	2.89	1.46	18.62	18.46	5:44
	Mean			2.89	1.46	18.62	18.46	5:44
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

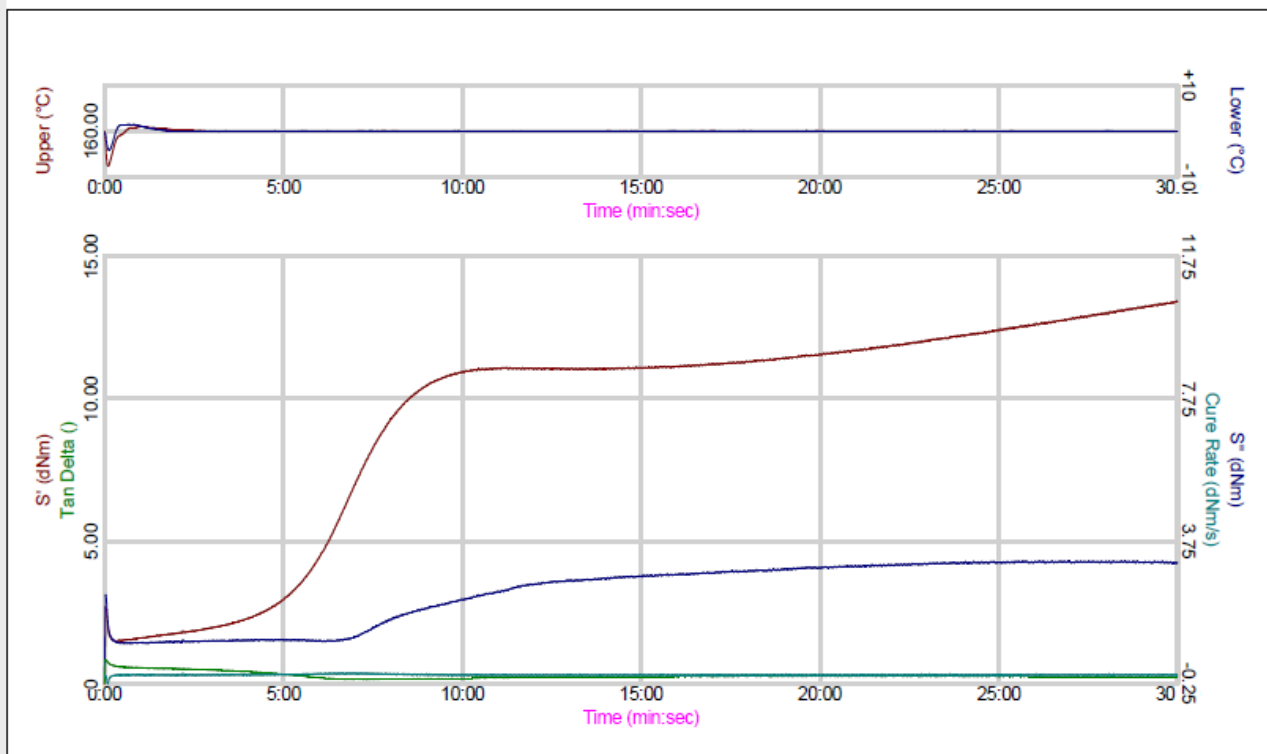
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Анфилатов Э3	Result 1	6:52	6:40	8:54	13:00	17.16	9:20
	Mean	6:52	6:40	8:54	13:00	17.16	9:20
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.16 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Э3

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шн.лов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов Э6	Result 1	Passed	17.03.2021 13:23:02	2.70	1.49	13.42	13.39	4:23
	Mean			2.70	1.49	13.42	13.39	4:23
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

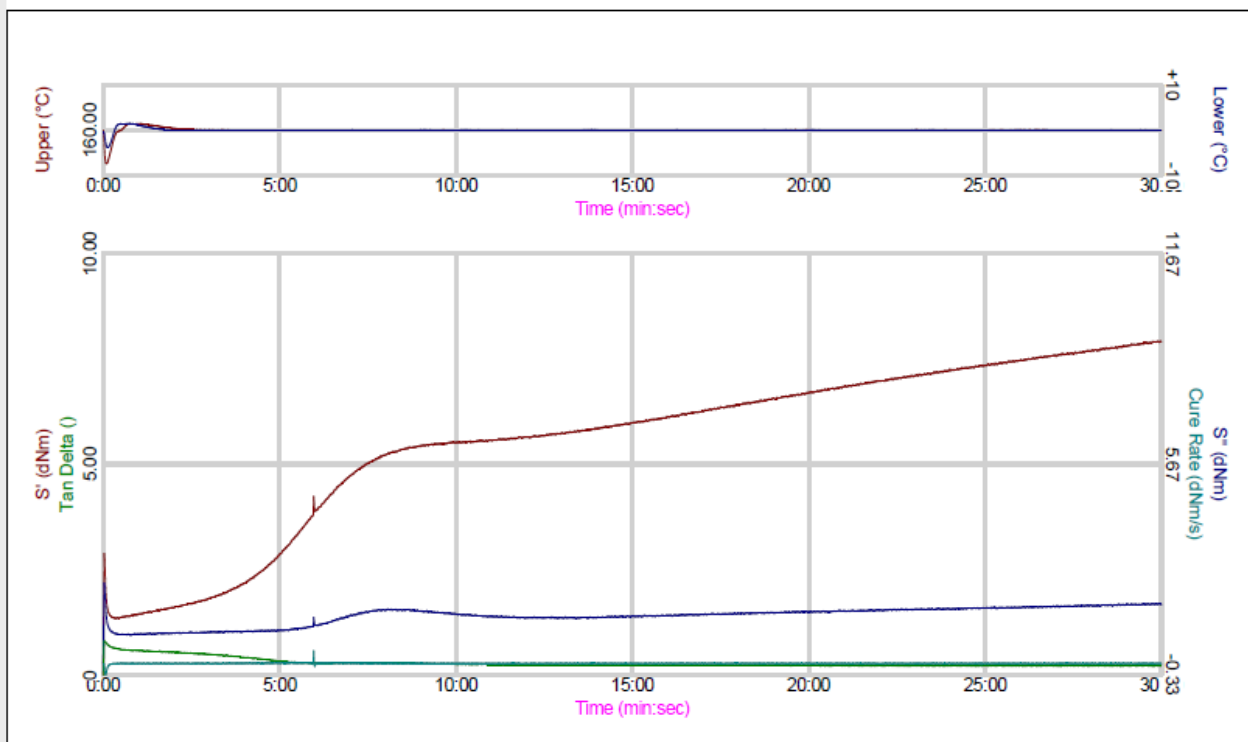
Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Анфилатов Э6	Result 1	5:28	4:41	7:10	24:00	11.93	19:24
	Mean	5:28	4:41	7:10	24:00	11.93	19:24
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.17 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Э6

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шнлов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

