



ФТЭМК
КАФЕДРА ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ
И КОМПОНЕНТОВ

Опыт испытаний материалов кабельной арматуры на их совместимость

Докладчик:
Ассистент
Филиппов Александр Алексеевич

Проблема совместимости материалов

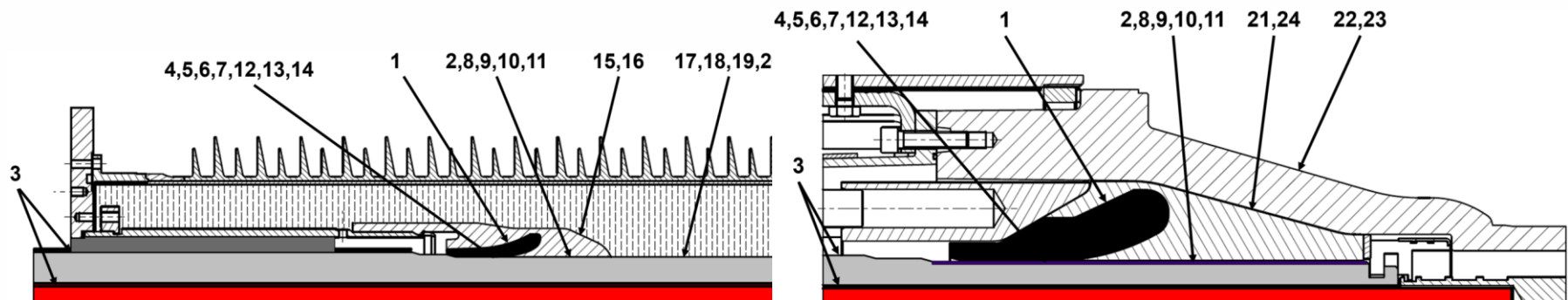
Большое количество материалов различной природы должны работать совместно в одной системе при электрических, термических и механических нагрузках в течение всего срока жизни системы.

Среди материалов кабельной техники полимеры: ПЭ, ПВХ, резины: КО, ЭПР, металлы: медь, алюминий и др.

Элементы изоляции имеют разное агрегатное состояние.

Различные стандарты и технические рекомендации регулируют вопрос проведения испытаний, к примеру: ГОСТ Р МЭК 60840-2022, ГОСТ Р МЭК 62067-2017, ГОСТ МЭК 608-401-2015, ГОСТ МЭК 608-501-2015, ГОСТ 9.030-74, Технические брошюры СИГРЭ ТВ 520, ТВ 636.

Однако, отсутствует единая система испытаний для проверки совместимости материалов, условия и требования в различных конструкциях сильно разнятся.



Методы определения совместимости материалов концевой муфты



Основной метод – совместное тепловое старение материалов с последующей проверкой изменения их основных характеристик: механических, электрических, химических.

Изменение химического состава вследствие теплового старения материалов и их взаимодействия исследовалось методом ИК-спектроскопии.

Изменение механических характеристик твёрдой изоляции исследовалось с помощью проведения испытаний на разрыв образцов.

Изменение электрических характеристик исследовалось измерением диэлектрических параметров материала, в том числе его электрической прочностью.

Методы определения совместимости материалов концевой муфты



По ГОСТ 9.030-74 совместное тепловое старение проводят в следующем порядке:

1. Образцы взвешиваются до испытаний с точностью до 0,001 г.
2. Образцы погружаются в жидкость и выдерживаются при заданной температуре (100 °С) до наступления равновесного набухания резины.
3. Во время совместного теплового старения проводится периодическое взвешивание образцов для контроля состояния образцов.
4. Совместимость по ГОСТ определяется изменением массы образцов (набуханием).

Чтобы проанализировать изменение механических свойств эластомера, образцы были изготовлены в соответствии с ГОСТ 270-75 в виде лопаток типа 1.

