Научно-исследовательский центр «НЕМЕТАЛЛ»

Особенности применения ГПАТ в нефтяной и газовой промышленности

Докладчик:
Управляющий
ООО «НИЦ «НЕМЕТАЛЛ»
к.т.н. Федотова Анна Владимировна

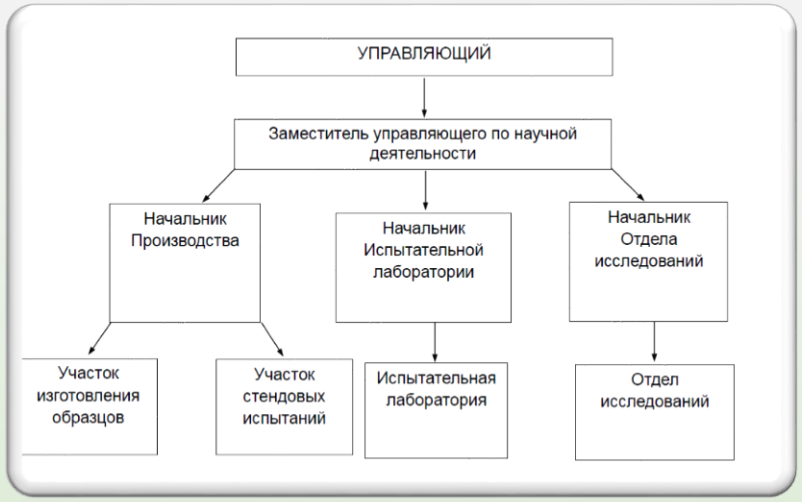
г. Самара

ООО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР «НЕМЕТАЛЛ»

Дата создания организации: 18 января 2024 г.

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

СТРУКТУРА ОРГАНИЗАЦИИ



Глобальная цель компании:

Изучение, разработка методик исследований и проведение испытаний изделий из полимерных материалов и композитов

НАШИ ПАРТНЕРЫ

ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНЖИНИРИНГ

НПЦ САМАРА
ООО НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «САМАРА»

НАШИ ЗАКАЗЧИКИ

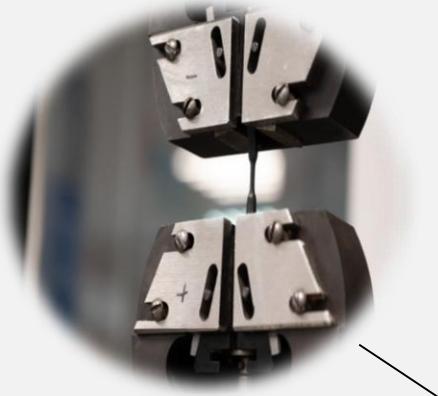
ИРКУТСКАЯ НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ
РОСНЕФТЬ
ЛУКОЙЛ
НЕФТЯНАЯ КОМПАНИЯ «Сладковско-Заречное»
SKT service
NORD west
ПОЛИМАК
ТРАНСНЕФТЬ ПРИВОЛГА
MMR ENGINEERING
mepos
ИНТРАТУЛ
ЭНЕРГОМАШ | ВТС
единый оператор испытаний
РМС РЕММАШ-СЕРВИС
POLY PLASTIC
ГРУППА ПОЛИПЛАСТИК

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОМПАНИИ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"



Экспертиза отказов оборудования



Испытания полимерных материалов



Разработка нормативной документации



Технические аудиты предприятий



Выполнение НИР различной сложности



Испытания конструкций из полимерных материалов

КЛАССИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ПАТ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

ГПАТ НЕСВЯЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВАНЫЕ МЕТАЛЛОМ



ГПАТ НЕСВЯЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВАНЫЕ ВОЛОКНОМ



ЖПАТ СВЯЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВАНЫЕ МЕТАЛЛОМ



ГПАТ СВЯЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВАНЫЕ МЕТАЛЛОМ



ГПАТ СВЯЗНОЙ КОНСТРУКЦИИ АРМИРОВАНЫЕ СТЕКЛОВОЛОКНОМ









ИСПЫТАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

ХИМИЧЕСКАЯ СТОЙКОСТЬ

МОДЕЛЬНЫЕ СРЕДЫ

Модельная среда №1:
Жидкая фаза:
-50 % Толуол
-50% Орто-ксилол
→ СТАНДАРТНАЯ ГОСТ Р 58346-2019

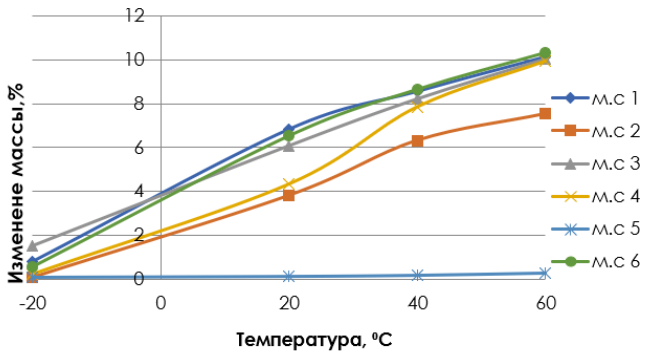
Модельная среда №2:
Жидкая фаза:
Имитатор нефтепродуктов, состоящий из:
-20% Петролейный эфир
-10% Гексан
-10% Октан
-10% Декан
-10% Ундодекан
-10% Додекан
-10% Бензол
-10% Толуол
-10% Смесь ксилолов
→ ЛЕГКАЯ

Модельная среда №3:
Жидкая фаза:
-45 % Толуол
-45% Орто-ксилол
-10% Вода дистиллированная
→ ЭМУЛЬСИОННАЯ

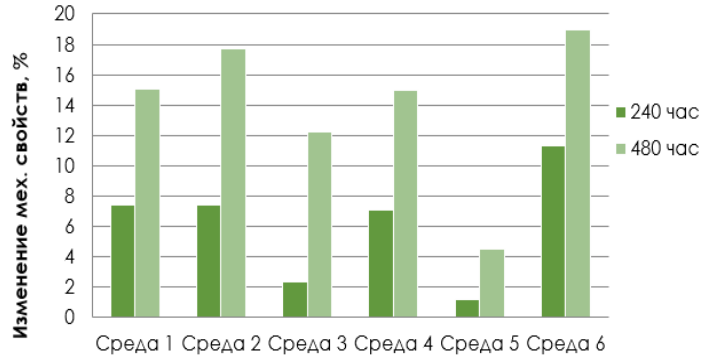
Модельная среда №4:
Жидкая фаза:
-толуол 50%
-орто-ксилол 50%
Газовая фаза: постоянный барботаж CO_2
→ ГАЗОВАЯ

Модельная среда №5:
Жидкая фаза:
-Дистиллированная вода 80%
-NaCl 10%
-CaCl2 10%
→ ВОДНАЯ

Модельная среда №6:
Жидкая фаза:
-толуол 10%
-орто-ксилол 10%
-бензол 10%
-цетан 20%
-петролейный эфир 10%
-изооктан 10%
-гептан 20%
→ ТЯЖЕЛАЯ



Результаты выдержки образцов из ПЭ-100 в модельной среде при различной температуре испытаний при выдержке 240 ч



Результаты выдержки образцов ПЭ-100 в модельной среде при различной времени выдержки

ИСПЫТАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"









РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2823440

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

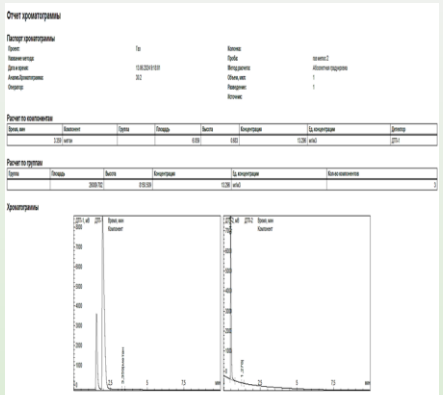
Патентообладатель: ***ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "НЕМЕТАЛЛ" (RU)***

Автор(ы): ***Перов Кирилл Алексеевич (RU)***

Заявка № 2024113444
Приоритет изобретения **17 мая 2024 г.**
Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **23 июля 2024 г.**
Срок действия исключительного права на изобретение истекает **17 мая 2044 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТЬ

Таблица 1. Значения скорости проникновения газа и коэффициента газопроницаемости, полученные в результате эксперимента.

№ образца	Скорость проникновения газа, GTR моль/м²*сут. *Па			Коэффициент газопроницаемости, P, моль*м/м²*сут. *Па		
	H_2S	CH_4	CO_2	H_2S	CH_4	CO_2
1	0,00036	0,00289	0,00105	$1,786\times10^{-10}$	$1,43\times10^{-09}$	$5,19\times10^{-10}$
2	0,00045	0,00517	0,000676	$2,20\times10^{-10}$	$2,55\times10^{-09}$	$3,34\times10^{-10}$
3	0,00025	0,00455	0,000826	$1,24\times10^{-10}$	$2,24\times10^{-09}$	$4,08\times10^{-10}$
Среднее значение	0,00035	0,00420	0,00085	$1,7\times10^{-10}$	$2,07\times10^{-09}$	$4,2\times10^{-10}$

Таблица 2. Концентрации газа в кювете за час.

