Исследования и испытания физико-механических свойств гибкого плоскосворачиваемого рукава по требованиям ПАО «Транснефть»

Докладчик: к.т.н., начальник отдела
исследований и экспертиз
ООО «НИЦ «НЕМЕТАЛЛ»
Гречухин Александр Вячеславович

Актуальность и цель исследования

Актуальность исследования: гибкий плоскосворачиваемый рукав предназначен для перекачки нефти, нефтепродуктов и воды, поэтому к его материалу предъявляются повышенные требования по прочности и устойчивости к воздействию эксплуатационных факторов.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью экспериментального подтверждения надежности, долговечности и сохранения эксплуатационных свойств рукава при воздействии высоких и низких температур, климатических факторов, агрессивных сред, многократных изгибов и истирания по требования ПАО «Транснефть»

Цель исследования — комплексная оценка эксплуатационных характеристик материала рукава соответствию требованиям прочности, долговечности и стойкости к внешним воздействиям в условиях предполагаемой эксплуатации.






Испытания в присутствие Комиссии ПАО «Транснефть»











Задачи и объект исследования

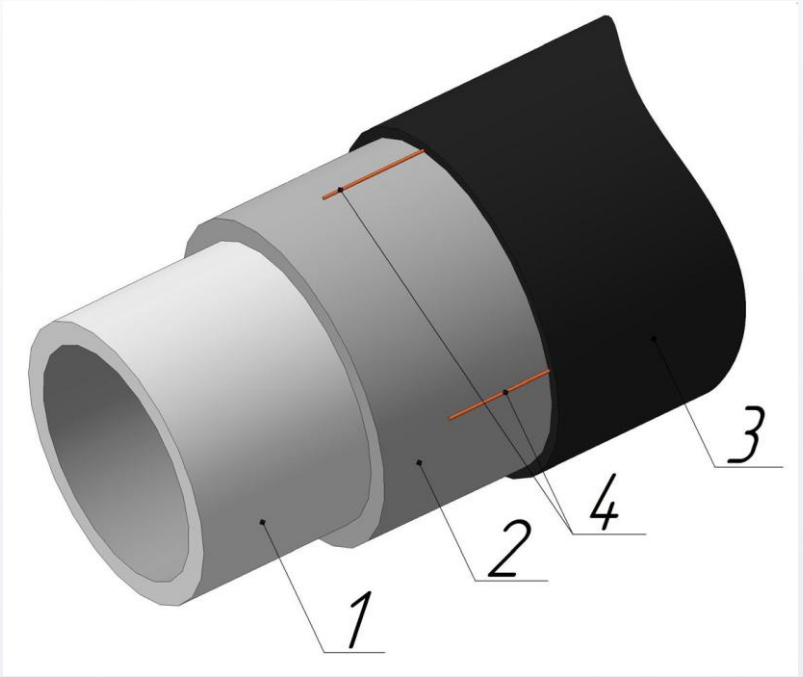
Объект исследования:
Гибкий плоскосворачиваемый рукав **МТС 150/6,3–100 УХЛ1**, изготовленный ООО «МТС».

Задачи исследования:

1. Определить прочность материала при разрыве в продольном и поперечном направлениях при температуре +23 °С.
2. Определить относительное удлинение при разрыве.
3. Оценить изменение прочности при температурах +70 и -60 °С.
4. Исследовать стойкость материала к термостарению.
5. Определить стойкость к циклическому перепаду температур.
6. Оценить устойчивость к ультрафиолетовому излучению и высокой влажности.
7. Определить химическую стойкость к нефти и нефтепродуктам.
8. Проверить температуру хрупкости материала.
9. Оценить стойкость рукава к многократному изгибу и сохранение характеристик антистатического провода.
10. Определить стойкость к истиранию.

Конструкция гибкого плоскосворачиваемого рукава

Основой рукава является **силовой каркас из синтетических волокон**, который обеспечивает необходимую механическую прочность изделия. Конструкция также включает **внутренний герметизирующий слой, промежуточный армирующий слой, внешний защитный слой и антистатические провода**.