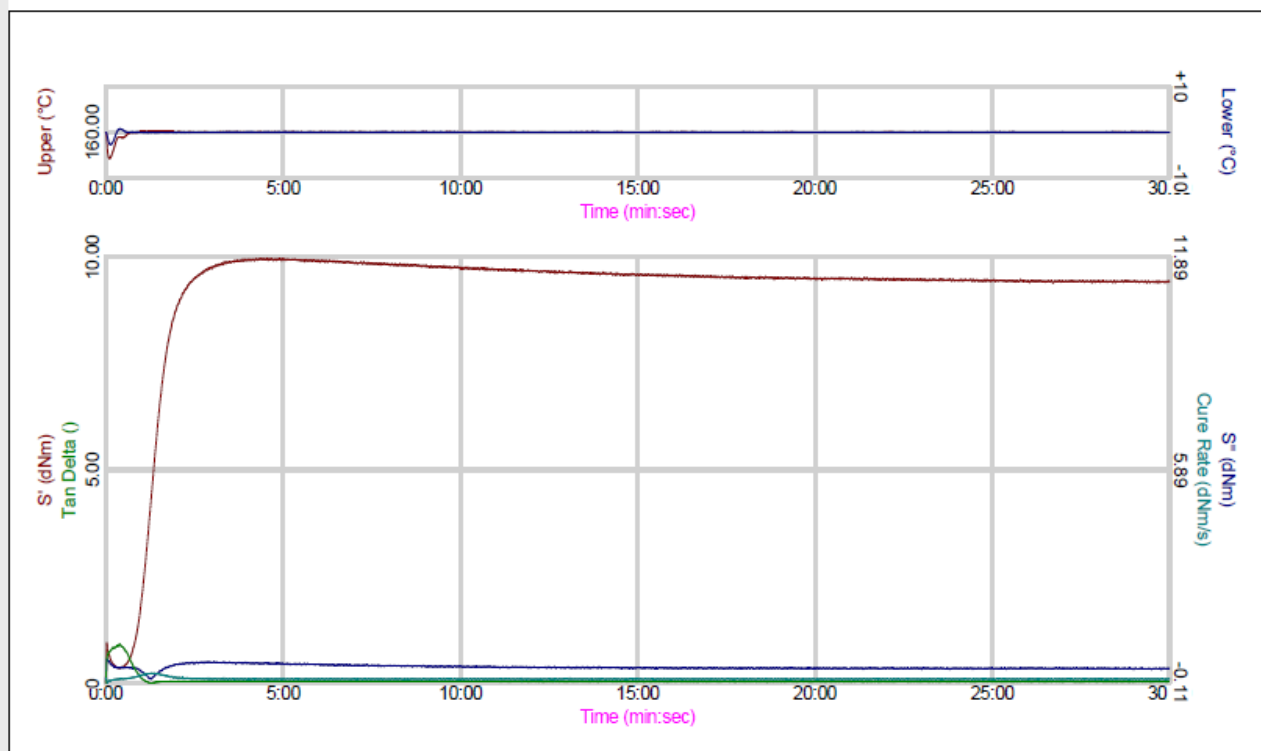


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Авфилатов Э12	Result 1	Passed	17.03.2021 13:53:40	2.88	1.34	7.91	7.91	4:17
	Mean			2.88	1.34	7.91	7.91	4:17
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure	S':TS10
Авфилатов Э12	Result 1	5:30	3:34	6:52	24:12	6.57	
	Mean	5:30	3:34	6:52	24:12	6.57	0:00
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00	0:00

Рисунок Б.18 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Э12

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шн.лов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Авфлатов От	Result 1	Passed	19.04.2021 9:49:17	0.94	0.34	9.97	9.42	0.55
	Mean			0.94	0.34	9.97	9.42	0.55
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

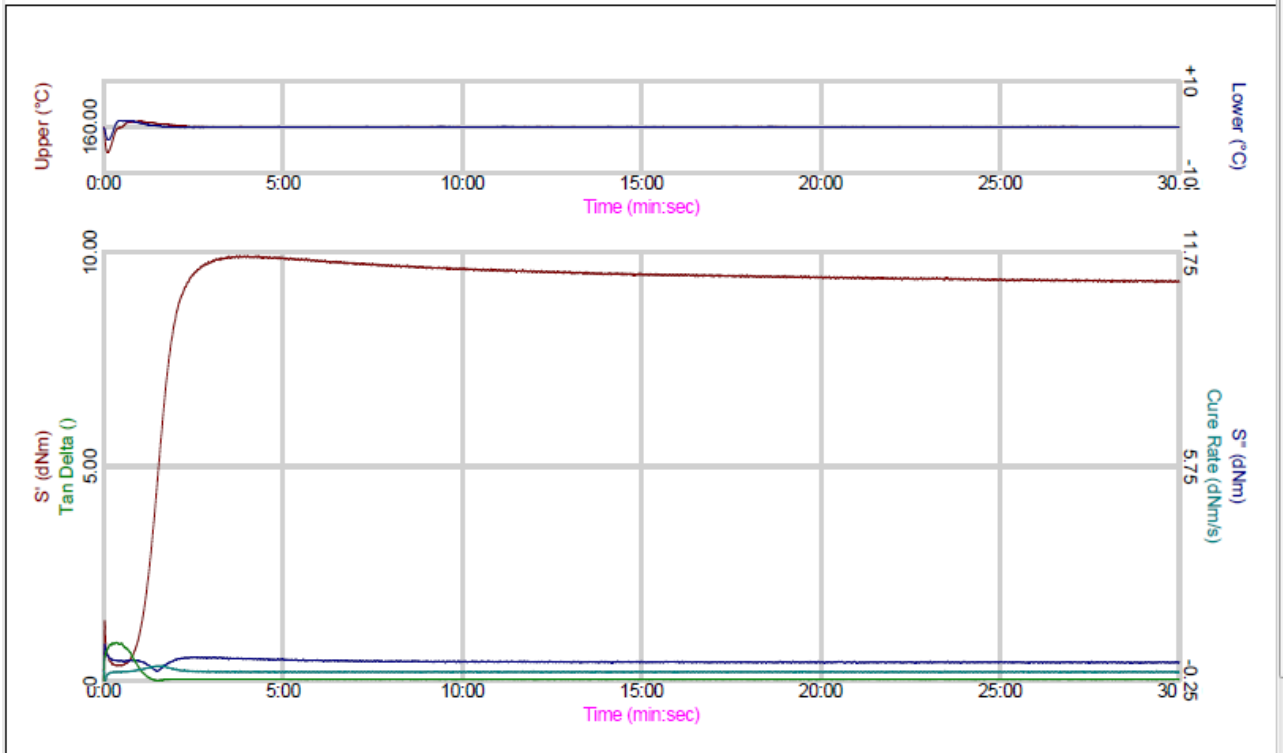
Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Авфлатов От	Result 1	1:04	0:00	0:54	1:22	2:06	9.62
	Mean	1:04	0:00	0:54	1:22	2:06	9.62
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.19 – Кинетика вулканизации резиновой смеси От

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шн.лов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Авфилатов Эр	Result 1	Passed	19.04.2021 10:20:47	1.40	0.35	9.91	9.30	1:04
	Mean			1.40	0.35	9.91	9.30	1:04
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

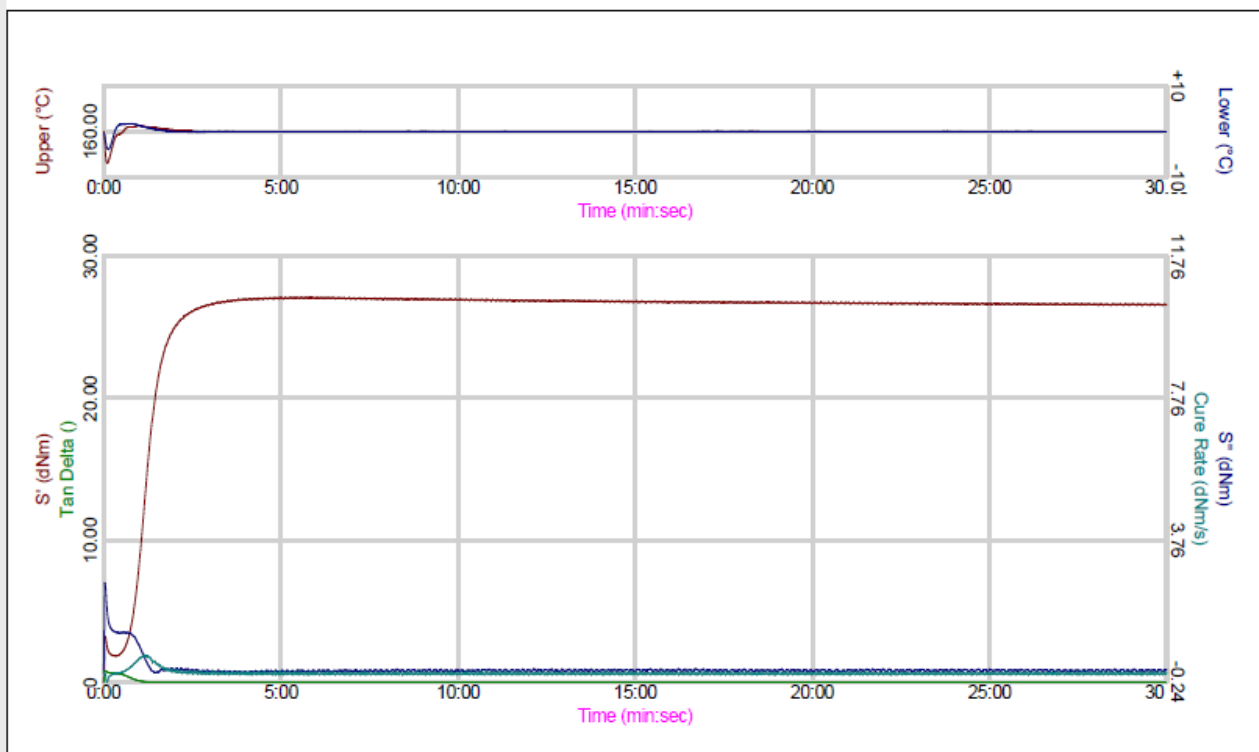
Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Авфилатов Эр	Result 1	1:14	0:00	1:03	1:33	2:10	9.56
	Mean	1:14	0:00	1:03	1:33	2:10	9.56
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.20 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Эт