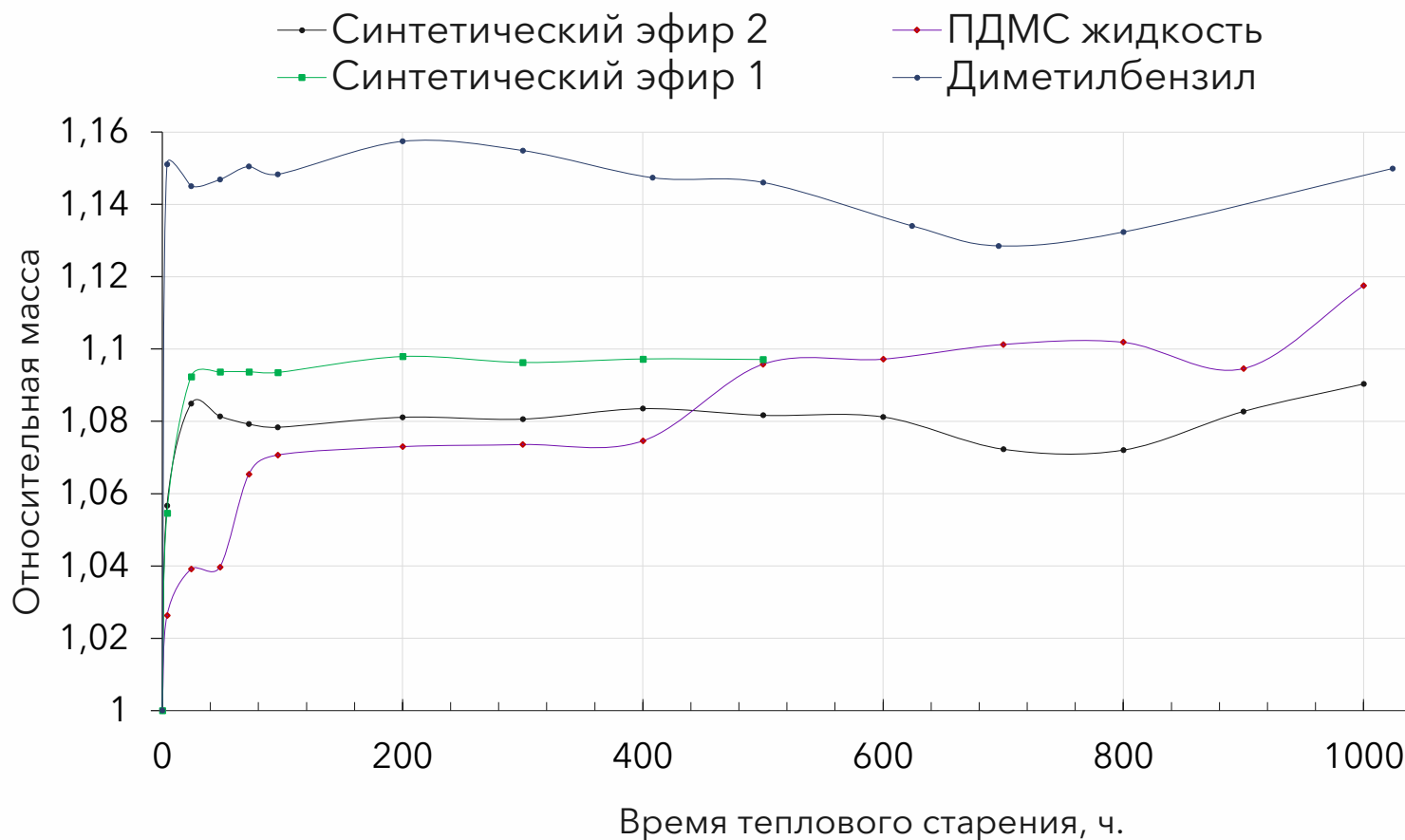
Для изготовления образцов была разработана пресс-форма, с помощью которой были получены пластины толщиной 2 мм. Лопатки вырезались вырубным ножом.