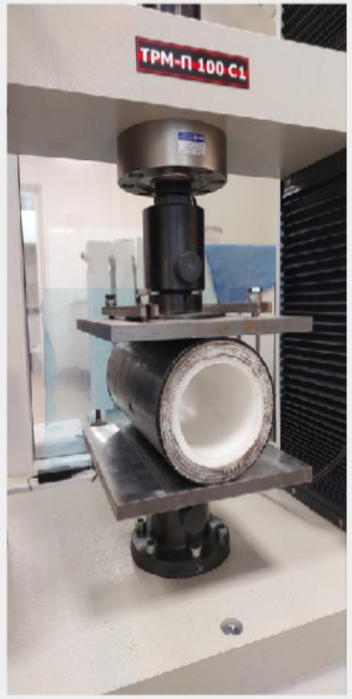
№ образца	Концентрация газа в кювете, мг/м3		
	H2S	CO2	CH4
1	3,7	14	14
2	4,5	9	25
3	2,6	11	22

Таблица 3. Потеря газов на 1 км трубопровода в год

№ образца	Потеря газов, за 1 год					
	CH4, за 1 год		H2S, за 1 год		CO2, за 1 год	
	M^3/M^2	M^3/Км трубы	M^3/M^2	M^3/Км трубы	M^3/M^2	M^3/Км трубы
1	0,0038	1,16	0,0005	0,145	0,0014	0,42
2	0,0069	2,08	0,0006	0,176	0,0009	0,27
3	0,0061	1,83	0,0003	0,102	0,0011	0,33

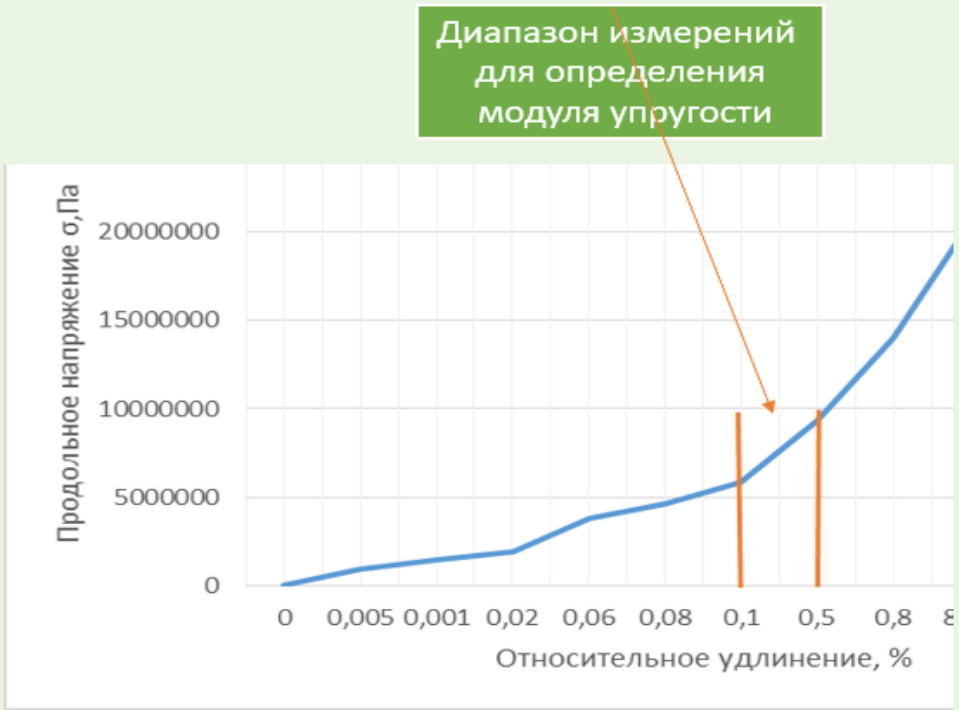
ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"









МЕХАНИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Тип конструкции ГПАТ	№ испытания	Кольцевая жесткость S, кН/м²
Труба с армировкой нитью	1	29,86
	2	30,04
	3	32,40
	4	34,94
	5	35,34
	СРЕДНЕЕ	**32,516**
Труба, армированная металлической лентой	1	32,12
	2	41,68
	3	39,05
	4	38,75
	5	29,38
	СРЕДНЕЕ	**36,196**



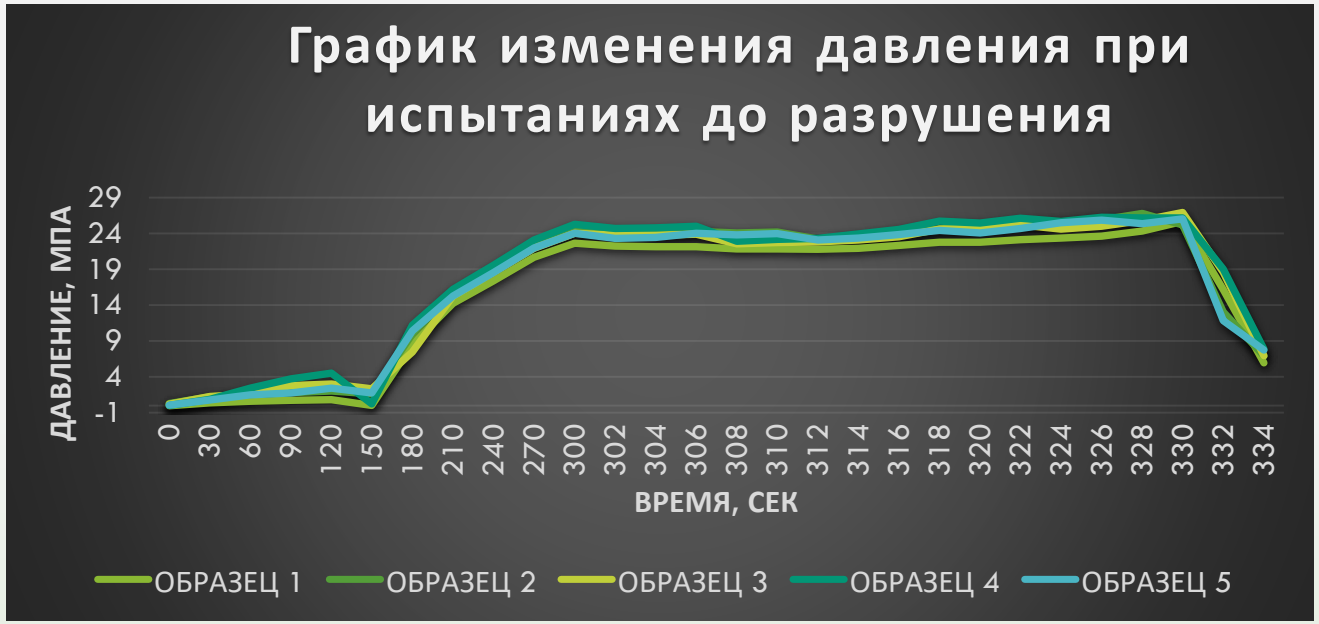
ИСПЫТАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ









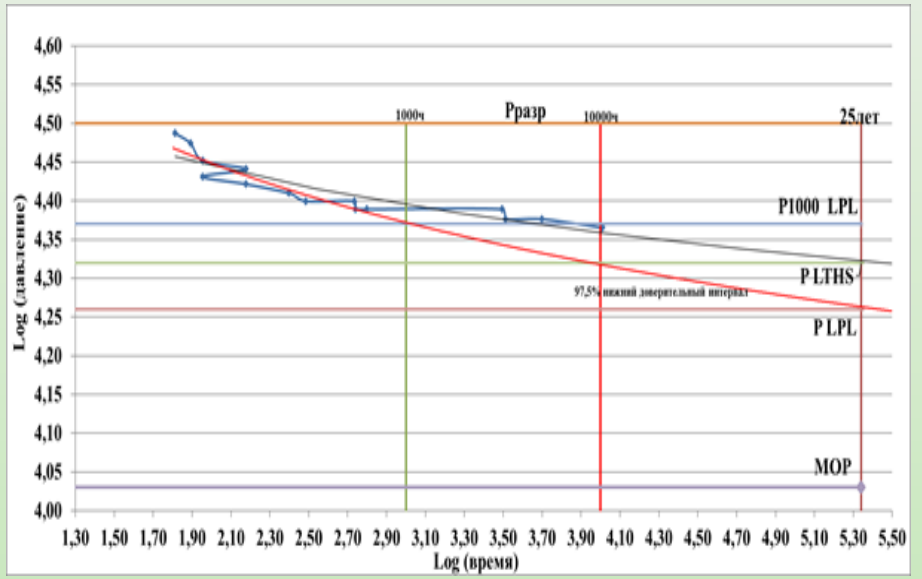


НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Построение кривой длительной прочности





Типы разрушения ГПАТ при гидравлических испытаниях

НЕДОПУСТИМЫЙ ТИП РАЗРУШЕНИЯ





Разрушение фитинга



Разрушение трубы в области обжатия фитинга

ДОПУСТИМЫЙ ТИП РАЗРУШЕНИЯ



Разрушение ГПАТ вблизи фитинга





Разрушение ГПАТ по «телу» трубы

ИНОСТРАННЫЕ СТАНДАРТЫ ПО ПОЛИМЕРНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

- **API SPEC 15S** Spoolable Reinforced Plastic Line Pipe (Наматываемая на катушку армированная пластиковая труба)
- **API SPEC 15LE** - Specification for Polyethylene Line Pipe (PE) (Спецификация для полиэтиленовых трубопроводных труб (PE)
- **API SPEC 17J** - Specification for Unbonded Flexible Pipe (Спецификация несвязанных гибких труб)
- **API STD 1104** - Welding of Pipelines and Related Facilities (Сварка трубопроводов и связанных с ними объектов)
- **API SPEC 17K** - Specification for Bonded Flexible Pipe (Спецификация для гибких сварных труб)
- **API RP 17B** - Recommended Practice for Flexible Pipe (Рекомендуемая практика для гибких труб)
- **API TR 17TR1**- Evaluation Standard For Internal Pressure Sheath Polymers For High Temperature Flexible Pipes (Стандарт оценки полимеров для внутренней оболочки под давлением для высокотемпературных гибких труб)

Данные документы стали основой для разработки ГОСТ 59834 ГОСТ 59910

РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ ПО ПОЛИМЕРНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

СТАНДАРТЫ НА ТРУБЫ и ДЕТАЛИ

- ГОСТ Р 59834-2021 Промысловые трубопроводы. Трубы гибкие полимерные армированные и соединительные детали к ним. Общие технические условия
- ГОСТ Р 59910-2021 Трубы полимерные, армированные металлическим каркасом, и соединительные детали к ним. Общие технические условия.
- МУ.02.27 Единые технические требования к неметаллическим трубам и СДТ. ООО «Иркутская нефтяная компания».
- П2-05.01 ТТР-1214 Оценка технического состояния и расчет остаточного срока службы полимерно-армированных трубопроводов. ПАО «НК «Роснефть»
- СТО 1.19.3-2013 Трубопроводы промысловые из альтернативных материалов в нефтегазодобывающих организациях Группы «ЛУКОЙЛ».