1 – внутренний герметизирующий слой,

2 – промежуточный армирующий слой,

3 – внешний защитный слой,

4 – антистатический провод

Основные технические данные рукава

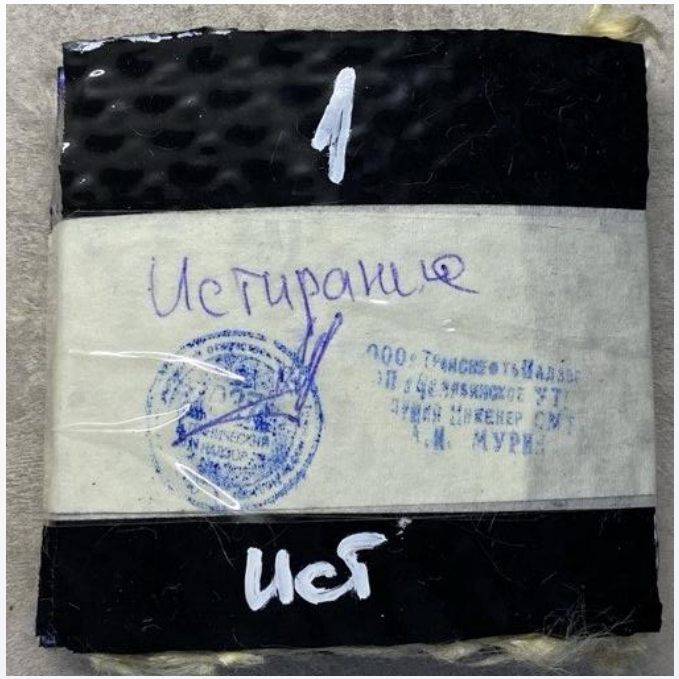
Основные технические данные

Параметр	Значение
Условный диаметр	DN 150 мм
Номинальное давление	6,3 МПа
Длина рукава	100 ± 0,3 м
Толщина стенки	5,5 ± 1,0 мм
Количество антистатических проводов	4 шт.
Давление испытания на герметичность	7,0 МПа
Давление испытания на прочность	7,9 МПа
Давление разрыва	не менее 11,34 МПа
Климатическое исполнение	УХЛ1
Назначенный срок службы	10 лет

Прочность при разрыве материала рукава

Наименование показателя	Номинальное давление, PN, МПа	Значение прочности, Н/мм, не менее		
		DN 100	DN 150	DN 200
Прочность при разрыве материала рукава в поперечном направлении (по утку)	6,3	584	873	1162
Прочность при разрыве материала рукава в продольном направлении (по основе)	6,3	292	437	581

Проверка стойкости рукава к истиранию по Таберу в соответствии с ASTM D 4060-07



Образцы для испытания в количестве 3 шт. (100х100 мм)



Проведение испытания на приборе Табер

Результат испытаний	Заключение
1 образец - 0,91 мг/см^2; 2 образец - 1,27 мг/см^2; 3 образец - 0,83 мг/см^2; макс. зн. 1,27 мг/см^2	**соответствует** требованиям программы испытаний - потеря веса образца составила не более 30 мг/см^2

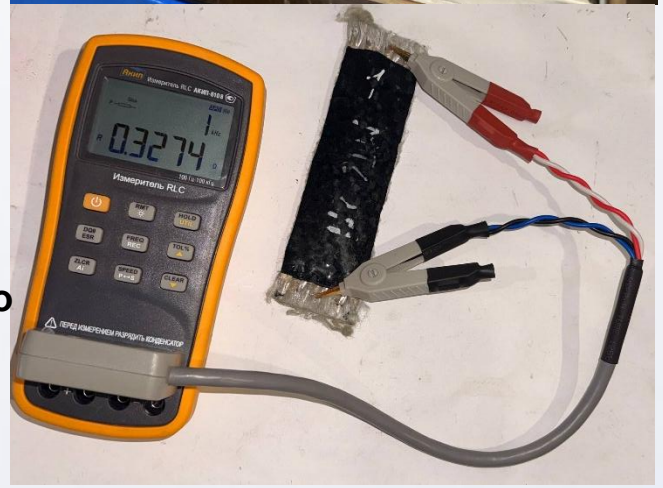
Результаты испытаний на стойкость к истиранию

Испытание образца рукава на изгиб (-60°С, 180 град. 10 циклов) и проверка температуры хрупкости