Образцы были получены из ЛКОК (LSR) по стандартной технологии изготовления стресс-конуса: 1) вулканизация при 120 °С в течение 60 минут; 2) Поствулканизация при 200 °С в течение 4 часов.

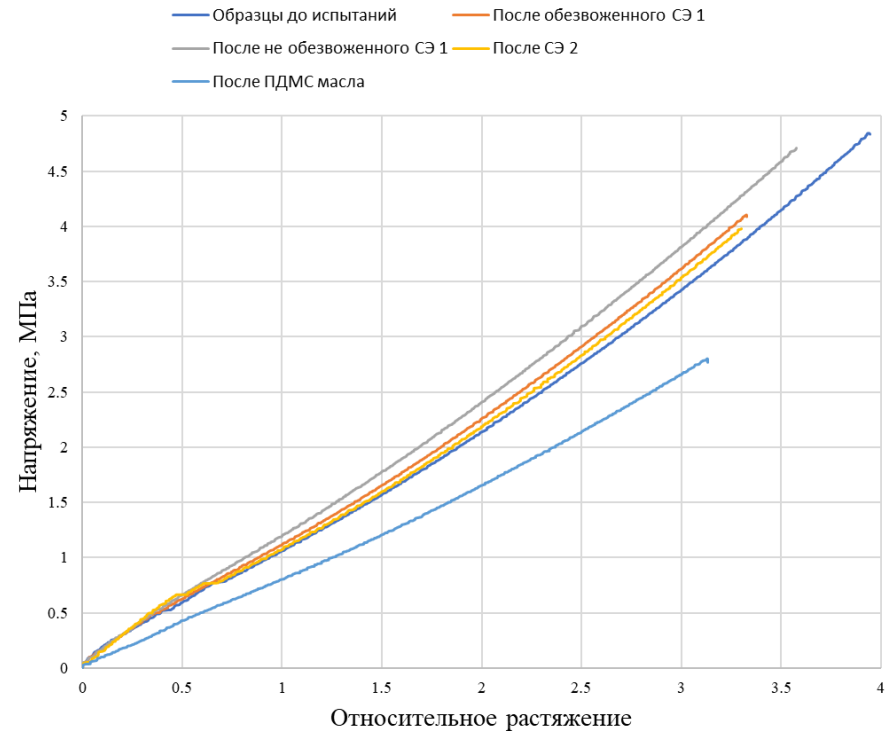
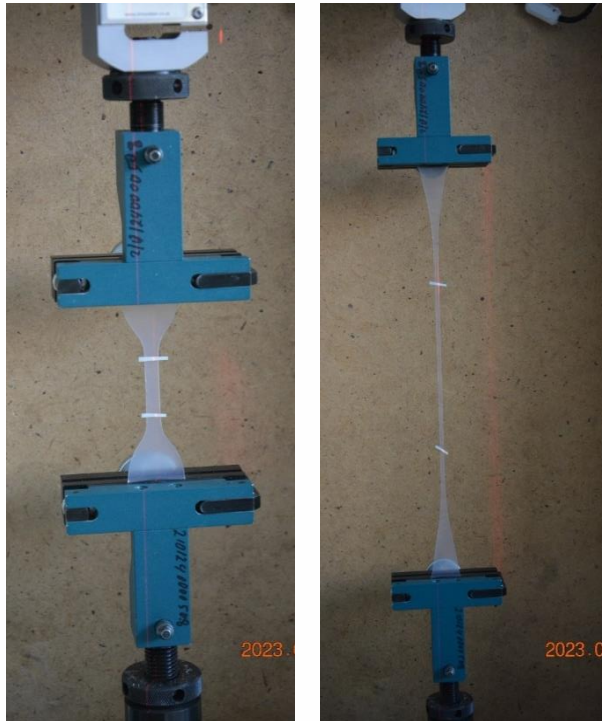
Таким образом параметры образца соответствуют параметрам реального стресс-конуса.