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шп.лов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Авфлатов Ут	Result 1	Passed	19.04.2021 11:23:29	3.22	1.85	27.10	26.60	0:40
	Mean			3.22	1.85	27.10	26.60	0:40
	Std Dev.(F)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

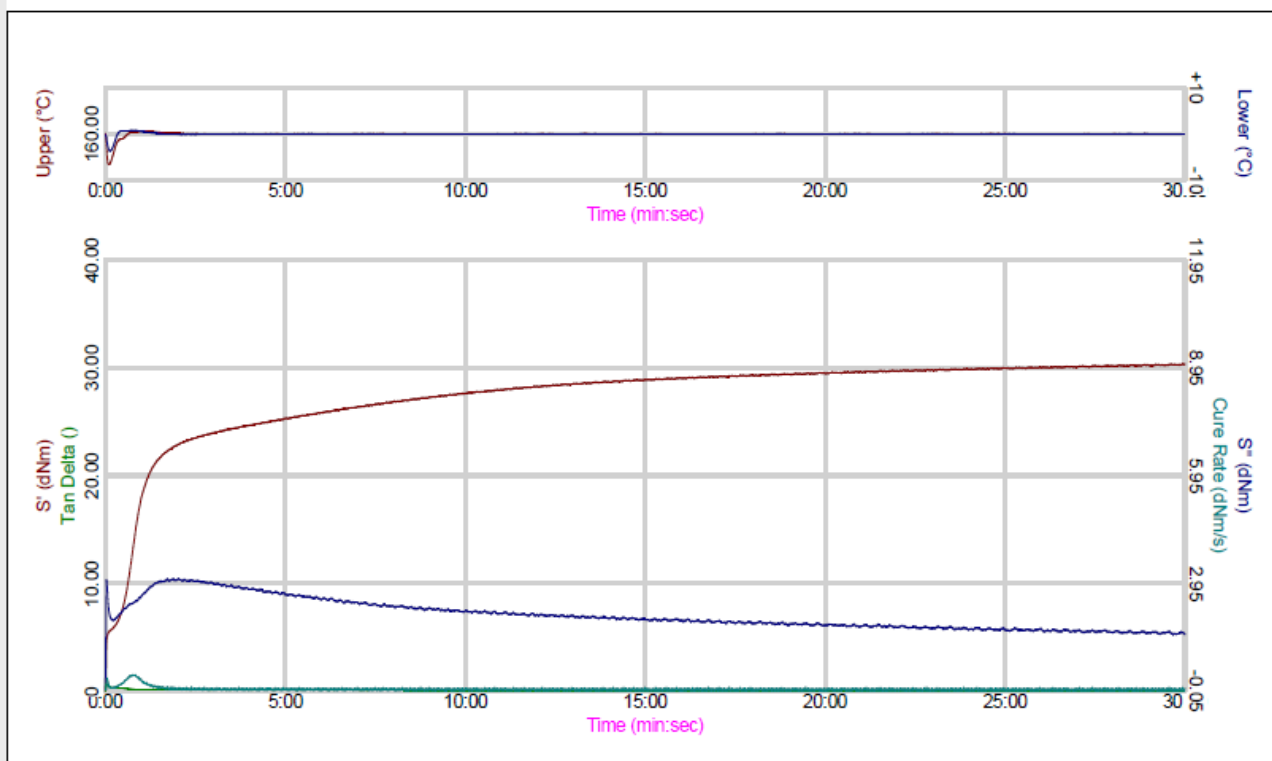
Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Авфлатов Ут	Result 1	0:46	1:08	0:48	1:13	1:55	25.25
	Mean	0:46	1:08	0:48	1:13	1:55	25.25
	Std Dev.(F)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.21 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Ут

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	ШилоВ	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°

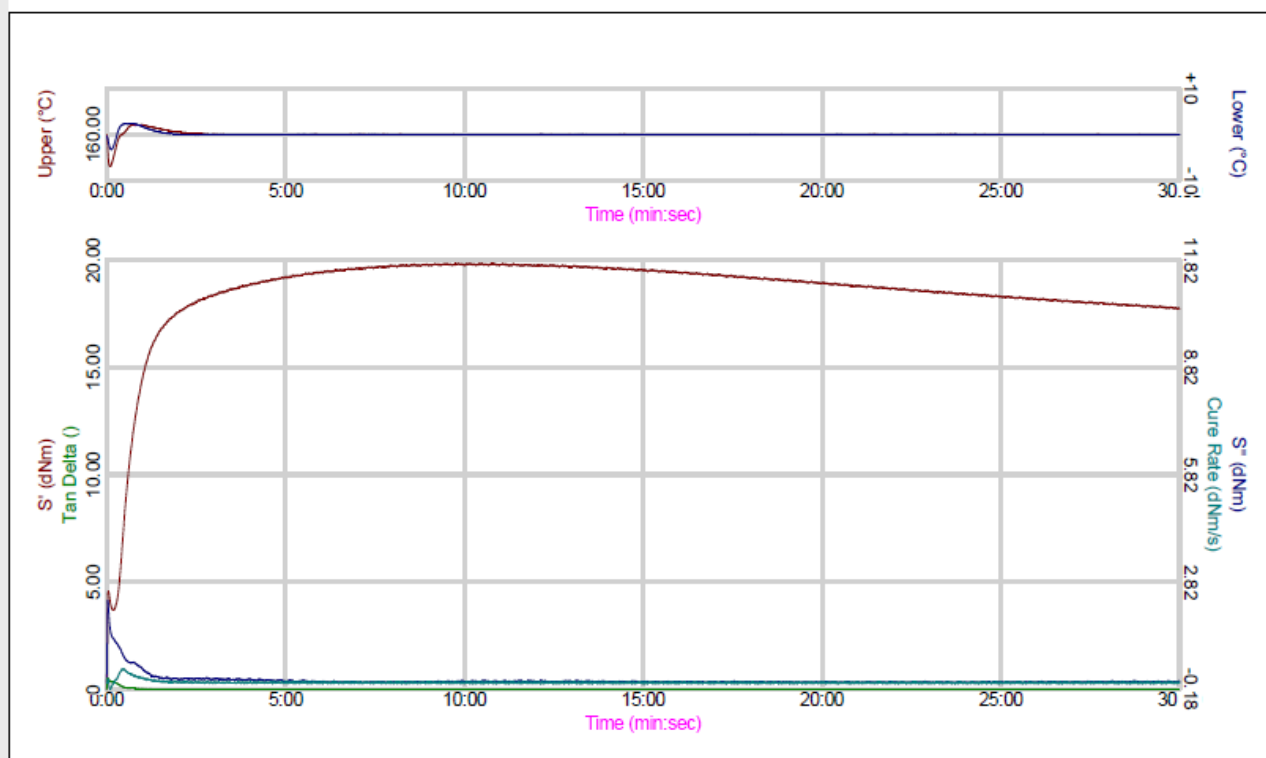


Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов Нг	Result 1	Passed	19.04.2021 10:52:10	5.55	5.55	30.37	30.36	0:21
	Mean			5.55	5.55	30.37	30.36	0:21
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Анфилатов Нг	Result 1	0:28	0:52	0:31	1:00	10:36	24.82
	Mean	0:28	0:52	0:31	1:00	10:36	24.82
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00

Рисунок Б.22 – Кинетика вулканизации резиновой смеси Нг

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	ШилоВ	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Авфларов УЭт	Result 1	Passed	19.04.2021 12:25:52	4.57	3.69	19.84	17.73	0:20
	Mean			4.57	3.69	19.84	17.73	0:20
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