Охлаждение образцов в климатической камере до -60°С

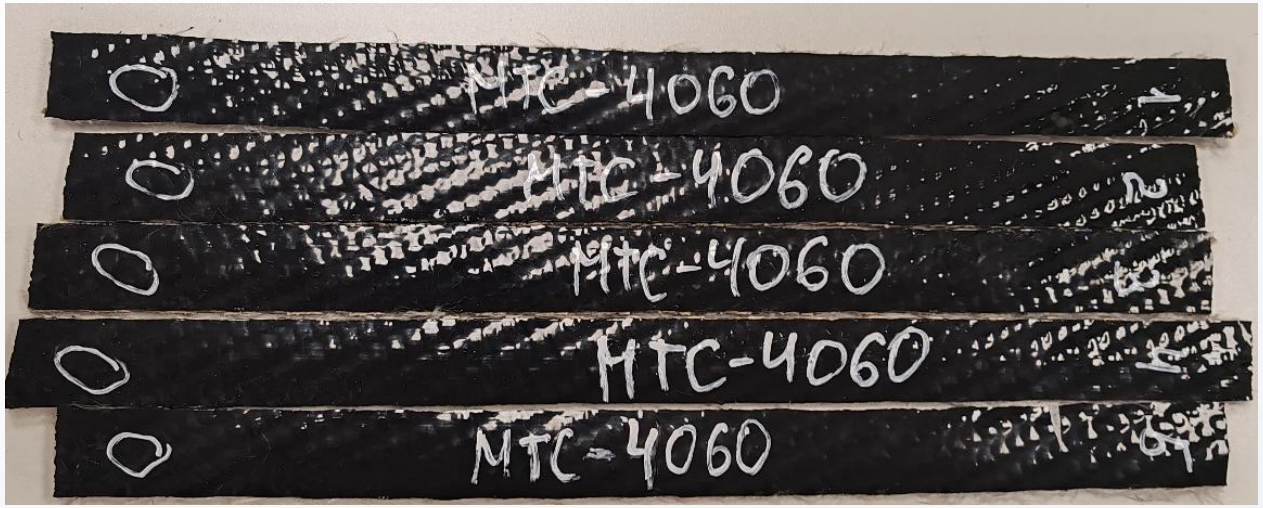


Процесс измерения сопротивления антистатического провода



Вид испытания	Результат испытаний	Заключение
Испытание образца рукава на изгиб (-60°С, 180 град. 10 циклов)	По основе: отсутствуют трещины и какие-либо иные повреждения	**соответствует** требованиям программы испытаний
	По утку: отсутствуют трещины и какие-либо иные повреждения	**соответствует** требованиям программы испытаний
	Участок с проложенным антистатическим проводом: 1 образец – 3,1 % 2 образец – 10 % 3 образец – 4,2 %	**соответствует** требованиям программы испытаний – процент увеличения сопротивления после испытания, не превышает **10 %**
Проверка температуры хрупкости материала рукава	По основе: на внешнем и внутреннем слоях дефектов и повреждений, обнажающих силовой каркас, не обнаружено	**соответствует** требованиям программы испытаний
	По утку: на внешнем и внутреннем слоях дефектов и повреждений, обнажающих силовой каркас, не обнаружено	**соответствует** требованиям программы испытаний

Испытание образца рукава на разрыв при +23°С, +70°С, -60°С



Образцы для испытания на растяжение
(ширина образца – (25±1) мм,
длина – не менее 450 мм)