Исследование динамики набухания эластомера

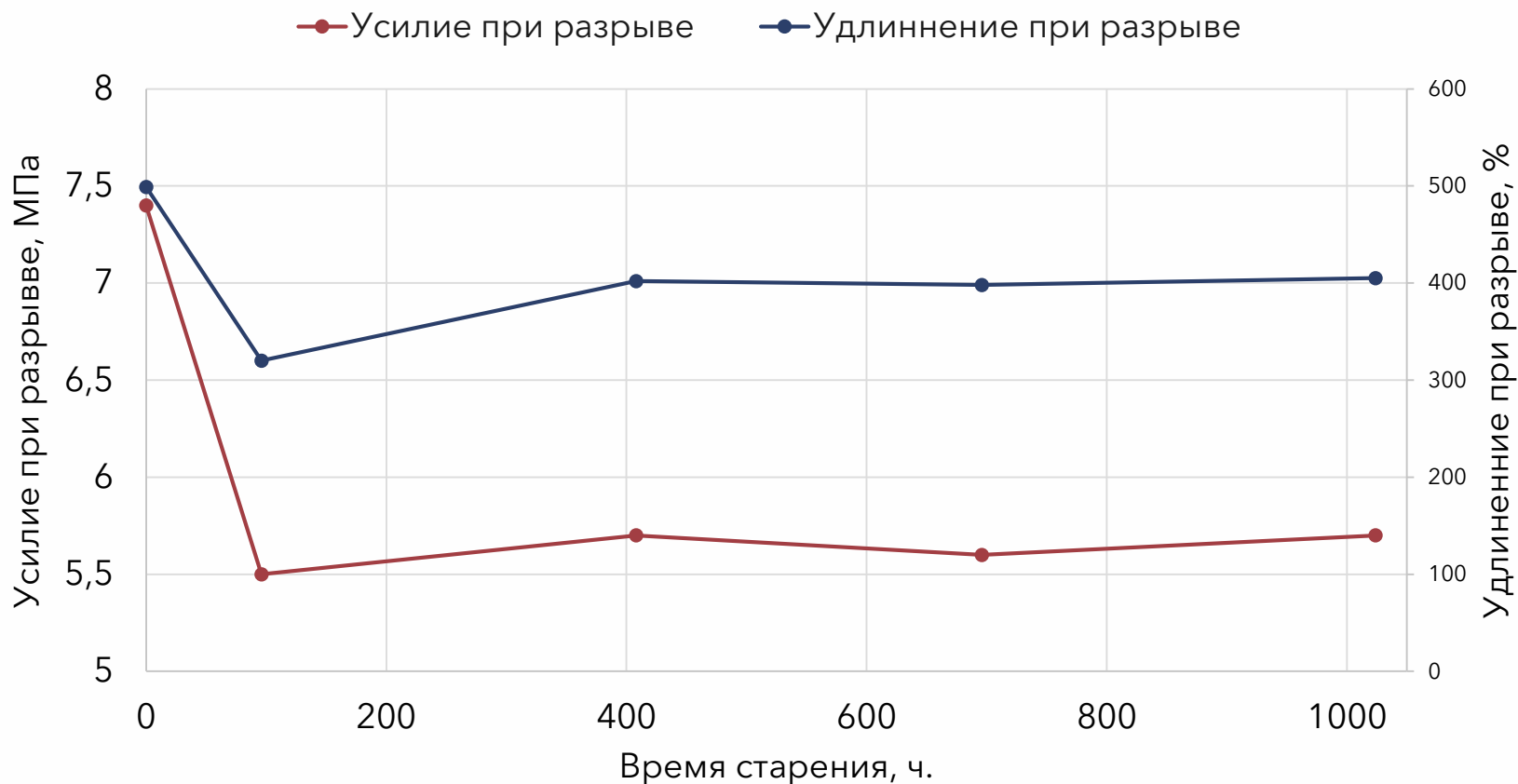


Исследование механических параметров до и после теплового старения



Образец КОЭ	Напряжение, МПа	Растяжение, %	$\sigma_{\text{напряжение}}$	$\sigma_{\text{растяжение}}$
До теплового старения	4,85	394,72	0,071	38,09
Состаренные в обезвоженном СЭ 1	4,11	332,95	0,056	22,84