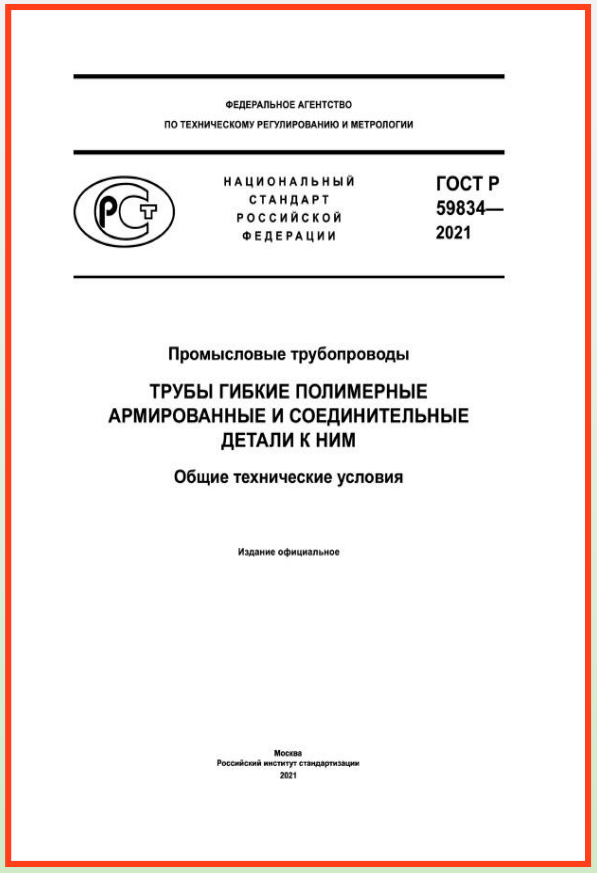
СТАНДАРТЫ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ

- ГОСТ Р 70623-2023 Трубопроводы промысловые. Трубопроводы из гибких полимерных армированных труб. Правила проектирования, монтажа и эксплуатации.
- ГОСТ Р 70624-2023 Трубопроводы промысловые из труб полимерных, армированных металлическим каркасом. Правила проектирования, монтажа и эксплуатации.
- СП 536.1325800.2024 Трубопроводы промысловые из неметаллических труб. Правила проектирования и строительства.

РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ ПО ПОЛИМЕРНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

Базовые стандарты на ГПАТ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59834— 2021

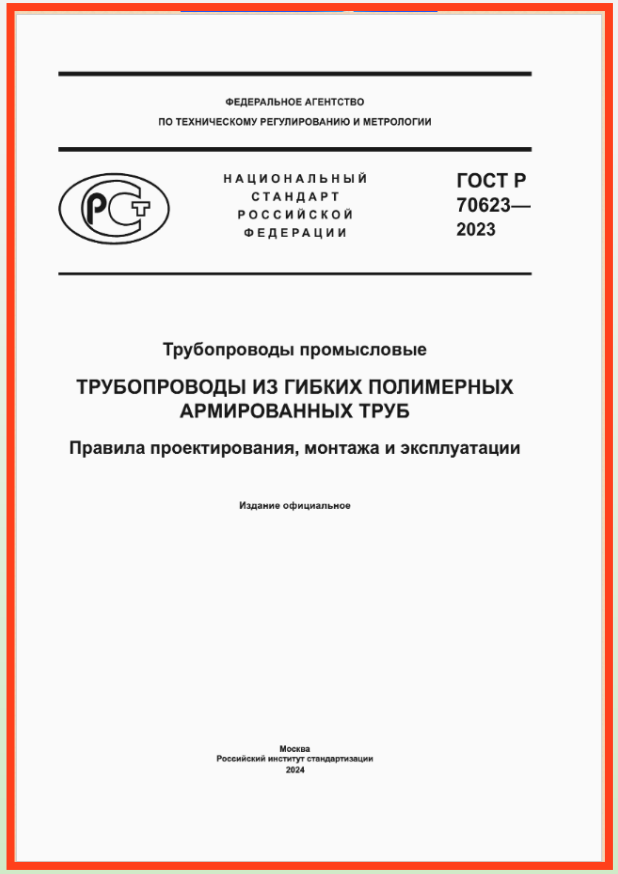
Промысловые трубопроводы

ТРУБЫ ГИБКИЕ ПОЛИМЕРНЫЕ АРМИРОВАННЫЕ И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ К НИМ

Общие технические условия

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2021



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70623— 2023

Трубопроводы промысловые

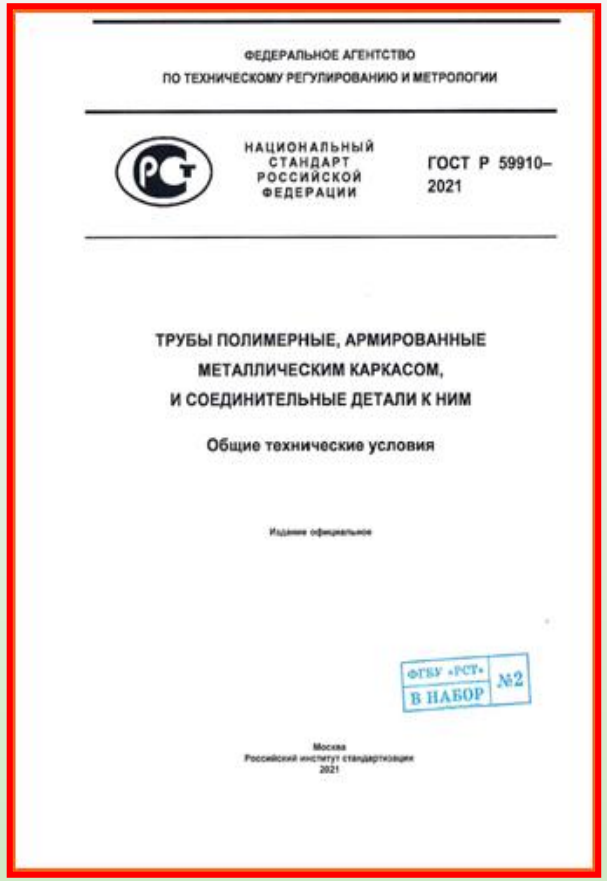
ТРУБОПРОВОДЫ ИЗ ГИБКИХ ПОЛИМЕРНЫХ АРМИРОВАННЫХ ТРУБ

Правила проектирования, монтажа и эксплуатации

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

Базовые стандарты на ЖПАТ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59910– 2021

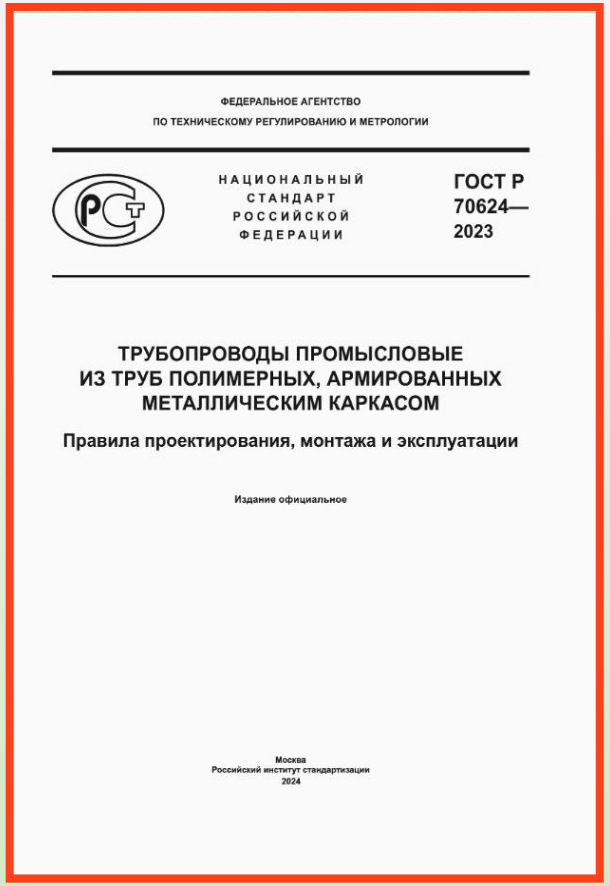
ТРУБЫ ПОЛИМЕРНЫЕ, АРМИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ, И СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ ДЕТАЛИ К НИМ

Общие технические условия

Издание официальное

ФГБУ «РСТ» В НАБОР №2

Москва
Российский институт стандартизации
2021



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70624— 2023

ТРУБОПРОВОДЫ ПРОМЫСЛОВЫЕ ИЗ ТРУБ ПОЛИМЕРНЫХ, АРМИРОВАННЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИМ КАРКАСОМ

Правила проектирования, монтажа и эксплуатации

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2024

ТЕКУЩАЯ СИТУАЦИЯ ПО РАЗВИТИЮ НТД ПО ПОЛИМЕРНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОДУКЦИИ
ГОСТ 59834-2021, ГОСТ 59910-2021