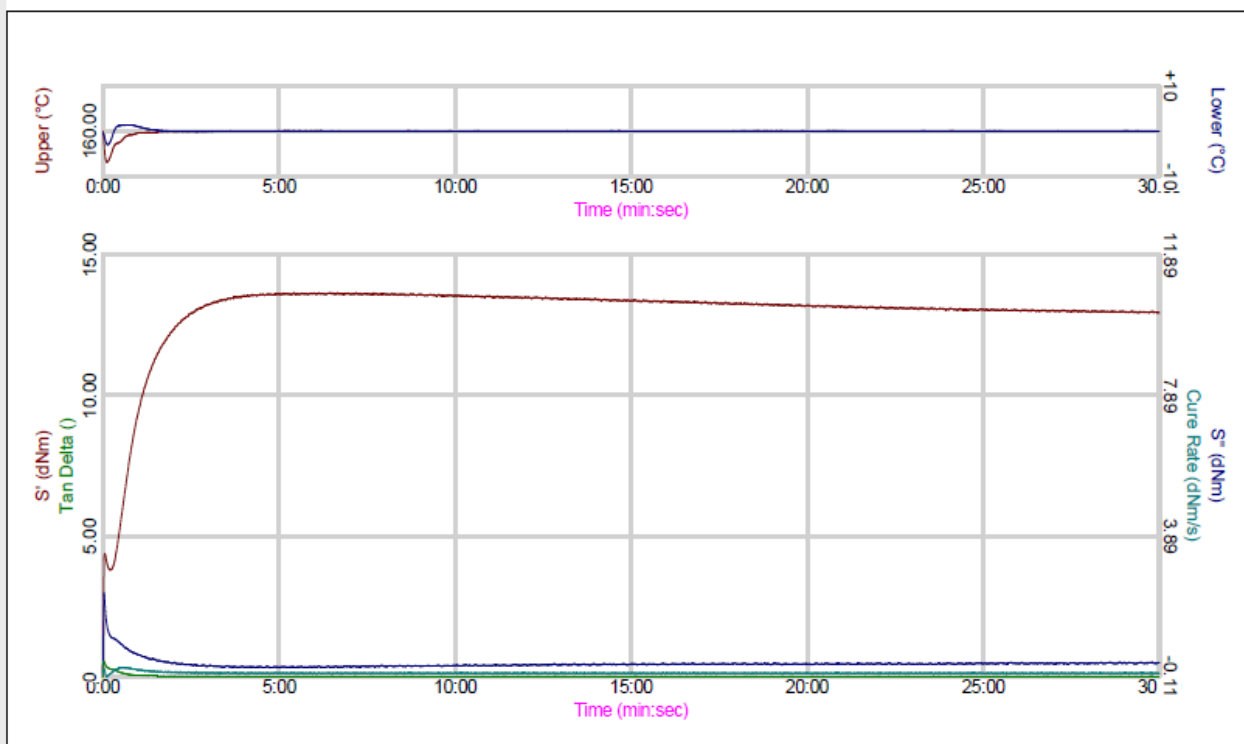
Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':TS0%	S':T90%	S':Delta Cure
Авфларов УЭт	Result 1	0:24	0:54	0:22	0:43	2:46	16.15
	Mean	0:24	0:54	0:22	0:43	2:46	16.15
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.23 – Кинетика вулканизации резиновой смеси УЭт

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шиллов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Анфилатов НЭт	Result 1	Passed	19.04.2021 11:54:27	4.37	3.81	13.64	12.93	0.26
	Mean			4.37	3.81	13.64	12.93	0.26
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

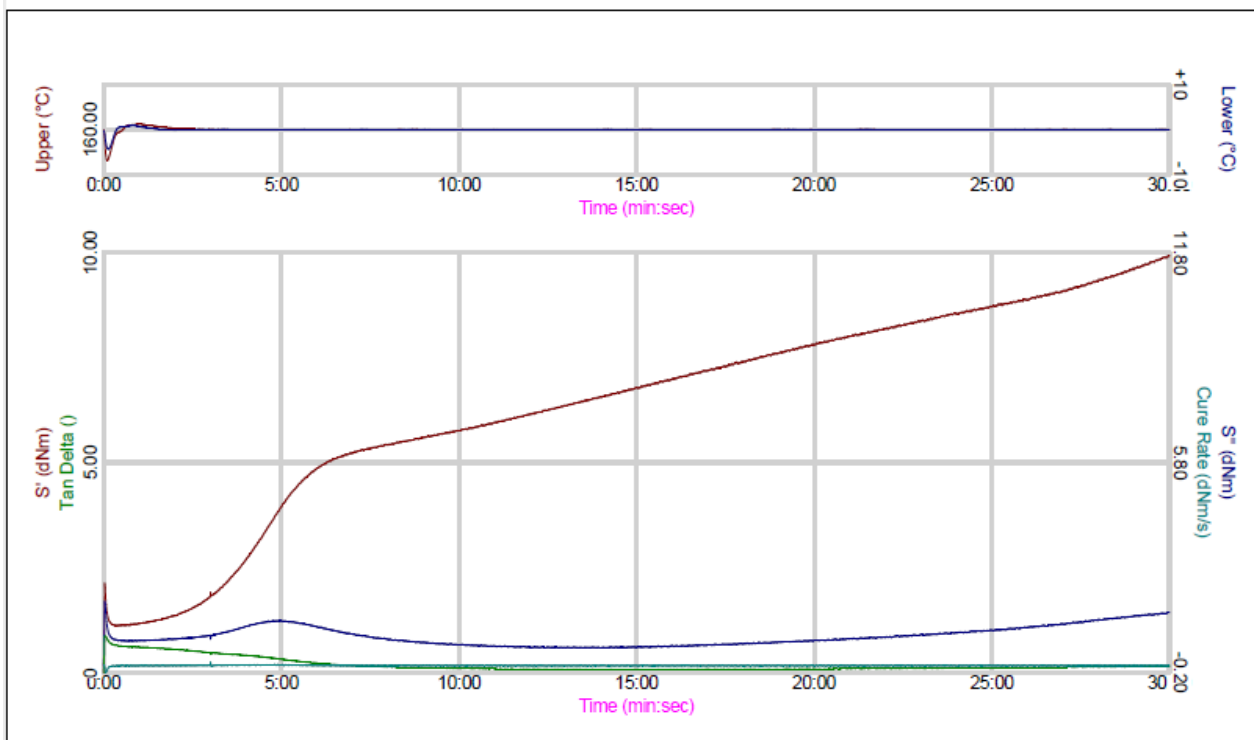
Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':TS0%	S':T90%	S':Delta Cure
Анфилатов НЭт	Result 1	0.32	0.00	0.25	0.54	2.16	9.84
	Mean	0.32	0.00	0.25	0.54	2.16	9.84
	Std Dev.(P)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	USL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	LSL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Рисунок Б.24 – Кинетика вулканизации резиновой смеси НЭт

Vyat SU

Rheometer Test

Instrument Type	Compound	Method	Test Length	Temperature	Arc
Instrument1	Шплов	Кривые вулканизации	30:00mins	160.00°C	0.5°



Batch	Result Name	Result	Date/Time	S':Initial	S':Minimum	S':Maximum	S':Final	S':TS1
Авфилатов УЭС6	Result 1	Passed	19.04.2021 13:29:28	2.13	1.12	9.92	9.91	3:26
	Mean			2.13	1.12	9.92	9.91	3:26
	Std Dev.(P)			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	USL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00
	LSL			0.00	0.00	0.00	0.00	0:00

Batch	Result Name	S':TS2	S':TS10	S':T10%	S':T50%	S':T90%	S':Delta Cure
Авфилатов УЭС6	Result 1	4:22	0:00	3:17	8:35	26:47	8.81
	Mean	4:22	0:00	3:17	8:35	26:47	8.81
	Std Dev.(P)	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	USL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00
	LSL	0:00	0:00	0:00	0:00	0:00	0.00