Состаренные в не обезвоженном СЭ 1	4,71	357,55	0,054	22,92
Состаренные в СЭ 2	3,98	330,30	0,020	12,58
Состаренные в ПДМС масле	2,80	313,20	0,033	16,06

Исследование механических параметров в динамике теплового старения



Исследование электрических характеристик диэлектрических жидкостей



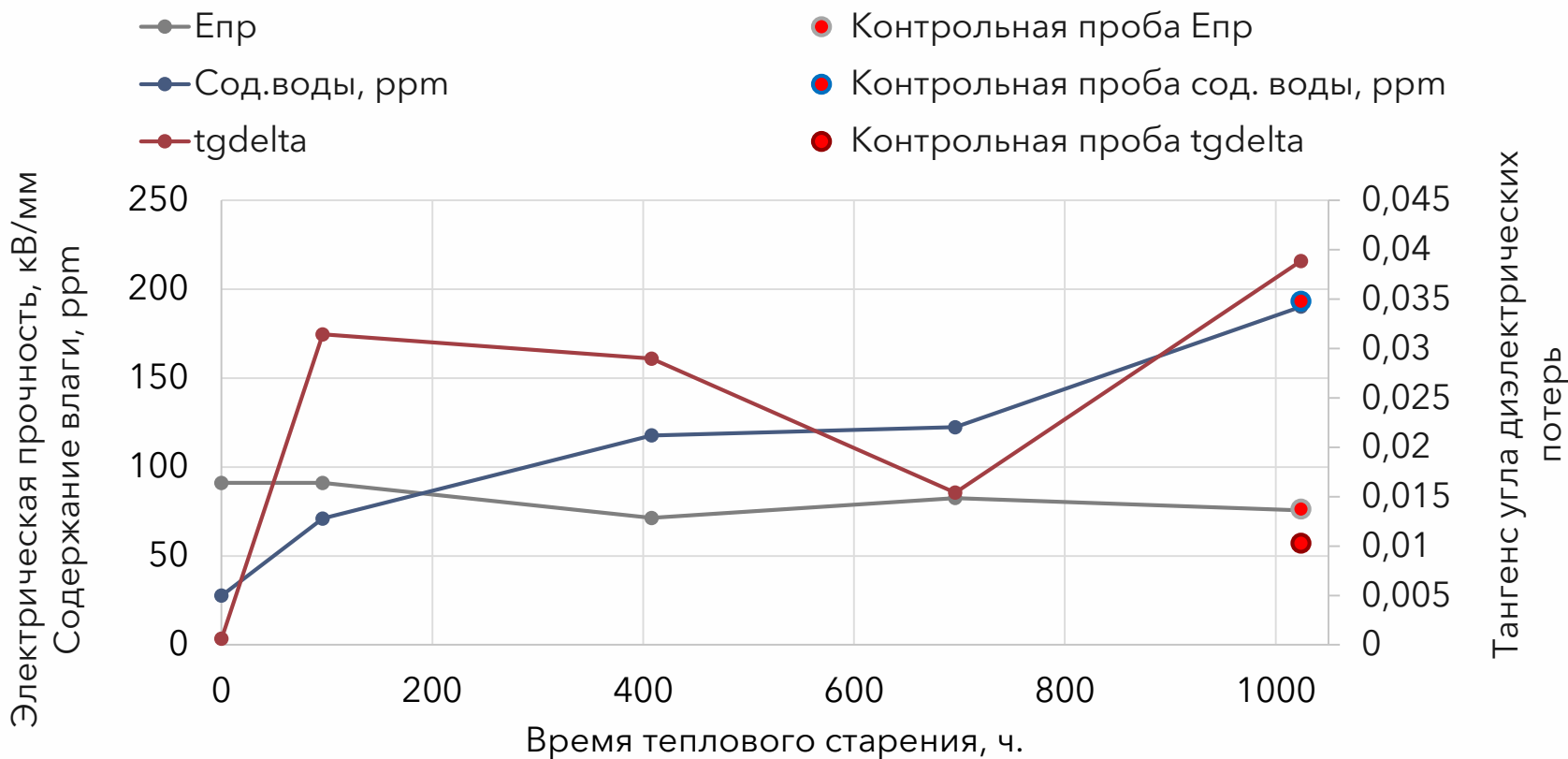
Исследование электрических характеристик диэлектрических жидкостей