ТРЕБУЮТ АКТУАЛИЗАЦИИ

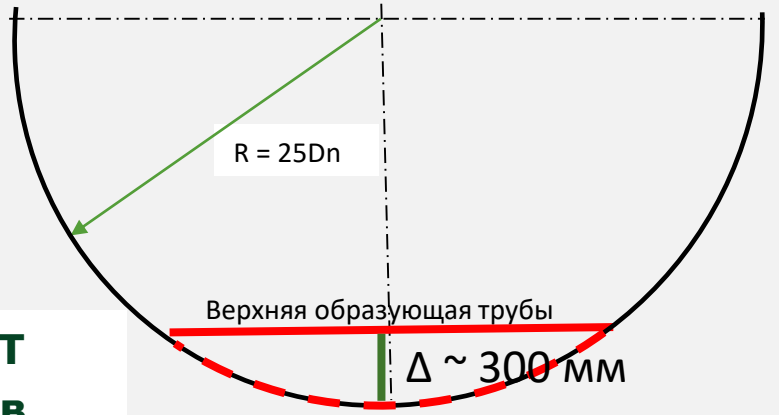
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ГОСТ Р 70623-2023, ГОСТ Р 70624-2023

ТРЕБУЮТ ДОРАБОТКИ

Проект ГОСТ трубопроводы полимерные
Методы испытаний и контроля

НАХОДЯТСЯ В РАЗРАБОТКЕ

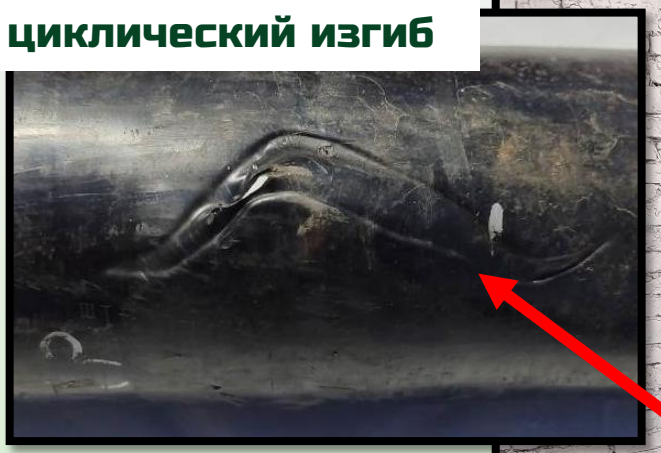
МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ИЗГИБНЫХ НАГРУЗОК ДЛЯ ГПАТ АРМИРОВАННЫХ СТЕКЛОЛЕНТОЙ



$P_{разр\ после\ изгиба}$ ~ в 2 раза меньше $P_{разр\ ном.}$



Образец ГПАТ испытанный в лаборатории на циклический изгиб

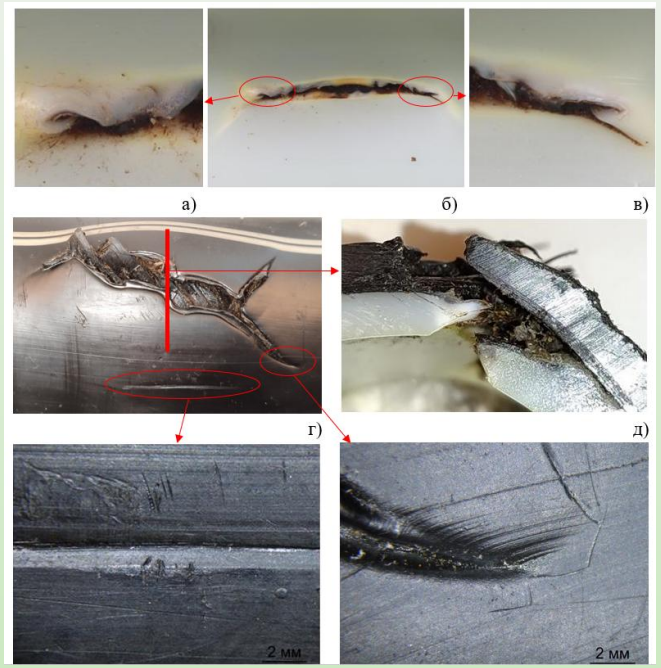




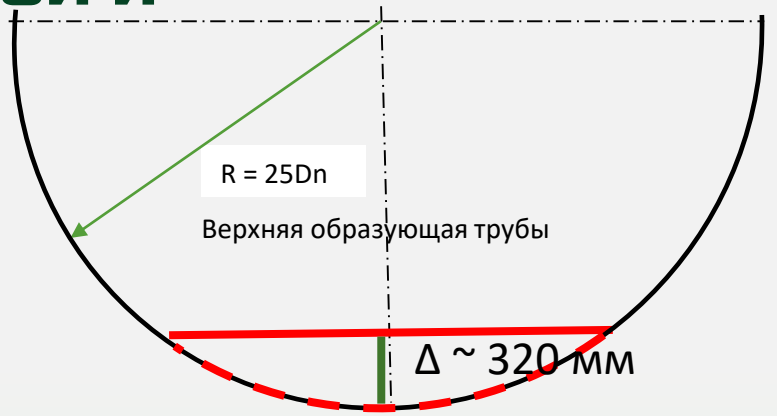


Образец ГПАТ разрушившейся в процессе эксплуатации





МОДЕЛИРОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ИЗГИБНЫХ НАГРУЗОК ДЛЯ ГПАТ АРМИРОВАННОЙ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ЛЕНТОЙ И ПОЛИЭСТЕРНЫМ ВОЛОКНОМ



$$P_{\text{разр после изгиба}} = P_{\text{разр ном.}}$$

Образец 1





Образец 2



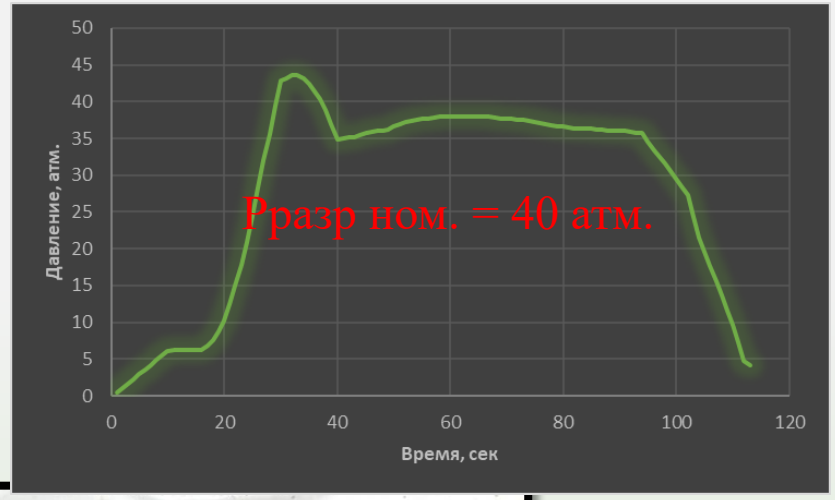


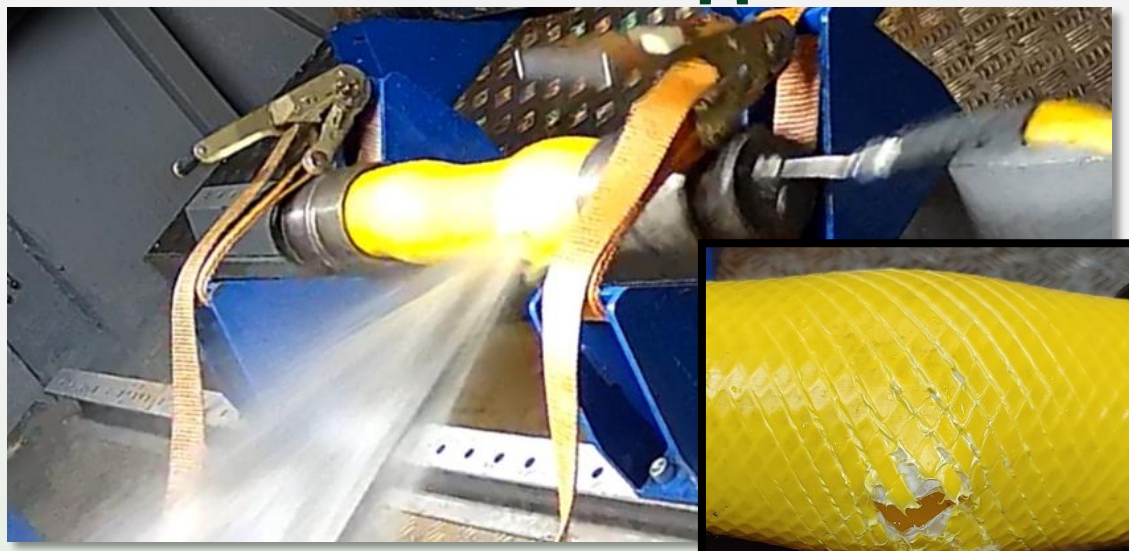




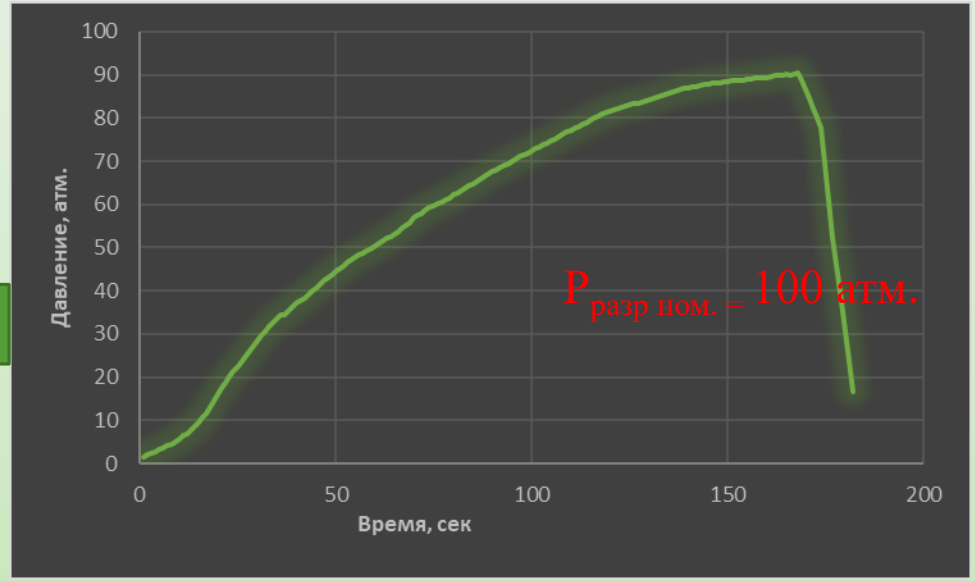


ИСПЫТАНИЯ НА РАЗРУШАЮЩЕЕ ДАВЛЕНИЕ ПОСЛЕ ЭКСПОЗИЦИИ 1000 ч. В МОДЕЛЬНОЙ СРЕДЕ ИМИТАТОРА НЕФТЕПРОДУКТОВ









РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ ПО ПОЛИМЕРНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