Рисунок Б.25 – Кинетика вулканизации резиновой смеси УЭС6

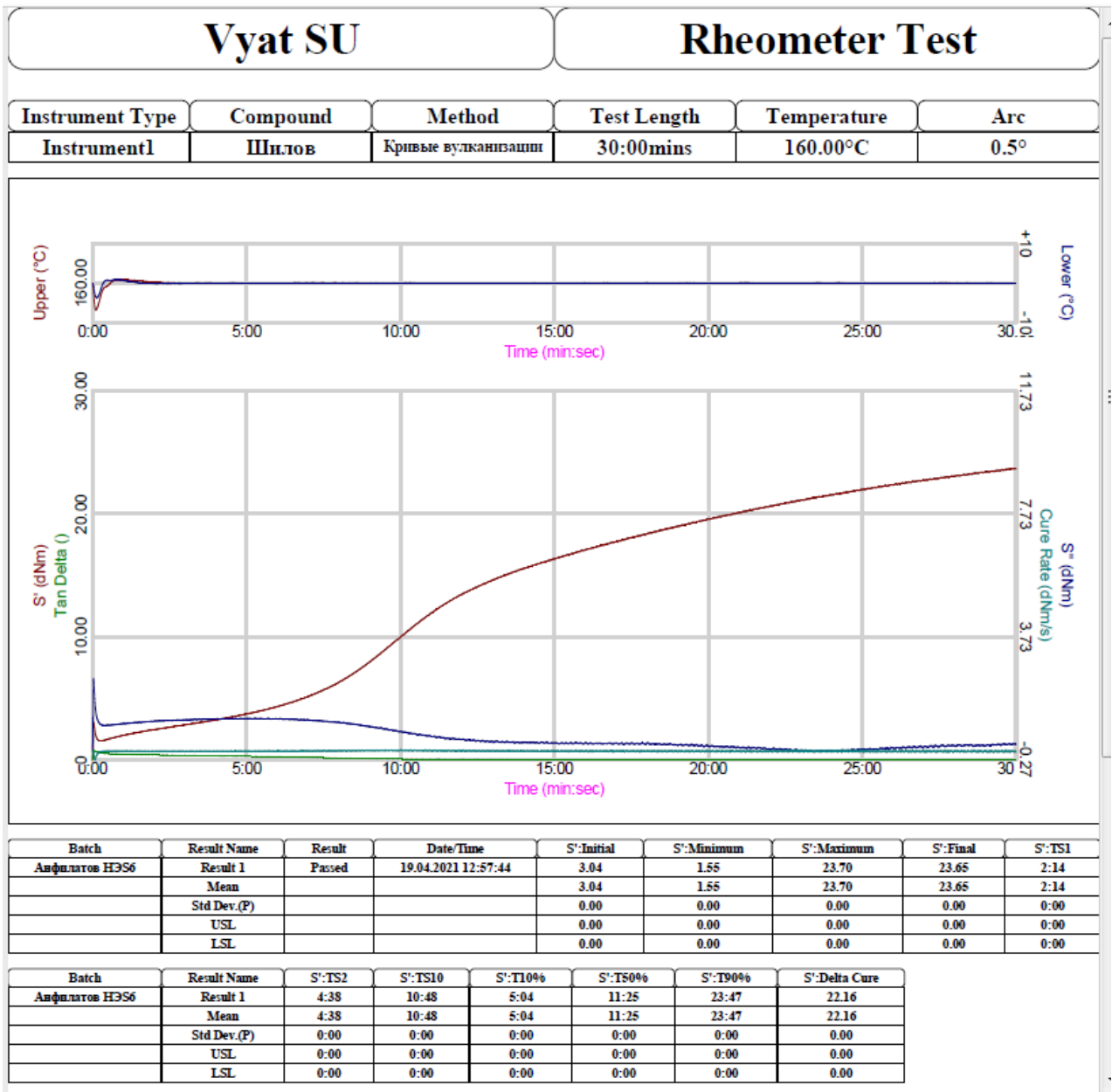


Рисунок Б.26 – Кинетика вулканизации резиновой смеси НЭС6

Приложение В
(справочное)
Упруго-прочностные характеристики резин

Таблица В.1 – Упруго-прочностные характеристики резины У

Показатель	У					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,214	0,189	0,253	0,206	0,234	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,064	0,057	0,076	0,062	0,070	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	3,0	3,2	3,5	3,2	3,5	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	6,7	7,0	8,1	7,1	7,8	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	46,9	56,1	46,1	51,6	50	50,1
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	104,7	122,8	106,6	114,5	111,4	112
Относительное удлинение при разрыве, %	180	180	170	200	160	180
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,7	2,5	2,5	2,6	2,6	-
Остаточное удлинение, %	8,0	0	0	4,0	4,0	3,2
Истинная прочность, кгс/см ²	293,2	343,8	287,8	343,5	289,6	311,6

Таблица В.2 – Упруго-прочностные характеристики резины УЭ

Показатель	УЭ					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,174	0,180	0,183	0,197	0,205	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,052	0,054	0,055	0,059	0,062	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,9	0,9	1,0	1,3	1,5	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	3,5	4,2	4,4	4,6	5,0	-
Нагрузка при разрыве, кгс	4,7	6,6	7,3	7,0	7,5	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	17,3	16,7	18,2	22,0	24,2	19,7
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	67,3	77,8	80,0	78,0	80,6	76,7
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	90,4	122,2	132,7	118,6	121,0	117,0
Относительное удлинение при разрыве, %	410	480	510	500	440	470
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,7	2,6	2,6	2,7	2,8	-
Остаточное удлинение, %	8,0	4,0	4,0	8,0	12,0	7,2
Истинная прочность, кгс/см ²	461,0	708,8	809,5	711,6	653,4	668,9

Таблица В.3 – Упруго-прочностные характеристики резины Н

Показатель	Н					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,220	0,250	0,226	0,280	0,217	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,066	0,076	0,068	0,084	0,065	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	1,7	1,8	1,7	2,2	2,0	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	5,0	4,9	4,7	5,7	4,6	-
Нагрузка при разрыве, кгс	7,2	7,8	7,2	5,8	6,5	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	25,8	23,7	25,0	26,2	30,8	26,3
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	75,8	64,5	69,1	67,9	70,8	69,6
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	109,1	102,6	105,9	69,0	100,0	97,3
Относительное удлинение при разрыве, %	450	420	450	320	430	410
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	3,0	3,0	3,3	2,7	3,3	-
Остаточное удлинение, %	20,0	20,0	32,0	8,0	32,0	22,4
Истинная прочность, кгс/см ²	600,1	533,5	582,5	289,8	530,0	507,2

Таблица В.4 – Упруго-прочностные характеристики резины О

Показатель	О					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,259	0,235	0,201	0,168	0,182	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,078	0,071	0,060	0,050	0,055	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,7	0,6	0,5	0,4	0,5	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	0,9	0,8	0,6	0,6	0,7	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	9,0	8,5	8,3	8,0	9,1	8,6
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	11,5	11,3	10,0	12,0	12,7	11,5
Относительное удлинение при разрыве, %	130	140	130	150	170	140
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0	0	0	0	0	0
Истинная прочность, кгс/см ²	26,5	27,1	23,0	30,0	34,3	28,2

Таблица В.5 – Упруго-прочностные характеристики резины Э

Показатель	Э					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,162	0,172	0,163	0,190	0,162	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,049	0,052	0,049	0,057	0,049	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	0,6	0,6	0,4	0,6	0,4	-
Нагрузка при разрыве, кгс	2,3	0,9	2,3	1,3	2,0	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	8,2	3,8	4,1	5,3	4,1	5,0
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	12,2	11,5	8,2	10,5	8,2	10,1
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	46,9	17,3	46,9	22,8	40,8	34,9
Относительное удлинение при разрыве, %	730	440	670	510	720	610
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,6	2,5	2,7	2,5	2,6	-
Остаточное удлинение, %	4,0	0	8,0	0	4,0	3,2
Истинная прочность, кгс/см ²	389,3	93,4	361,1	139,1	334,6	263,5

Таблица В.6 – Упруго-прочностные характеристики резины НЭ

Показатель	НЭ					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,173	0,174	0,183	0,198	0,202	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,051	0,052	0,055	0,059	0,061	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	1,5	1,0	1,3	1,4	1,5	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	2,7	3,0	3,0	2,9	3,7	-
Нагрузка при разрыве, кгс	6,0	6,3	6,6	6,4	6,6	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	29,4	19,2	23,6	23,7	24,6	24,1
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	52,9	57,7	54,5	49,2	60,7	55,0
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	117,6	121,2	120,0	108,5	108,2	115,1
Относительное удлинение при разрыве, %	530	560	600	540	530	550
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	3,7	3,8	3,8	3,7	3,8	-
Остаточное удлинение, %	48,0	52,0	52,0	48,0	52,0	50,4
Истинная прочность, кгс/см ²	740,9	799,9	840	694,4	681,7	751,4