Крепление образцов в специальных зажимах

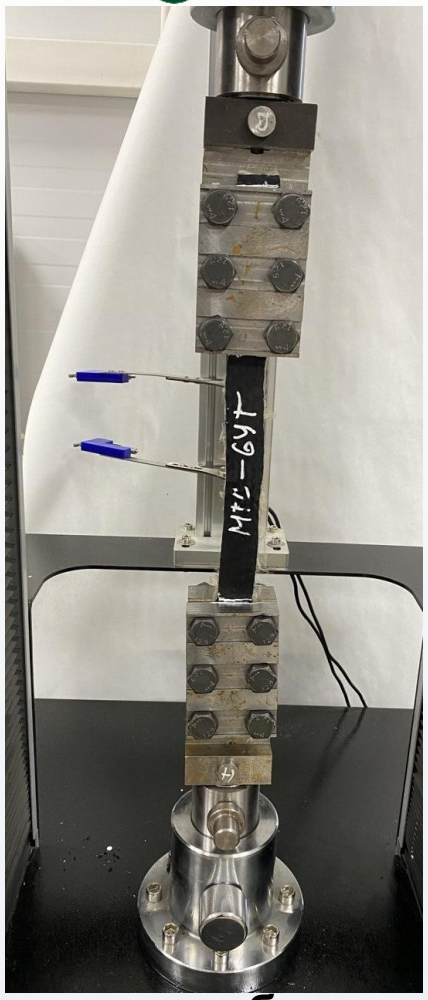


Воздействие на образцы температурным фактором в камере тепла и холода

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

Испытание образца рукава на разрыв при +23°С, +70°С, -60°С

Результат испытаний	Заключение
По основе при +23°С: Ср. знач. прочности - 813,3 Н/мм; Ср. знач. относительного удлинения - 17,2 %	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности составило не менее 437 Н/мм); значение относительного удлинения составило не более 50 %
По основе при +70°С: Ср. знач. прочности - 689,26 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **18 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 21,3 %	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 25 %; значение относительного удлинения составило не более 50 %
По основе при -60°С: Ср. знач. прочности - 882,3 Н/мм (увеличение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **7,82 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 19,32 %	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности не снизилось; значение относительного удлинения составило не более 50%
По утку при +23°С: Ср. знач. прочности - 1151,1 Н/мм; Ср. знач. относительного удлинения - 23,8%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности составило не менее 873 Н/мм; значение относительного удлинения составило не более 50%
По утку при +70°С: Ср. знач. прочности - 752,5 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **34,62 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 25,1%	**не соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось более чем на 25 %; **соответствует** требованиям программы испытаний – значение относительного удлинения составило не более 50%
По утку при -60°С: Ср. знач. прочности - 1463,55 Н/мм увеличение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **21,34 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 13,55%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности не снизилось; значение относительного удлинения составило не более 50%



Испытание образцов на разрывной машине

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

Проверка стойкости к перепаду температур (+70°С 2 ч / -60°С 2 ч, 15 циклов)

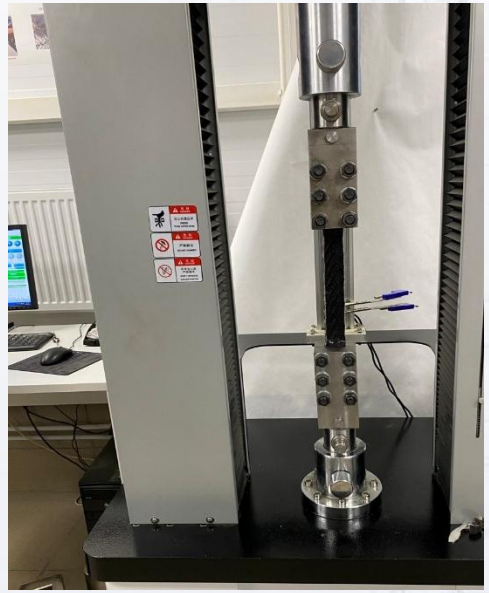


Камера холода

+70°С 2 ч /
-60°С 2 ч,
15 циклов



Камера тепла



Испытание образцов после 15 циклов

Результат испытаний	Заключение
По основе: Ср. знач. прочности - 788,61 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **3,03 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 19,0%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%
По утку: Ср. знач. прочности - 1094,14 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **4,94 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 20,34%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%

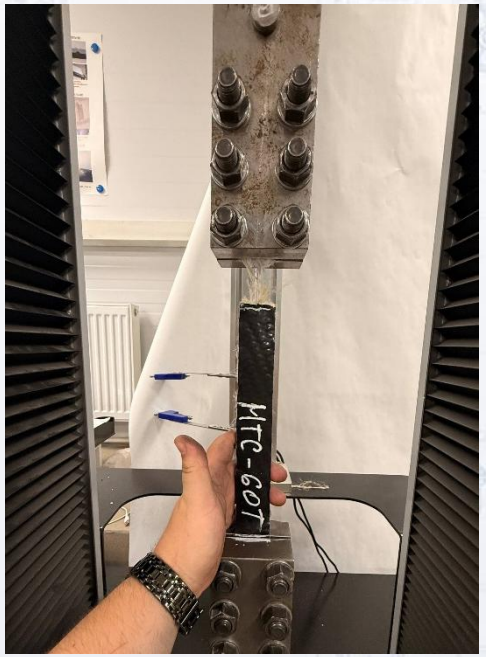
Проверка стойкости рукава к термостарению (1000 ч при +70°С)