В РАЗРАБОТКЕ

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р XXXXX–202

Трубопроводы промысловые

ТРУБОПРОВОДЫ ПОЛИМЕРНЫЕ АРМИРОВАННЫЕ

Методы испытания и контроля

ПРОЕКТ

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

202

ГОСТ Р XXXXX-202X
(проект, вторая редакция)

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «РН-БашНИПИнефть» (ООО «РН-БашНИПИнефть»), Публичным акционерным обществом «Нефтяная компания «ЛУКОЙЛ» (ПАО «ЛУКОЙЛ»), Публичным акционерным обществом «Нефтяная компания «Роснефть» (ПАО «НК «РОСНЕФТЬ»), Обществом с ограниченной ответственностью «Группа ПОЛИПЛАСТИК» (ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК») и Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский центр «НЕМЕТАЛЛ» (ООО «НИЦ «НЕМЕТАЛЛ»)

2 ВНЕСЕН Временной рабочей группой по внесению изменений в нормативные правовые акты и документы по стандартизации для исключения из них положений, препятствующих применению неметаллических труб (полимерных, стеклопластиковых, полимерных армированных) в нефтегазовой отрасли, и разработке новых нормативных правовых актов и документов по стандартизации Технического комитета по стандартизации ТК 23 «Нефтяная и газовая промышленность»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом _____ Российской Федерации от _____202_ года №

4 ЗАРЕГИСТРИРОВАН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии

5 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в годовом (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок – в ежемесячно издаваемом информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования – на официальном сайте федерального органа исполнительной власти в сфере стандартизации в сети Интернет (www.rst.gov.ru).

ГОСТ Р XXXXX-202X
(проект, вторая редакция)

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Трубопроводы промысловые

ТРУБОПРОВОДЫ ПОЛИМЕРНЫЕ АРМИРОВАННЫЕ

Методы испытания и контроля

Field pipelines. Reinforced plastic pipelines. Testing and control methods

Дата введения _____

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт распространяется на методы испытания и контроля промысловых трубопроводов, построенных из полимерных армированных труб (далее – трубопроводы) и соединительных деталей следующих конструкций:

– гибкие трубы из термопластов, армированных нитями, ровингом, кордом, проволоками или лентами из металлических или неметаллических материалов (ГПАТ), изготовленные по ГОСТ Р 59834;

– трубы из термопластов, армированные металлическим каркасом изготовленных по ГОСТ Р 59910.

Настоящий стандарт распространяется на все типы промысловых трубопроводов согласно Федеральным нормам и правилам «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности» [4].

1.2 Действия настоящего стандарта не распространяется на:

– магистральные трубопроводы;

– трубопроводы для транспортирования продуктов с температурой выше 100 °С;

– газопроводы сетей газораспределения и газопотребления;

– технологические внутриплощадочные трубопроводы, в том числе ингибиторопроводы, метанолопроводы, деэмульгаторопроводы от блоков подачи химреагентов;

– задавочные линии и линии сброса на факел.

Проект, вторая редакция

1

Определение модуля упругости конструкции трубы в кольцевом направлении

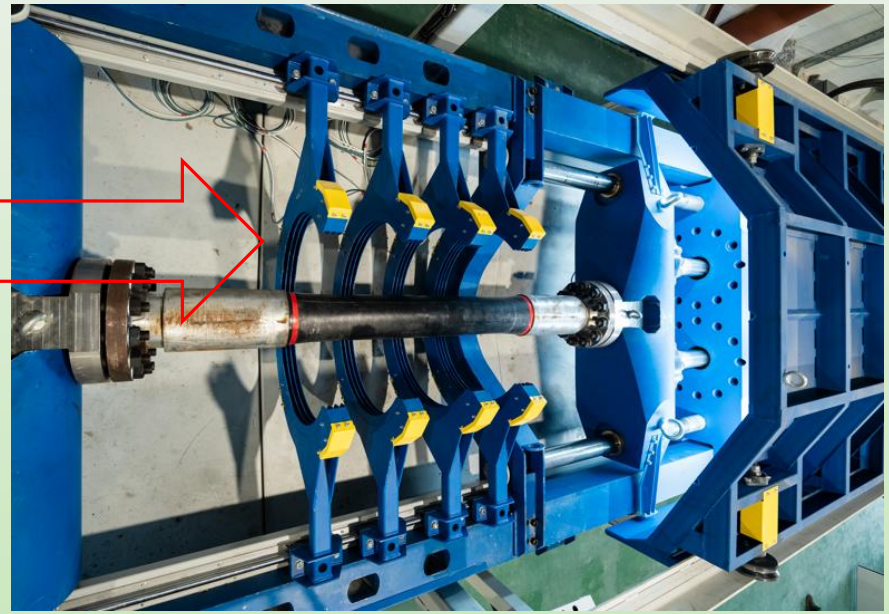
НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"



Маркировка	Исходный наружный диаметр (среднее по 3м измерениям), D, мм.	толщина стенки трубы, e, мм.	$p_{вз}$ разрывное давление. Па;	Начальный окружной предел прочности при растяжении, $\sigma_{сд,в}$ Н/м	Δe изменение относительного удлинения, соответствующее изменению давления, мм	ΔP — изменение давления, Па	Окружной модуль упругости при растяжении Ec, Па.
1	184,6	20,5	23500000	2169050	0,9	5000000	2,50136E+11
					3	5000000	75040650407
					11	5000000	20465631929
					15	8500000	25513821138
Среднее значение							**$0{,}92788*10^{+11}$**
2	183	20,5	21100000	1930650	0,75	5000000	2,97561E+11
					4	5000000	55792682927
					7	5000000	31881533101
					11	6100000	24751662971
Среднее значение							**$1{,}02497*10^{+11}$**
3	185	20,5	22400000	2072000	0,7	5000000	3,223E+11
					5	5000000	45121951220
					10	5000000	22560975610
					12	7400000	27825203252
Среднее значение							**$1{,}04452*10^{+11}$**
Среднее значение			**22525000**	**2071872,5**			**$1{,}03474*10^{+11}$**









ПСТИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ «ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И ИСПЫТАНИЙ В САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ»

АТТЕСТАТ № 018945/023915-2025

Дата выдачи 3 июля 2025 г.

Удостоверяется, что Универсальный испытательный стенд СРС-300/150

заводской номер 25108 принадлежащее ООО "НИЦ "Самара"

по результатам первичной аттестации, протокол № 018945/023915-2025 от 3 июля 2025 г. признано пригодным для использования при испытаниях воспроизведение усилия растяжения, воспроизведение усилия сжатия.

Периодичность аттестации 24 месяцев (лет)

Аттестат выдан ФБУ "Самарский ЦСМ"