Таблица В.7 – Упруго-прочностные характеристики резины НЭ-М

Показатель	НЭ-М					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,183	0,193	0,203	0,189	0,198	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,055	0,058	0,061	0,057	0,059	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	1,3	1,4	1,4	1,3	1,3	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	3,0	3,2	3,4	3,0	3,2	-
Нагрузка при разрыве, кгс (МН)	6,7	6,5	6,6	5,8	6,4	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	23,6	24,1	23,0	22,8	22,0	23,1
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	54,5	55,2	55,7	52,6	54,2	54,4
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	121,8	112,1	108,2	101,8	108,5	110,5
Относительное удлинение при разрыве, %	580	540	550	520	550	550
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	3,7	3,8	3,6	3,5	3,5	-
Остаточное удлинение, %	48,0	52,0	44,0	40,0	40,0	44,8
Истинная прочность, кгс/см ²	828,2	717,4	703,3	631,2	705,3	717,1

Таблица В.8 – Упруго-прочностные характеристики резины Уп

Показатель	Уп					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,266	0,262	0,249	0,239	0,223	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,080	0,079	0,075	0,072	0,067	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	4,5	4,0	3,0	4,0	4,2	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	7,4	7,7	7,5	7,4	7,8	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	56,3	50,6	40	55,6	62,7	53
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	92,5	97,5	100	102,8	116,4	101,8
Относительное удлинение при разрыве, %	130	140	190	200	200	170
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0	0	0	0	0	0
Истинная прочность, кгс/см ²	212,8	234	290	308,4	349,2	279,7

Таблица В.9 – Упруго-прочностные характеристики резины УЭп

Показатель	УЭп					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,193	0,206	0,233	0,256	0,182	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,058	0,062	0,070	0,077	0,055	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	2,2	1,9	2,0	2,7	2,6	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	7,1	5,5	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	5,8	5,8	7,1	6	7,8	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	37,9	30,6	28,6	35,1	47,3	35,9
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	101,4	71,4	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	100	93,5	101,4	77,9	141,8	102,9
Относительное удлинение при разрыве, %	280	220	300	310	230	270
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0	0	0	0	0	0
Истинная прочность, кгс/см ²	380	299,2	405,6	319,4	467,9	374,4

Таблица В.10 – Упруго-прочностные характеристики резины Нп

Показатель	Нп					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,207	0,213	0,228	0,242	0,210	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,062	0,064	0,068	0,073	0,063	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	1,3	2,0	2,2	2,0	1,6	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	6,7	-
Нагрузка при разрыве, кгс	5,5	6,1	5,8	6,5	6,7	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	21,0	31,3	32,4	27,4	25,4	27,5
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	106,3	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	88,7	95,3	85,3	89	106,3	92,9
Относительное удлинение при разрыве, %	230	250	230	240	300	250
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,6	2,6	2,7	2,7	2,6	-
Остаточное удлинение, %	4,0	4,0	8,0	8,0	4,0	5,6
Истинная прочность, кгс/см ²	292,7	333,6	281,5	302,6	425,2	327,1

Таблица В.11 – Упруго-прочностные характеристики резины Оп

Показатель	Оп					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,203	0,208	0,221	0,241	0,256	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,061	0,062	0,066	0,072	0,077	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,5	0,5	0,7	0,6	0,7	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	0,9	0,6	0,8	0,7	1,0	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	8,2	8,1	10,6	8,3	9,1	8,9
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	14,8	9,7	12,1	9,7	13,0	11,9
Относительное удлинение при разрыве, %	160	110	110	120	130	130
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0	0	0	0	0	0
Истинная прочность, кгс/см ²	38,5	20,4	25,4	21,3	29,9	27,1

Таблица В.12 – Упруго-прочностные характеристики резины Эп

Показатель	Эп					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,245	0,224	0,209	0,194	0,186	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,074	0,067	0,063	0,058	0,056	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,6	0,5	0,5	0,4	0,3	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	1,2	-	0,9	-
Нагрузка при разрыве, кгс	1,3	0,8	1,2	0,9	0,9	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	8,1	7,5	7,9	6,9	5,4	7,2
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	19	-	16,1	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	17,6	11,9	19	15,5	16,1	16
Относительное удлинение при разрыве, %	270	200	300	260	300	270
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0	0	0	0	0	0
Истинная прочность, кгс/см ²	65,1	35,7	76,2	55,8	64,4	59,4

Таблица В.13 – Упруго-прочностные характеристики резины НЭп

Показатель	НЭп					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,240	0,221	0,208	0,225	0,233	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,072	0,066	0,062	0,068	0,070	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	3,5	2,4	2,5	2,6	2,9	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	4,9	3,9	4,4	3,8	5,1	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	48,6	36,4	40,3	38,2	41,4	41,0
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	68,1	59,1	71	55,9	72,9	65,4
Относительное удлинение при разрыве, %	180	230	180	120	170	180
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,6	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0	0	4,0	0	0	0,8
Истинная прочность, кгс/см ²	190,7	196,0	198,8	123,0	196,8	180,9

Таблица В.14 – Упруго-прочностные характеристики резины Э12

Показатель	Э12					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,174	0,182	0,195	0,202	0,223	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,052	0,055	0,059	0,061	0,067	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,9	1,1	1,1	1,2	1,4	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	3,5	4,4	4,6	6,0	6,4	-
Нагрузка при разрыве, кгс	8,0	7,6	8,8	9,0	8,6	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	17,3	20,0	18,6	19,7	20,9	19,3
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	67,3	80,0	77,8	98,4	95,5	83,4
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	153,8	138,1	149,1	147,5	128,3	143,5
Относительное удлинение при разрыве, %	640	490	510	450	400	500
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	3,1	2,9	3,0	3,0	2,8	-
Остаточное удлинение, %	24,0	16,0	20,0	20,0	12,0	18,4
Истинная прочность, кгс/см ²	1138,2	815,3	910,1	811,3	642,2	863,4

Таблица В.15 – Упруго-прочностные характеристики резины Э6

Показатель	Э6					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,169	0,176	0,182	0,205	0,221	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,051	0,053	0,055	0,062	0,066	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	2,0	2,1	2,7	2,6	2,5	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	6,2	7,0	7,7	7,5	8,0	-
Нагрузка при разрыве, кгс	6,2	8,1	8,1	7,5	10,8	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	39,2	39,6	49,1	41,9	37,9	41,6
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	121,6	132,1	140,0	121,0	121,2	127,2
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	121,6	152,8	147,3	121,0	163,6	141,3
Относительное удлинение при разрыве, %	300	400	320	300	400	345
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,7	2,6	2,7	2,7	2,6	-
Остаточное удлинение, %	8,0	4,0	8,0	8,0	4,0	6,4
Истинная прочность, кгс/см ²	486,2	764,1	619,4	484,3	818,3	634,3

Таблица В.16 – Упруго-прочностные характеристики резины Э3

Показатель	Э3					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,227	0,225	0,218	0,211	0,195	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,068	0,068	0,065	0,063	0,059	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	2,5	2,4	2,2	2,6	2,1	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	7,5	6,6	7,0	5,3	6,3	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	36,8	35,3	33,9	41,3	35,4	36,6
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	110,3	97,1	107,7	84,1	106,8	101,2
Относительное удлинение при разрыве, %	140	230	230	200	260	215
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,6	2,7	2,6	2,5	2,6	-
Остаточное удлинение, %	4,0	8,0	4,0	0,0	4,0	4,0
Истинная прочность, кгс/см ²	264,7	320,4	355,4	252,3	384,5	315,5

Таблица В.17 – Упруго-прочностные характеристики резины Э1

Показатель	Э1					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,228	0,229	0,217	0,205	0,187	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,068	0,069	0,065	0,062	0,056	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	2,9	3,0	2,8	2,4	2,8	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	7,7	7,5	7,1	7,3	6,2	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	42,7	43,5	43,1	38,7	50,0	43,6
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	113,2	108,7	109,2	117,7	110,7	111,9
Относительное удлинение при разрыве, %	220	190	180	190	200	200
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,7	2,6	-
Остаточное удлинение, %	0,0	0,0	0,0	8,0	4,0	2,4
Истинная прочность, кгс/см ²	362,2	315,2	305,8	341,3	332,1	270,2