Термостарение образцов при +70°С в течение 1000 ч



Внешний вид образцов после термостарения



Испытание образцов после 15 циклов

Результат испытаний	Заключение
По основе: Ср. знач. прочности - 709,11 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **12,81 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 18,06%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%)
По утку: Ср. знач. прочности - 1057,71 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **8,11 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 20,34%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%

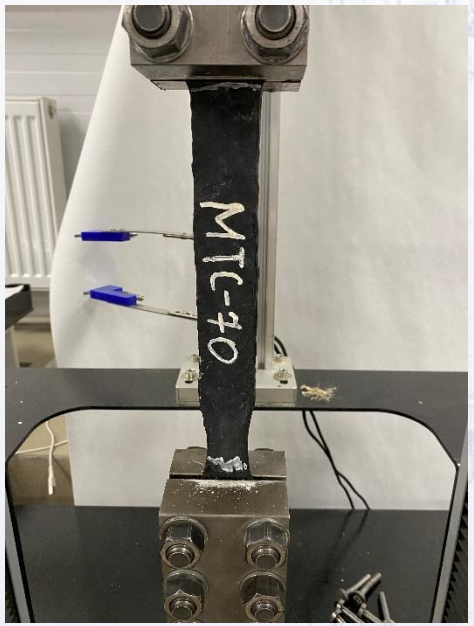
Проверка стойкости к воздействию светопогоды (1000 ч)



Выдержка образцов в камере светопогоды в течение 1000 ч



Внешний вид образцов после старения



Испытание образцов после старения

Результат испытаний	Заключение
По основе: Ср. знач. прочности - 751,33 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **7,61 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 20,1%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%
По утку: Ср. знач. прочности - 1083,19 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **5,89 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 17,1%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%)

Испытание на химическую стойкость (нефть 1000 ч. +70°С)

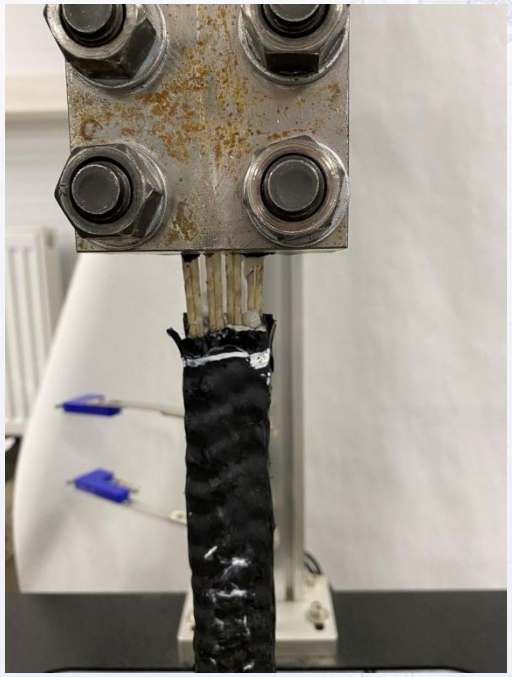


Выдержка образцов в нефти (с массовой долей серы до 3,5 %) при +70°С в течение 1000 ч