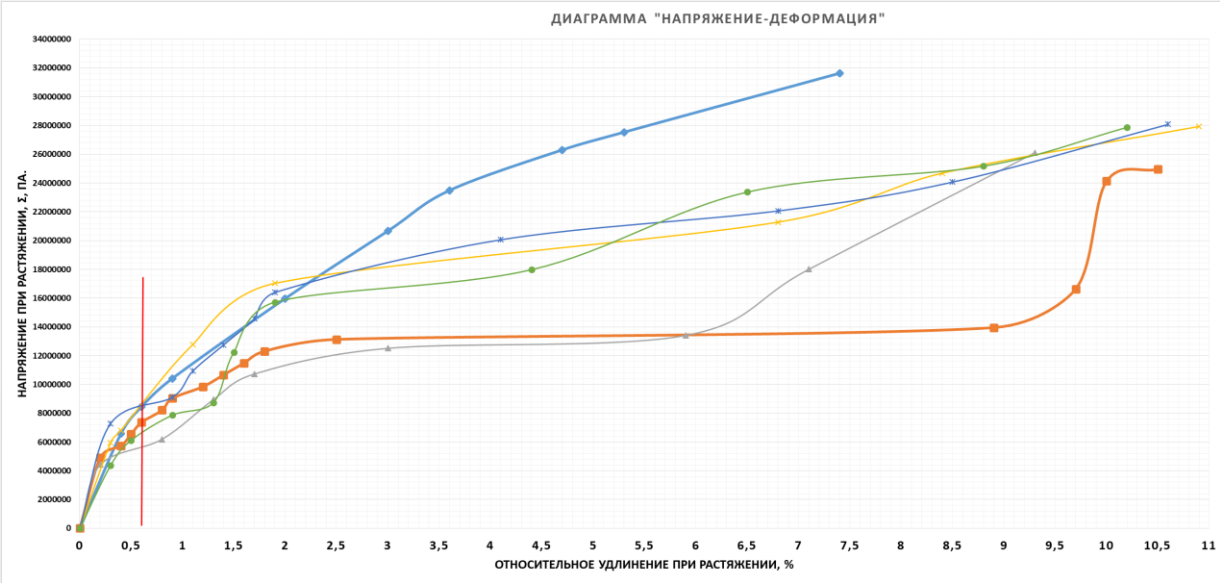
Заместитель директора А.А. Бодягин

Начальник отдела Д.П. Кульчихин

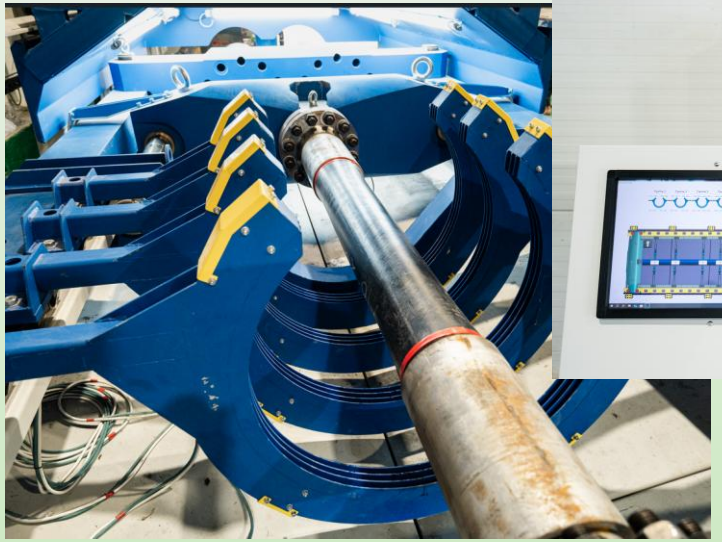
ПСТИ

Определение осевой жесткости и коэффициента Пуассона трубы при растяжении

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"









УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЙ	маркировка	Площадь поперечного сечения образца, А, м^2	сила, F, Н	ΔL	Относительное удлинение при растяжении, %	Напряжение при растяжении, σ, Па.	Модуль упругости в продольном направлении при растяжении, $E_{пр}$, Па	Коэффициент Пуассона	Кратковременная осевая жесткость ЕА, Н
РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	1	0,011103985	0	0	0	0			
		0,01090097	284490	171	9,3	26097678,53	283106395,8	0,198333914	
				0	0		1423837834		
РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	2	0,011524736	0	0	0	0	1818828384		
		0,011238851	313920	200	10,9	27931680	258088723,2	0,229209302	
				0	0		1733622009		
РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	3	0,010775278	0	0	0	0			
		0,009784302	274680	195	10,6	28073541,16	265 618 889	0,103066868	
				0	0		1 605 065 788		
РАСТЯЖЕНИЕ ПРИ НОРМАЛЬНОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ	4	0,011234704	0	0	0	0			
		0,010914608	304110	187	10,2	27862659,97	275 497 638	0,281718318	
				0	0		1 213 695 324		
	среднее значение по 4м испытаниям при нормальных условиях		**294300**	**188,25**		**27491389,92**	**1517461040**	**0,203082101**	**152527164,3**

Определение изгибной жесткости трубы

Предел прочности при изгибе F. МПа, вычисляли по формуле

$$F = \frac{3 * Pmax * L}{A}$$

где Pmax - максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца, Н.

A - площадь поперечного сечения образца, м^2.

Максимальную деформацию, ε мм/мм. вычисляли по формуле

$$\varepsilon = \frac{6 * \delta * h}{L^2}$$

где δ— значение деформации (прогиб), м.

Кратковременная изгибная жесткость трубы EI рассчитывалась по формуле:

$$EI = (F*L^3) / (48* \delta)$$

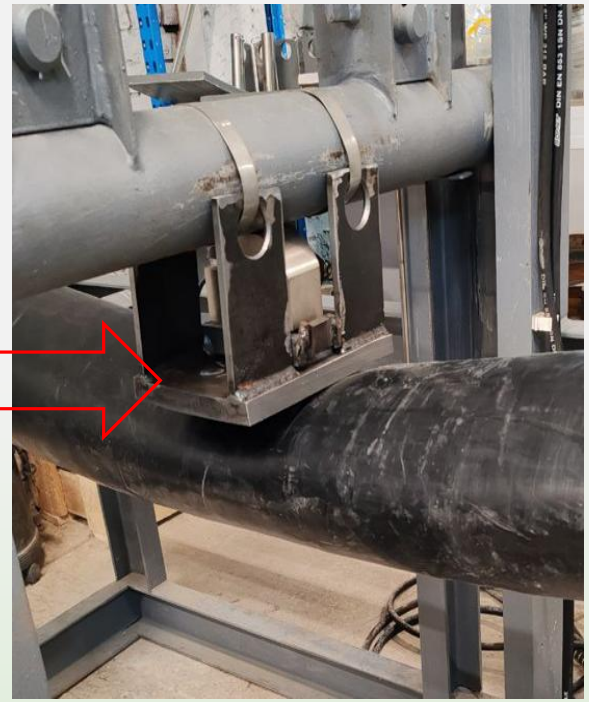
где:

F – максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца (Н),

L – длина образца (м),

δ – прогиб (м)





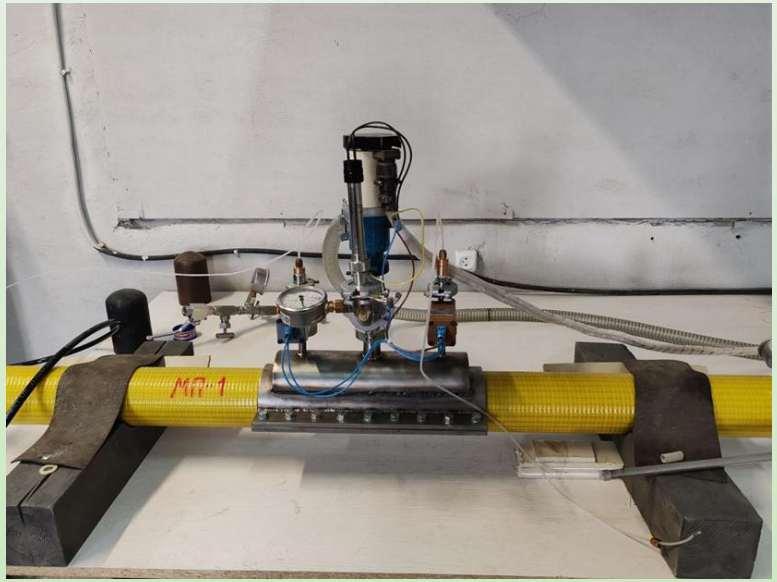
Маркировка	максимальная нагрузка, предшествующая разрушению образца, Pmax, Н	длинна пролета, L, м	δ— значение деформации (прогиб), м	Максимальная деформация, ε мм/мм.	Площадь поперечного сечения образца, А, мм2	Предел прочности при изгибе F, МПа.	Напряжение при заданной деформации σ(e). МПа.	Кратковременная изгибная жесткость трубы EI, Па*м4
1	0				0		0	
	4903,325	1,309	0,016	17,424	0,010280422		1873012316	14320,17745
	35303,94	1,309	0,241	205,821	0,010280422	13485688676		6845,16366
2	0							
	4903,325	1,309	0,014	15,288	0,010312309		1867220689	16365,91708
	33342,61	1,316	0,239	260,988	0,010312309	12764999617		6624,118944
среднее значение						**8750229431**		**15343,04727**

Определение газопроницаемости полноразмерного образца трубы

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"



Кювета для измерения газопроницаемости на трубах связной конструкции





РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2823440

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Патентообладатель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "НЕМЕТАЛЛ" (RU)

Авторы: Перов Кирилл Алексеевич (RU)

Заявка № 2024113444

Приоритет изобретения 17 мая 2024 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 23 июля 2024 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 17 мая 2044 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов







Определение газопроницаемости полноразмерного образца трубы



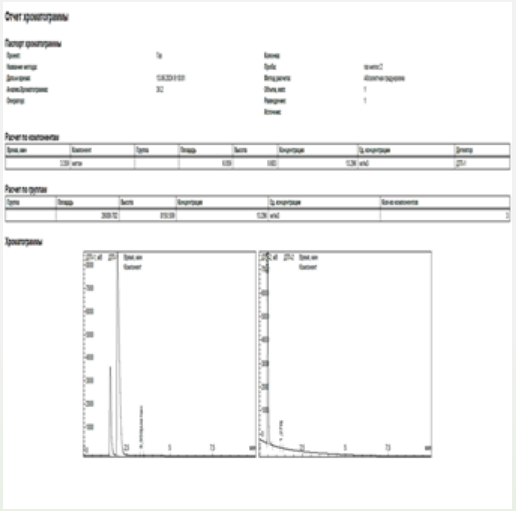


Таблица 1. Значения скорости проникновения газа и коэффициента газопроницаемости, полученные в результате эксперимента.

№ образца	Скорость проникновения газа, GTR моль/м²*сут. *Па			Коэффициент газопроницаемости, P, моль*м/м²*сут. *Па		
	H_2S	CH_4	CO_2	H_2S	CH_4	CO_2
1	0,00036	0,00289	0,00105	$1,786\times10^{-10}$	$1,43\times10^{-09}$	$5,19\times10^{-10}$
2	0,00045	0,00517	0,000676	$2,20\times10^{-10}$	$2,55\times10^{-09}$	$3,34\times10^{-10}$
3	0,00025	0,00455	0,000826	$1,24\times10^{-10}$	$2,24\times10^{-09}$	$4,08\times10^{-10}$
Среднее значение	0,00035	0,00420	0,00085	$1,7\times10^{-10}$	$2,07\times10^{-09}$	$4,2\times10^{-10}$



Таблица 2. Концентрации газа в кювете за час.