Таблица В.18 – Упруго-прочностные характеристики резины Э0

Показатель	Э0					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,215	0,195	0,182	0,174	0,235	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,065	0,059	0,055	0,052	0,071	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	1,0	0,8	0,8	1,2	2,0	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	6,2	5,0	4,0	3,2	5,7	-
Нагрузка при разрыве, кгс	8,6	8,2	8,0	7,8	10,2	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	15,4	13,6	14,5	23,1	28,2	19,0
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	95,4	84,7	72,7	61,5	80,3	78,9
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	132,3	139,0	145,5	150,0	143,7	142,1
Относительное удлинение при разрыве, %	400	510	500	520	510	490
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,8	2,9	3,0	3,2	3,0	-
Остаточное удлинение, %	12,0	16,0	20,0	28,0	20,0	19,2
Истинная прочность, кгс/см ²	661,5	847,9	873,0	930,0	876,6	837,8

Таблица В.19 – Упруго-прочностные характеристики резины От

Показатель	От					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,226	0,220	0,236	0,242	0,247	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,068	0,066	0,071	0,073	0,074	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,6	0,6	-	0,7	0,6	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	0,6	0,7	0,6	0,7	1,0	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	8,8	9,1	-	9,6	8,1	7,1
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	8,8	10,6	8,5	9,6	13,5	10,2
Относительное удлинение при разрыве, %	100	110	70	100	150	110
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Истинная прочность, кгс/см ²	17,6	22,3	14,5	19,2	33,8	41,5

Таблица В.20 – Упруго-прочностные характеристики резины Эт

Показатель	Эт					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,216	0,212	0,205	0,182	0,171	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,065	0,064	0,062	0,055	0,051	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	0,7	0,7	0,5	0,7	0,6	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	0,9	0,9	0,5	0,7	0,6	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	10,8	10,9	8,1	12,7	11,8	10,9
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	13,8	14,1	8,1	12,7	11,8	12,1
Относительное удлинение при разрыве, %	120,0	110,0	100,0	100,0	100,0	110
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Истинная прочность, кгс/см ²	30,4	29,6	16,2	25,4	23,6	25,0

Таблица В.21 – Упруго-прочностные характеристики резины Ут

Показатель	Ут					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,241	0,251	0,231	0,232	0,218	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,072	0,075	0,069	0,070	0,065	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	-	-	3,5	4,1	4,4	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	4,5	4,2	4,7	4,1	4,4	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	-	-	50,7	58,6	67,7	35,4
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	62,5	56,0	68,1	58,6	67,7	62,6
Относительное удлинение при разрыве, %	70	90	110	100	100	95
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Истинная прочность, кгс/см ²	106,3	106,4	143,0	117,2	135,4	121,7

Таблица В.22 – Упруго-прочностные характеристики резины Нт

Показатель	Нт					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,272	0,276	0,269	0,265	0,277	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,082	0,083	0,081	0,080	0,083	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	3,7	2,5	2,6	4,0	3,5	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	6,7	8,1	4,9	6,9	8,3	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	45,1	30,1	32,1	50,0	42,2	39,9
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	81,7	97,6	60,5	86,3	100	85,2
Относительное удлинение при разрыве, %	190	230	120	130	240	180
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,7	2,6	2,7	2,5	2,6	-
Остаточное удлинение, %	8,0	4,0	8,0	0,0	4,0	4,8
Истинная прочность, кгс/см ²	236,9	322,1	133,1	198,5	340,0	246,1

Таблица В.23 – Упруго-прочностные характеристики резины УЭт

Показатель	УЭт					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,276	0,279	0,283	0,295	0,306	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,083	0,084	0,085	0,089	0,092	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	3,2	4,2	2,9	4,5	4,4	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	7,7	6,1	5,6	6,1	4,4	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	38,6	50,0	34,1	50,6	47,8	44,2
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	-	-	-	-	-
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	92,8	72,6	65,9	68,5	47,8	69,5
Относительное удлинение при разрыве, %	200	150	120	110	100	140
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	-
Остаточное удлинение, %	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Истинная прочность, кгс/см ²	278,4	181,5	145,0	143,9	95,6	168,9

Таблица В.24 – Упруго-прочностные характеристики резины НЭт

Показатель	НЭт					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,356	0,359	0,341	0,347	0,386	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,107	0,108	0,102	0,104	0,116	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	2,0	1,8	2,3	2,3	2,5	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	10,1	8,0	-	-	-	-
Нагрузка при разрыве, кгс	10,3	10,3	7,2	8,8	9,8	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	18,7	16,7	22,5	22,1	21,6	20,3
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	94,4	74,1	-	-	-	33,7
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	96,3	95,4	70,6	84,6	84,5	86,3
Относительное удлинение при разрыве, %	310	350	280	260	250	290
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,6	2,6	2,6	2,7	2,7	-
Остаточное удлинение, %	4,0	4,0	4,0	8,0	8,0	28,0
Истинная прочность, кгс/см ²	394,8	428,0	268,3	304,6	295,8	338,3

Таблица В.25 – Упруго-прочностные характеристики резины УЭС6

Показатель	УЭС6					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,182	0,167	0,163	0,170	0,202	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,055	0,050	0,049	0,051	0,061	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	2,0	1,9	2,2	1,9	2,0	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	7,9	6,5	6,6	6,7	7,4	-
Нагрузка при разрыве, кгс	7,9	7,1	7,6	6,9	7,5	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	36,4	38,0	44,9	37,3	32,8	37,9
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	143,6	130,0	134,7	131,4	121,3	132,2
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	143,6	142,0	155,1	135,3	123,0	139,8
Относительное удлинение при разрыве, %	300	350	360	360	310	340
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	-
Остаточное удлинение, %	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0
Истинная прочность, кгс/см ²	574,4	639,0	713,5	622,4	504,3	610,7

Таблица В.26 – Упруго-прочностные характеристики резины НЭС6

Показатель	НЭС6					Среднее значение
	1	2	3	4	5	
Ширина образца, см	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	-
Толщина образца, см	0,216	0,215	0,224	0,224	0,235	-
Площадь поперечного сечения, см ²	0,065	0,065	0,067	0,067	0,071	-
Нагрузка при удлинении 100 %, кгс	1,9	2,0	1,9	2,0	2,1	-
Нагрузка при удлинении 300 %, кгс	-	-	-	-	4,6	-
Нагрузка при разрыве, кгс	4,4	5,3	6,0	5,6	5,1	-
Напряжение при удлинении 100 %, кгс/см ²	29,2	30,8	28,4	29,9	29,6	29,6
Напряжение при удлинении 300 %, кгс/см ²	-	81,5	-	83,6	64,8	46,0
Условная прочность при растяжении, кгс/см ²	67,7	81,5	89,6	83,6	71,8	78,8
Относительное удлинение при разрыве, %	210	300	250	300	350	280
Длина рабочего участка после разрыва и отдыха через 1 минуту, см	2,6	2,8	2,7	2,9	2,7	-
Остаточное удлинение, %	4,0	12,0	8,0	16,0	8,0	9,6
Истинная прочность, кгс/см ²	209,9	326,0	313,6	334,4	323,1	301,4

Приложение Г
(обязательное)
Авторская справка

Я, Анфилатов Егор Иванович _____
автор выпускной квалификационной работы: Исследование эпоксидных соединений в
резиновых смесях _____
сообщаю, что мне известно о персональной ответственности автора за разглашение
сведений, подлежащих защите законами Российской Федерации о защите объектов
интеллектуальной собственности.

Одновременно сообщаю, что:

1. При подготовке к защите (опубликованию) выпускной квалификационной работы
не использованы источники (документы, отчёты, диссертации, литература и т.п.),
имеющие гриф секретности или «Для служебного пользования» ВятГУ или другой
организации.

2. Данная работа не связана (связана) с незавершёнными исследованиями или уже с
завершёнными, но еще официально не разрешёнными к опубликованию ВятГУ или
другими организациями.

3. Данная работа не содержит (содержит) коммерческую информацию, способную
нанести ущерб интеллектуальной собственности ВятГУ или другой организации.

4. Данная работа является (не является) результатом НИР или ОКР, выполняемой по
договору с организацией (указать согласие заказчика) _____

5. В предлагаемом к опубликованию тексте нет данных по незащищённым объектам
интеллектуальной собственности других авторов.

6. Согласен на использование результатов своей работы безвозмездно в ВятГУ для
учебного процесса, а также на размещение своей работы в электронной информаци-
онно-образовательной среде ВятГУ.

7. Использование моей выпускной квалификационной работы в научных исследова-
ниях оформляется в соответствии с законодательством Российской Федерации о за-
щите интеллектуальной собственности.