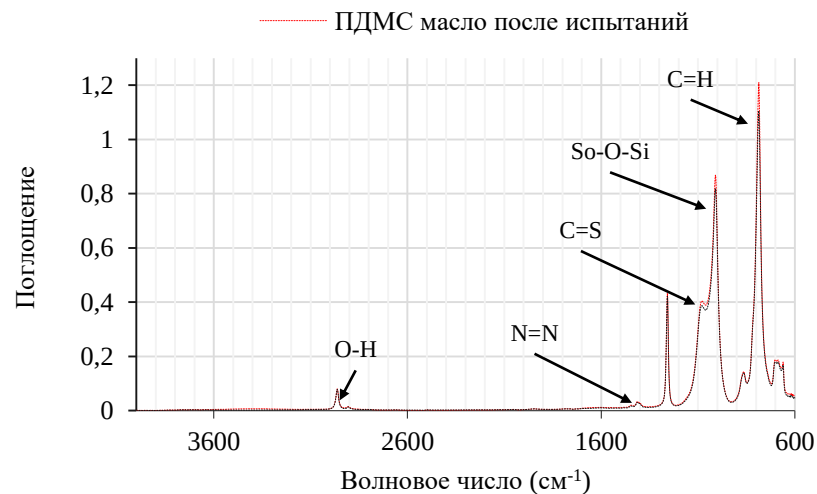
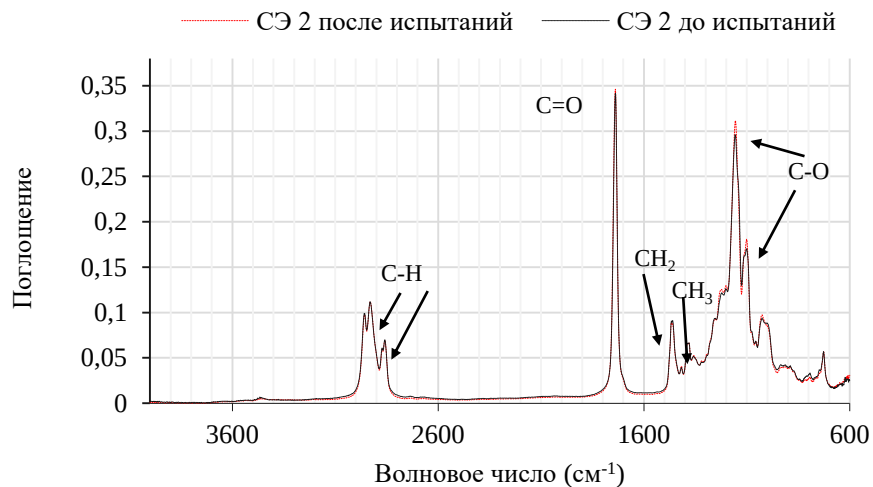
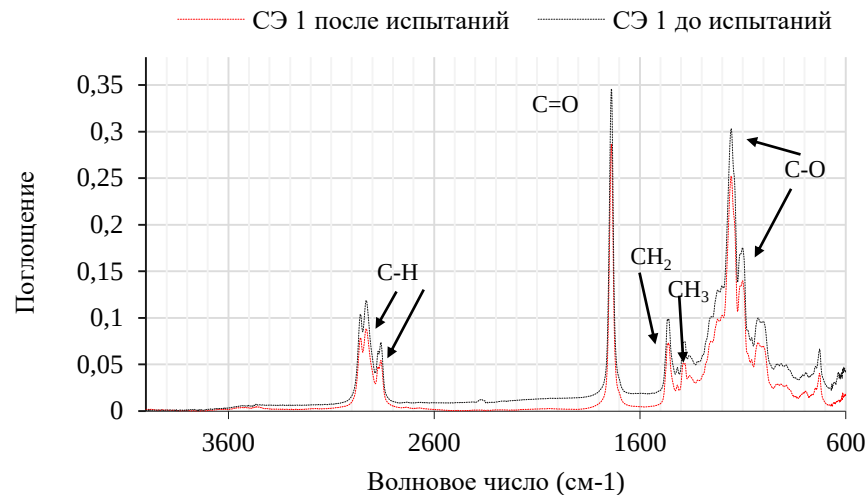
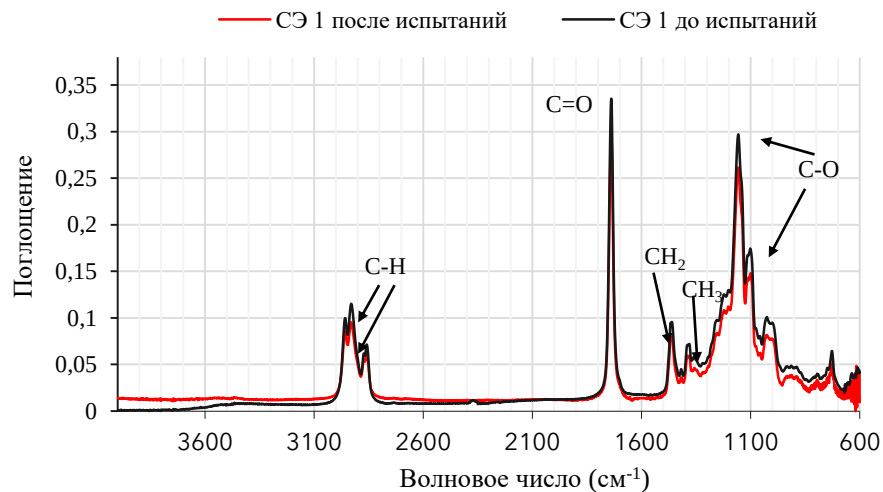
Образец	$\text{tg}\delta, \times 10^{-4}$	ϵ	$\rho, \text{Ом}\times\text{м}$
СЭ 1 обезвоженный (до испытаний)	9,00	3,29	$6,40\times 10^{12}$
СЭ 1 обезвоженный (после испытаний)	8,00	2,88	$0,68\times 10^{12}$
СЭ 1 не обезвоженный (до испытаний)	10,00	3,28	$1,42\times 10^{12}$
СЭ 1 не обезвоженный (после испытаний)	8,00	2,87	$0,76\times 10^{12}$
СЭ 2 (до испытаний)	10,00	2,82	$2,21\times 10^{12}$
СЭ 2 (после испытаний)	10,00	2,85	$0,95\times 10^{12}$
ПДМС масло (до испытаний)	9,00	2,57	$1,05\times 10^{14}$
ПДМС масло (после испытаний)	9,00	2,57	$0,82\times 10^{14}$