№ образца	Концентрация газа в кювете, мг/м3		
	H2S	CO2	CH4
1	3,7	14	14
2	4,5	9	25
3	2,6	11	22

Таблица 3. Потеря газов на 1 км трубопровода в год

№ образца	Потеря газов, за 1 год					
	CH4, за 1 год		H2S, за 1 год		CO2, за 1 год	
	$М^3/М^2$	$М^3$/Км трубы	$М^3/М^2$	$М^3$/Км трубы	$М^3/М^2$	$М^3$/Км трубы
1	0,0038	1,16	0,0005	0,145	0,0014	0,42
2	0,0069	2,08	0,0006	0,176	0,0009	0,27
3	0,0061	1,83	0,0003	0,102	0,0011	0,33

Результаты исследования ГПАТ после 30 лет эксплуатации

Цель и объект исследования

Цель: Исследование гибкой полимерно-армированной трубы не связанной структуры производства ООО «Реммаш-Сервис» после 30 лет эксплуатации на нефтяном месторождении.



Рис. 1. Образец трубы маркировка РМС-16 фрагмент, бывший в эксплуатации 30 лет



Рис. 2.Образец трубы маркировка РМС-17 исходный внутренний лайнер ПЭ80

Для проведения исследования в ООО «НИЦ «НЕМЕТАЛЛ» поступили следующие объекты:

- Отрезок трубы, находящийся на эксплуатации 30 лет (Рис. 1). Объекту при поступлении присвоена маркировка РМС-16.
- Внутренний лайнер исходного полиэтилена марки ПЭ-80 (Рис. 2) Объекту при поступлении присвоена маркировка РМС-17

Справка о сроках эксплуатации:

- **Год ввода выкидной линии: 1981**
- **Ду: 75мм**
- **L: 560м**
- **Год вывода в бездействие: 2018**

Методы исследования

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

Таблица 1 – перечень исследований

Вид испытания	Нормативный документ	Кол-во образцов	Вид образца
Послойный осмотр образца бывшего в эксплуатации			
Испытание на абразивный износ	ГОСТ 11012-2017	10	Образцы в виде цилиндров
Испытание на растяжение	ГОСТ 11262-2017	10	Образцы в виде лопаток СР23
Испытания на ударную вязкость по Изоду (- 60)	ГОСТ 19109-2017	6	Образец с надрезом по ГОСТ 19109 (ISO 180/A)
Исследование микроструктуры сечения трубы.		2	Образец повив, образец армировки

Результаты испытаний

Послойный осмотр образца бывшего в эксплуатации

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"



Рис. 3. Промежуточная оболочка с продольными проволоками



Рис. 4. Лайнер

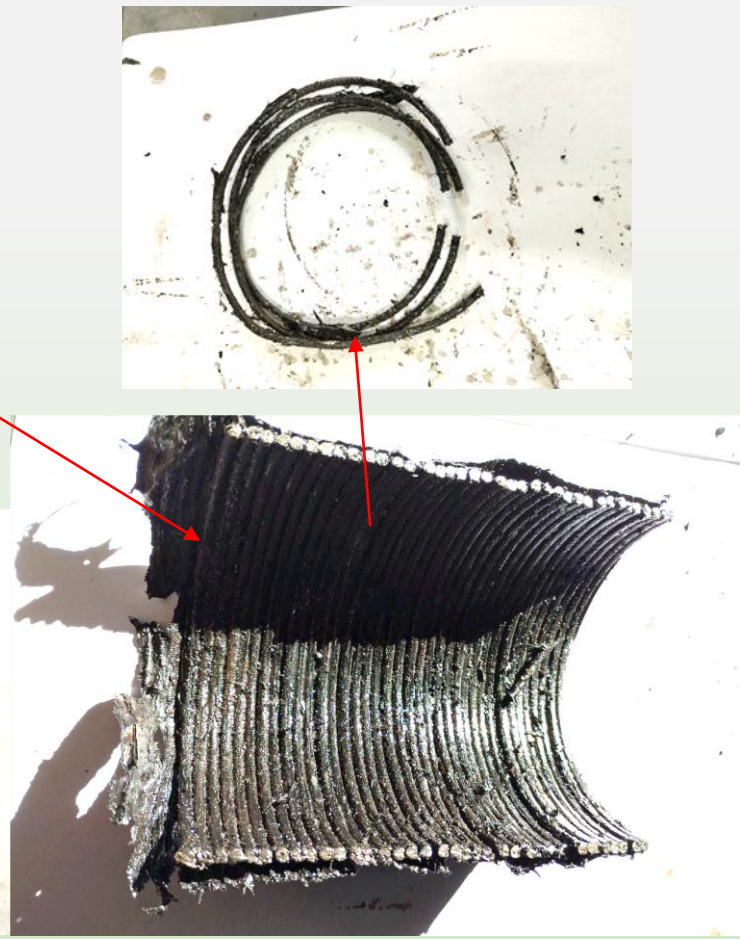


Рис. 5. Внешняя оболочка с поперечным армирующим каркасом

Результаты испытаний

Испытания на растяжение



Рис. 6. Внешний вид образцов до испытаний на растяжение

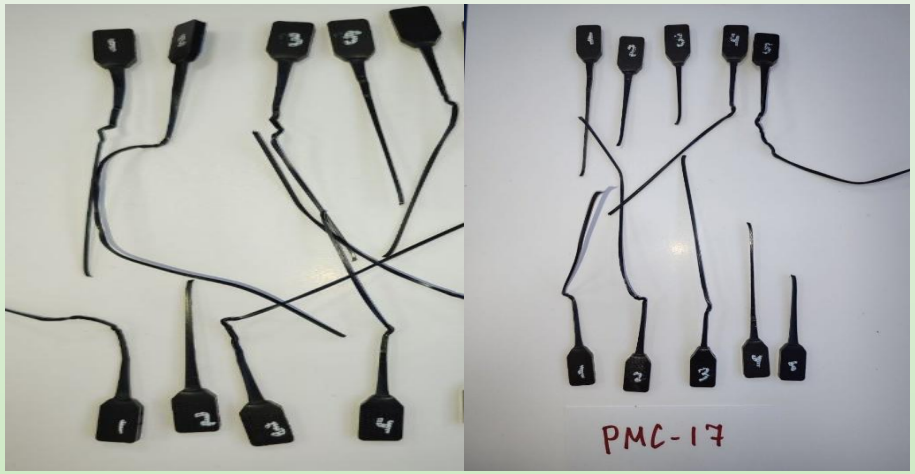


Рис. 7. Внешний вид образцов после испытаний на растяжение

Таблица 2 – Испытания на растяжение

Маркировка	Среднее прочность при растяжении, МПа	Среднее относительное удлинение при разрыве, %
PMC-17	34,32	646,7
PMC-16	34,17	832,7

По результатам испытаний установлено что прочность образца бывшего в эксплуатации изменилась менее чем на 1% относительно свойств нового образца внутреннего лайнера ГПМТ. При этом относительное удлинение увеличилась на 28% что свидетельствует о пластификации полиэтилена лайнера под действием транспортируемой среды.

Результаты испытаний

Испытания на ударную вязкость

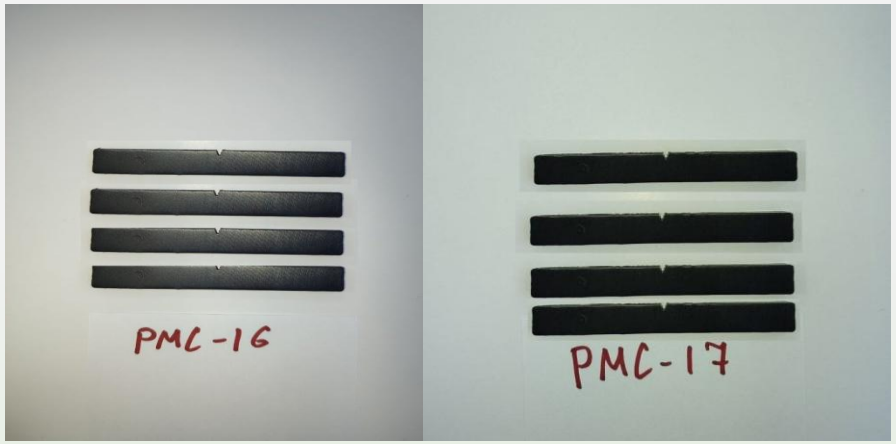


Рис. 8. Внешний вид образцов до испытаний на ударную вязкость

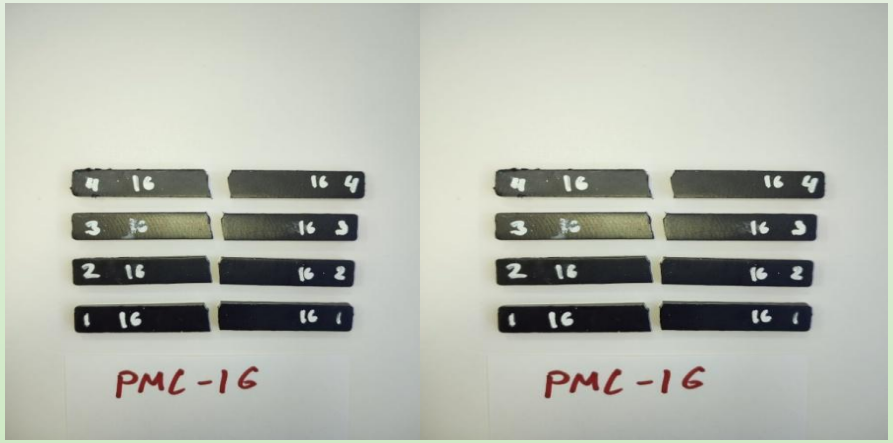


Рис. 9. Внешний вид образцов после испытаний на ударную вязкость

Таблица 3 – Испытания на ударную вязкость

Маркировка	Ударная вязкость по Изоду, кДж/м2
PMC-16	13,40
PMC-17	13,43

Испытания на ударную вязкость при отрицательных температурах, показал, что изменение в ударной вязкости ПЭ-80 по истечению 30 лет эксплуатации не произошло.