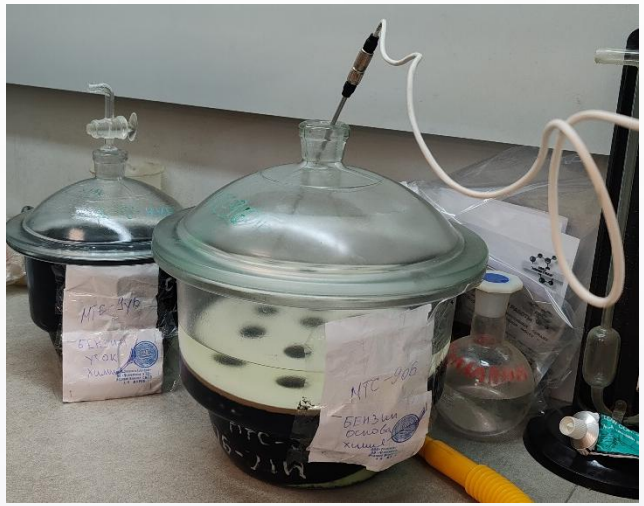
Внешний вид образцов после выдержки



Испытание образцов

Результат испытаний	Заключение
По основе: Ср. знач. прочности - 786,84 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **3,36 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 21,6%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%)
По утку: Ср. знач. прочности - 978,16 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **15,02 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 18,5%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%)

Испытание на химическую стойкость (бензин 1000 ч при +20°С)

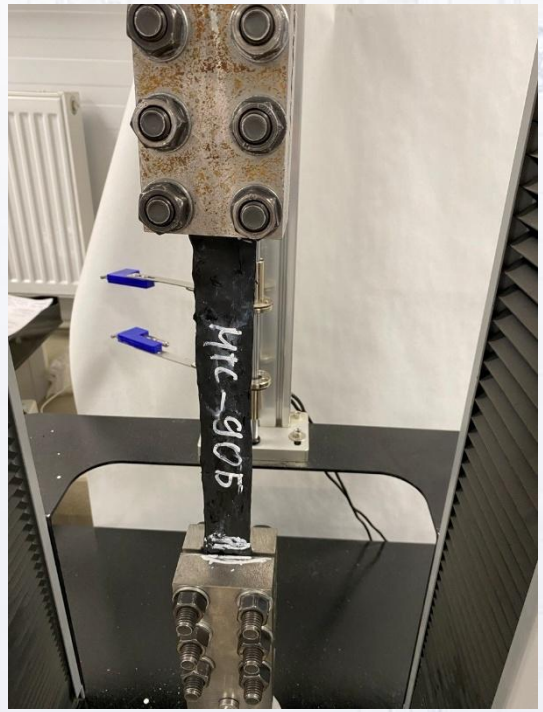


Выдержка образцов в бензине при +20°С в течение 1000 ч





Внешний вид образцов после выдержки



Испытание образцов

Результат испытаний	Заключение
По основе: Ср. знач. прочности - 763,35 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **6,14 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 23,6%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%)
По утку: Ср. знач. прочности - 892,15 Н/мм (снижение прочности относительно образцов, испытанных при температуре (23 ± 2) °С, составило **22,49 %**); Ср. знач. относительного удлинения - 18,9%	**соответствует** требованиям программы испытаний – значение предела прочности снизилось не более чем на 30 %; значение относительного удлинения составило не более 50%)

Выводы

В результате комплекса испытаний Гибкого плоскосворачиваемого рукава **МТС 150/6,3–100 УХЛ1 установлено:**

1. Образцы успешно прошли испытания на истирание, низкотемпературный изгиб, хрупкость, термоциклирование, термостарение, светопогодное воздействие и химическую стойкость.
2. **Основные физико-механические характеристики соответствуют установленным требованиям.**
3. Относительное удлинение по утку при +70°С **соответствует требованиям**.
4. **Выявлено одно несоответствие:** снижение прочности по утку при температуре **+70°С** — среднее значение **752,5 Н/мм**, что превышает допустимое снижение более чем на 25 %, что требует дополнительного анализа и корректирующих мероприятий.

Рекомендации

Провести анализ причин снижения прочности по утку при +70°С — исследовать материал, структуру армирования, качество соединения слоев и технологические параметры изготовления.

НИЦ "НЕМЕТАЛЛ"

ООО "НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "НЕМЕТАЛЛ" – ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ И КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Наш канал в MAX

Наш сайт

г. Самара ул. Речная, д. 5
тел. +7 992 122 90 20
E-mail: office@nicnemetall.ru

Начальник отдела
исследований и экспертиз
ООО «НИЦ «НЕМЕТАЛЛ»
Гречухин Александр Вячеславович
grechuhin@nicnemetall.ru
Тел.: +7 927 704 69 54