Автор _____ / Анфилатов Е.И. /
(подпись) (Фамилия, И., О.)

«_____» _____ 2021_г.

Сведения по авторской справке подтверждаю:

Заведующий кафедрой _____ / Веснин Р.Л. /
(подпись) (Фамилия, И., О.)

«_____» _____ 2021_г.

Приложение Д
(справочное)
Список приведенных сокращений

ТМС – терпеномалеиновая смола
НК SIR 20 – натуральный каучук
ДССК 2560 М27 – бутадиен стирольный каучук
СКД-НД – бутадиеновый каучук
ММР – молекулярно-массовое распределение
РТИ – резинотехническое изделие
Масс. ч. – массовые части
СКМС-30 АРКМ-15 – бутадиен метилстирольный каучук
ТУ – технический углерод

Приложение Е
(справочное)
Библиографический список

1. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам / Пер. с англ. под ред. Н.В. Александрова. М.: Энергия 1973, С. 125-127. [Lee H., Neville K. Handbook of epoxy resins. New-York, San Francisco, Toronto, London, Sydney. McGraw-Hill Book Co. 1967.].
2. Чеботарева Е.Г., Огрель Л.Ю. Современные тенденции модификации эпоксидных полимеров // Фундаментальные исследования. – 2008. – № 4. – С. 102 – 104;
3. Миндлин С. С. Технология производства полимеров и пластических масс на их основе. – Л.: Химия, 1973. – 352 с.
4. Пакен А. М. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы / Пер. с англ. – Л. : Госхимиздат, 1962. –963 с. [Epoxydverbindungen und Epoxydharze. Von Alfred Max Raquin. Berlin u. a., Springer Verl., 1958.].
5. Калинина Л. С., Моторина М. А., Никитина Н. И., Хачапуридзе Н. А. Анализ конденсационных полимеров. – М.: Химия, 1984. – 296 с.
6. В8701DEN2014А (опубл. 2012-04-27) Honda Eiichi [JP]; Kouno Kazuki [JP]. Epoxy resin hardener epoxy resin composition gas barrier adhesive agent and gas barrier multilayer body.
7. CN101712749А (опубл. 2009-11-19) Weiqu Liu; Zhengfang Wang. Hardener of epoxy resin of the type of hybridization of silicon nitride and method of its preparation and application.
8. CN102942682А (опубл. 2012-11-02) Gao Jie; Hu Jun; Liu Honglai; Wu Long; Zhu Deqiang. Diimidazole epoxy hardener.
9. WO03008514А1 (опубл. 2001-07-18) Lukacs, Alexander III. Polysilazane. Modified polyamine hardeners for epoxy resins.
10. US2004024255А1 (опубл. 2000-01-04) Shi Zheng-Yue [TW]; Wang Chun-Shan [TW]. Phosphorus containing flame retardant hardener and epoxy resins to be cured.
11. US2004109943А1 (опубл. 2002-09-20) Matsushima Takayuki [JP]; Saito Masao [JP]. Latent hardener, manufacturing method for latent hardener, and adhesive.
12. RU2697564С1 (опубл. 2018-07-02) Resetnicov Mikhail Sergeyeovich [RU]; Lukin, Mikhail [RU]; Lukina Anastasia V. [EN]; Roshchina Svetlana [RU]; Smirnov Evgeny Alexandrovich [RU]. Charge composition of polymer composition for restoration of destroyed sections of elements of wooden structures.
13. CN110467798А (опубл. 2018-05-11) Jung Hyun-Mi; Kim Ki-Seok; Lee Hwa-Yoong; Shim Ji-Hye. Resin composition, insulating film and product using insulating film.
14. Воробьев А. Эпоксидные смолы // Компоненты и технологии – 2003 – №8 – С. 170 – 173;
15. Ахмечет Л. С., Вайсер Л. В., Чудновский А. Р. Применение пластических масс в технологической оснастке, 1962. -158 с.
16. Maruf B. T., Bagheri R. Handbook of Epoxy Blends, 2017. – 1121 с.
17. WO2012042543А2 (опубл. 2010-10-01) Badiger Manohar Virupax [IN]; Gur Rajeshwari Shuamji [IN]; Kodgire Vivek Vittal [IN]; Raut Kundalik Ganpat [IN]; Swaminathan Sivaram [IN]. Adhesive Composition and its application.
18. US2015080497А1 (опубл. 2012-04-24) Chen Hongyu [CN]; Song Xiaomei [CN]. Epoxy resin for marine maintenance coatings with improved coverage.
19. Fun Wu. Study on epoxy based composites for high temperature molding compounds, 2018. –90 с.
20. Figovsky Oleg, Beilin Dmitry. Advanced Polymer Concretes and Compounds, 2014. – 262 с.

21. Огрель Л.Ю. Модификация эпоксидного связующего полиметилсилоксаном для изготовления стеклопластиковых труб и газоотводящих стволов /Л.Ю. Огрель, А.В. Ястребинская, И.Ю. Горбунова // Строительные материалы. 2006. № 5. С. 57 – 59.
22. Готлиб Е.М., Нгуен Ань, Милославский Д.Г., Садыкова Д.Ф. Экологические аспекты использования производных растительных масел в полимерной химии // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2017. – Т.20. – №4. – С. 17 – 19.
23. Паламарчук А.А., Шишакина О.А., Кочуров Д.В., Аракелян А.Г. Полимерные бетоны – перспективные строительные материалы // Международный студенческий научный вестник. – 2018. – № 6. С. 105;
24. Jürgen H. Aurer, Ab Kasper. Unsaturated Polyester Resins, 2003. – 70 с.
25. Лившиц В. Б., Куманин В. В. Материалы для ювелирных изделий, 2012. – 280 с.
26. WO2020131946A1 (опубл. 2018-12-18) Kohli Dalip [USA]; Mcadams Leonard [USA]. Fire – resistant epoxy composition and its application method.
27. WO2014072987A1 (опубл. 2012-11-12) Abhijt Ghosh-Dastidar [US]; Bharat I Chaudhari [US]; Saurabh Causalgia [IN]. Epoxy plasticizers alilovic esters of fatty acids and method for producing epoxy plasticizers alilovic esters of fatty acids.
28. B7130DEN2014A (опубл. 2012-03-01) Kitade Tetsuya [JP]; Muto Kohji [JP]. Resin for fixing the rotor and vehicle.
29. US10533278B2 (опубл. 2013-09-12) Levi-Ruso Ganit [IL]; Rapaport Ella [IL]; Shalev Yitzhak [IL]. Brominated epoxy polymers as textile finishing flame retardants.
30. CN106543159A (опубл. 2016-11-20) Chen Jianwei [CN]; Li Xiang [CN]; Ma Chengyao [CN]. Epoxy anionic acetogeninic compound with antitumor activity and method of its preparation and application.
31. CN101365464A (опубл. 2006-01-05) Anthony Atkinson [GB]; Joseph Mcclory Paul Gerard [GB]. Application of epoxy compounds.
32. Marcus V. Braum and Marly A. M. Jacobi (2017). Silica grafted with epoxidized liquid polybutadienes: its behaviour as filler for tire tread compounds. Rubber Chemistry and Technology: March 2017, Vol. 90, No. 1, pp. 173–194.
33. Ajoy K. Manna; P. P. De; D. K. Tripathy; S. K. De; M. K. Chatterjee. Chemical Interaction between Surface Oxidized Carbon Black and Epoxidized Natural Rubber, 1997
34. Провоторова Д.А., Карташова А.С., Каблов В.Ф., Кейбал Н.А., Бондаренко С.Н. Применение эпоксидированных каучуков в качестве основы клеевых композиций с улучшенными адгезионными свойствами, 2012.
35. Донцов А. А. Процессы структурирования эластомеров. – М.: Химия, 1978. – 288 с.
36. Гофман В. Вулканизация и вулканизирующие агенты. Пер. с нем. Под ред. Н. Я. Поддубного. Л., «Химия», 1968, 464 с.
37. Charles Selwitz. Epoxy Resins in Stone Conservation, 1992. – 112 с.
38. Ильясов Р.С., Дорожкин В.П., Власов Г.Я., Мухутдинов А. А. Шины. Некоторые проблемы эксплуатации и производства. Под ред. проф. Дорожкина В.П., «Издательство Казанского государственного технологического университета», 2000, 576 с.