Результаты испытаний

Испытания на стойкость к абразивному износу

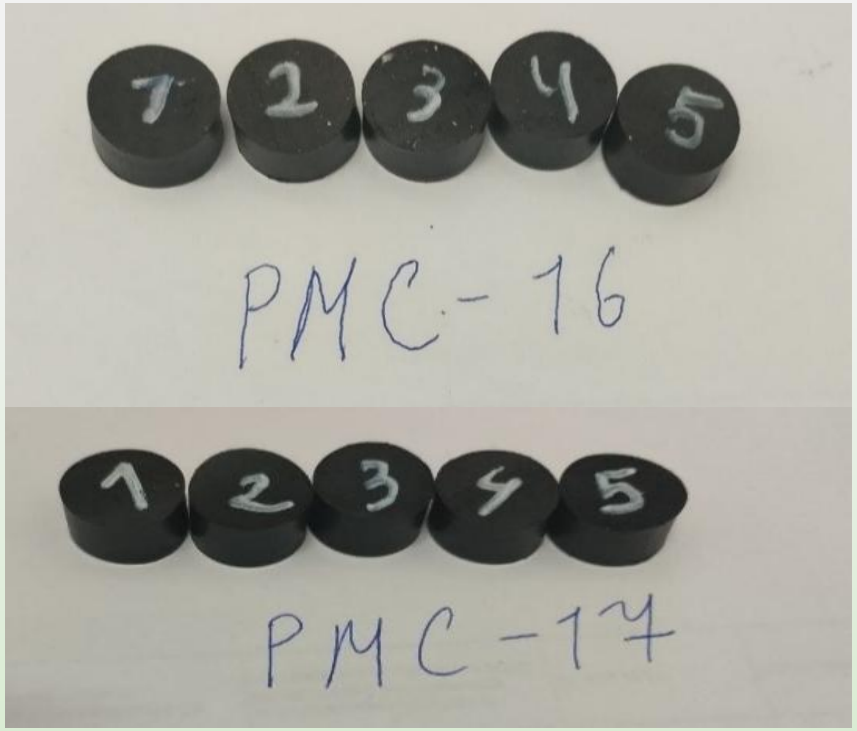


Рис. 10. Внешний вид образцов до испытаний на истирание

Таблица 4 – Испытания на истирание

№ п/п	Маркировка	Температура испытаний	Значение истираемости, мм3\м	Среднее значение, мм3\м	Метод испытания
1	РМС-16	23°С	3,5	3,5	ГОСТ 11012-2017
			3,8		
			3,4		
			3,5		
			3,3		
2	РМС-17	23 °С	3,2	3,1	
			2,9		
			3,1		
			3,2		
			3,1		

По результатам испытаний установлено что среднее значение показателя истирания на новом образце больше на 12,9 %, чем на образце бывшем в эксплуатации.

Результаты испытаний

Исследование микроструктуры продуктов коррозии

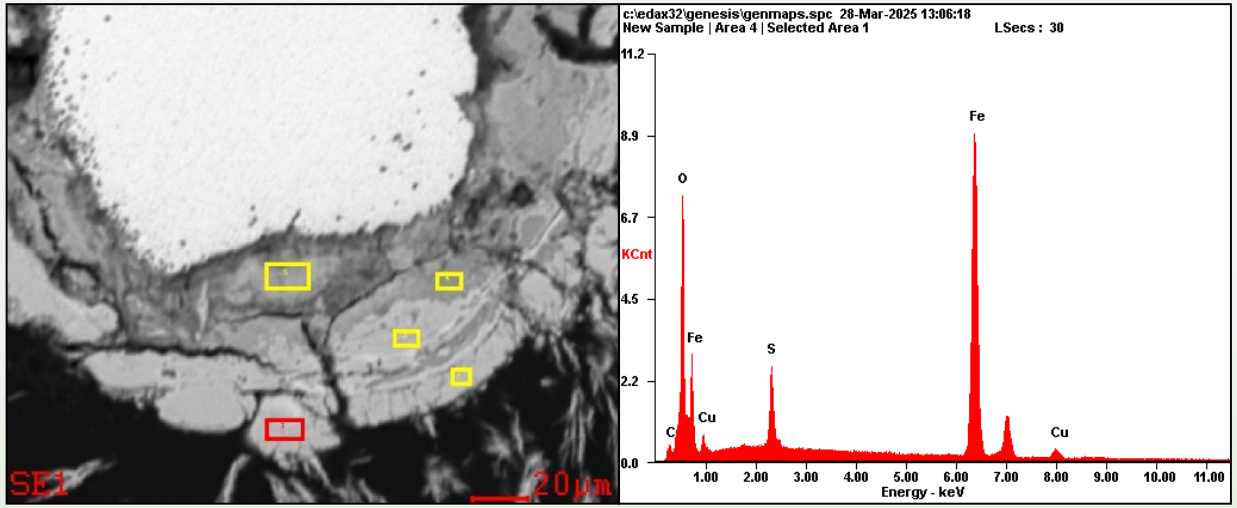


Рис. 11. Микроструктура продуктов коррозии на образце RMS16p (повив)

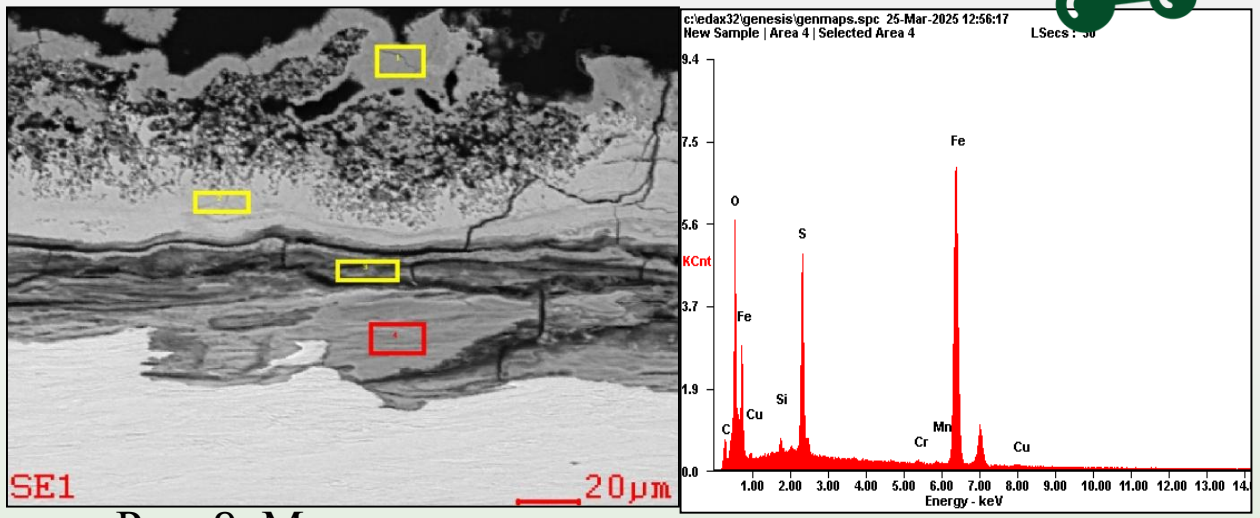
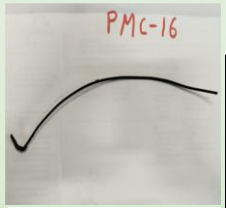
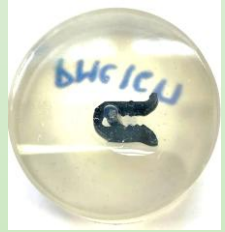


Рис. 9. Микроструктура продуктов коррозии на образце RMS16a (армировка)



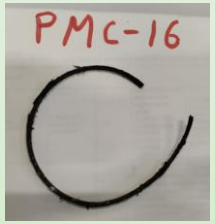


Element	Wt%	At%
CK	04.08	11.50
OK	19.03	40.21
SK	04.53	04.77
FeK	68.60	41.52
CuK	03.76	02.00
Matrix	Correction	ZAF

Таблица 5. Элементный состав в точках контроля RMS16p

Element	Wt%	At%
CK	08.96	21.95
OK	19.70	36.21
SiK	00.80	00.84
SK	10.00	09.17
CrK	00.41	00.23
MnK	00.59	00.32
FeK	58.33	30.72
CuK	01.22	00.56
Matrix	Correction	ZAF

Таблица 6. Элементный состав в точках контроля RMS16a





Выводы

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

В результате испытаний установлены параметры механических свойств образца бывшего в эксплуатации и нового образца ГПМТ, полученные значения проанализированы, результаты сравнения значений, полученных в результате испытаний представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Сравнение результатов испытаний

Вид испытания	РМС-16(образец бывший в эксплуатации)	РМС-17(новый образец)	Изменение,%
прочность при растяжении, МПа	34,17	34,32	-0,44
относительное удлинение при разрыве, %	832,7	646,7	+28,76
Значение истираемости, мм3\м	3,5	3,1	+12,9
Ударная вязкость по Изоду, кДж/м2	13,40	13,43	-0,22

Исходя из данных, полученных при проведении комплекса испытаний можно сделать вывод о том, что труба бывшая в эксплуатации, по истечению 30 лет сохранила свои механические свойства и может быть применена для дальнейшей эксплуатации.

Спасибо за внимание!

Управляющий
ООО «НИЦ «НЕМЕТАЛЛ»
к.т.н. Федотова Анна Владимировна
fedotova@nicnemetall.ru
Тел.: 8 927 756 24 02