Образец	$E_{\text{пр. ср.}}, \text{кВ/мм}$	σ_E	$k_{\text{вар.}}, \%$
СЭ 1 обезвоженный (до испытаний)	25,58	2,97	11,61
СЭ 1 обезвоженный (после испытаний)	18,80	2,71	14,43
СЭ 1 не обезвоженный (до испытаний)	25,87	1,85	7,16
СЭ 1 не обезвоженный (после испытаний)	20,62	2,90	14,07
СЭ 2 (до испытаний)	22,82	2,88	12,60
СЭ 2 (после испытаний)	21,92	2,21	10,08
ПДМС масло (до испытаний)	8,75	3,00	34,34
ПДМС масло (после испытаний)	12,50	4,93	39,41
ПДМС масло (до испытаний) при межэлектродном расстоянии 1,5 мм	6,85	1,44	21,09

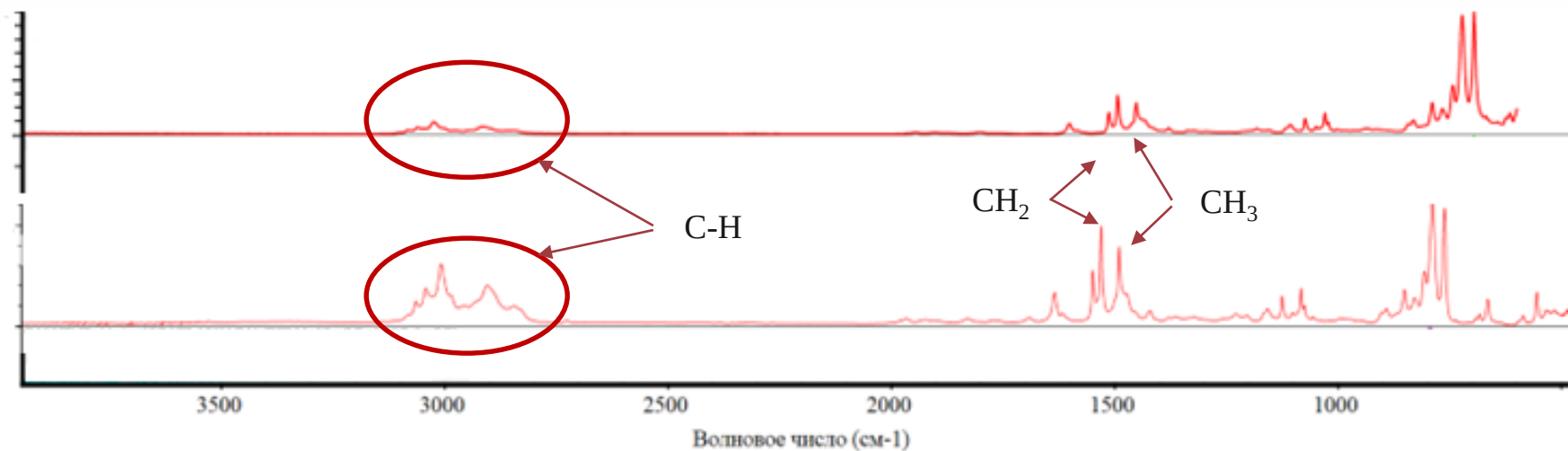
Исследование механических параметров в динамике теплового старения



Исследование химической совместимости материалов



Жидкость на основе
диметилбензила + КО эластомер



- 1) Тепловое совместное старение материалов – вариант моделирования совместной жизни материалов с целью проверки изменения ключевых параметров материалов. Варианты самого старения могут различаться в зависимости от условий эксплуатации, целей проверки, или природы материалов
- 2) Комплексный подход испытаний заключается в возможности измерения различных параметров: механических, диэлектрических, химических.
- 3) Отклонения или отсутствие отклонений в измеряемых параметрах может не давать полной картины, если рассматривать лишь изменения в одном материале.

Спасибо за Внимание!

