



**ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ
В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**

Ю.М.Петров

ООО «МЕПОС»

В.В.Сухоруков, В.Ю.Волоховский, А.Н.Воронцов, К.В.Мякушев

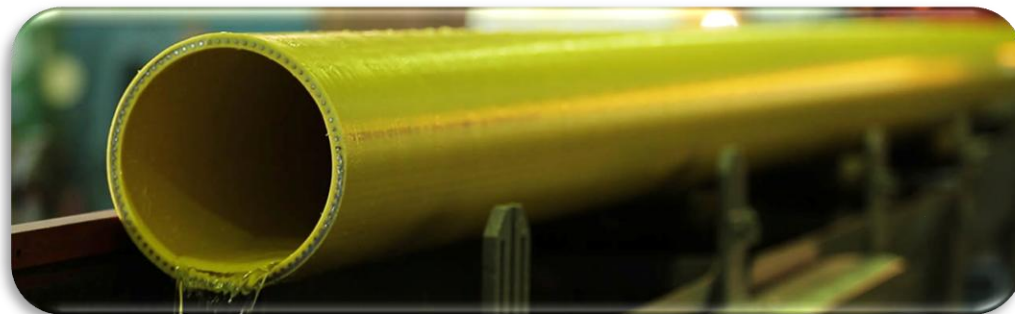
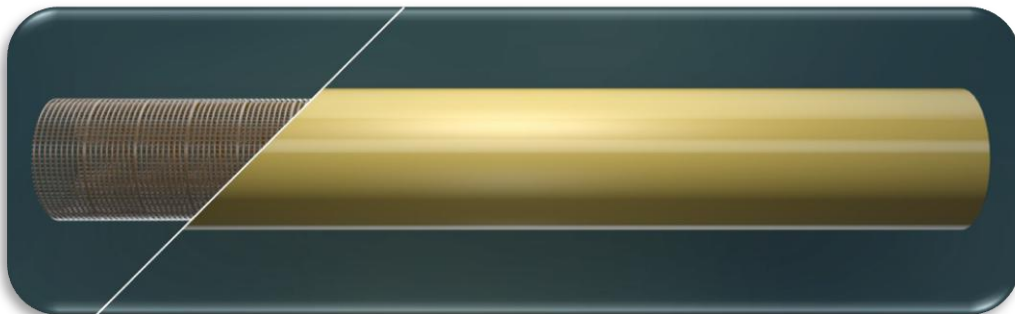
ООО «ИНТРОН ПЛЮС»

«ПРОМЫСЛОВЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ–2017»

18-21 апреля 2017, Москва

МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНАЯ ТРУБА

МПТ – полимерная труба, армированная жестким решетчатым каркасом, сваренным из стальной проволоки. Стальной каркас защищен слоем полимера со всех сторон и формирует внутреннюю и внешнюю поверхности МПТ.



ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА МПТ

МПТ объединяет свойства стальной и полимерной труб:

- Прочность сопоставима с прочностью стали → выдерживает большие давления, чем обычные полимерные трубы
- Стойкость к химически агрессивным жидкостям → длительный срок службы при транспортировке агрессивных сред
- Стойкость к коррозии → отсутствует необходимость антикоррозионной обработки, катодной и ингибиторной защиты
- Возможность применения различных полимеров → расширяет возможные области применения



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ В ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЬ»



**Использование металлополимерных труб в компании
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЬ» началось с 1996 г.**








**Первые трубопроводы и настоящее время находятся в
технически исправном состоянии. Сейчас в ООО
«ЛУКОЙЛ-ПЕРМНЕФТЬ» эксплуатируется 236,7 км
трубопроводов МПТ:**

- **выкидные линии (Ду95) - 83,2 км;**
- **нефтесборные трубопроводы (Ду140) - 48,5 км;**
- **нефтесборные трубопроводы (Ду200) - 97,8 км;**
- **нефтесборные трубопроводы (Ду275) - 7,2 км;**

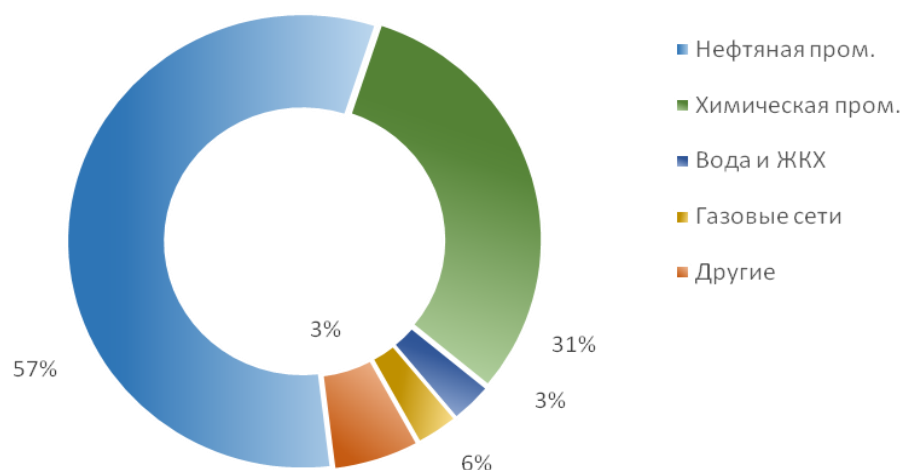


ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

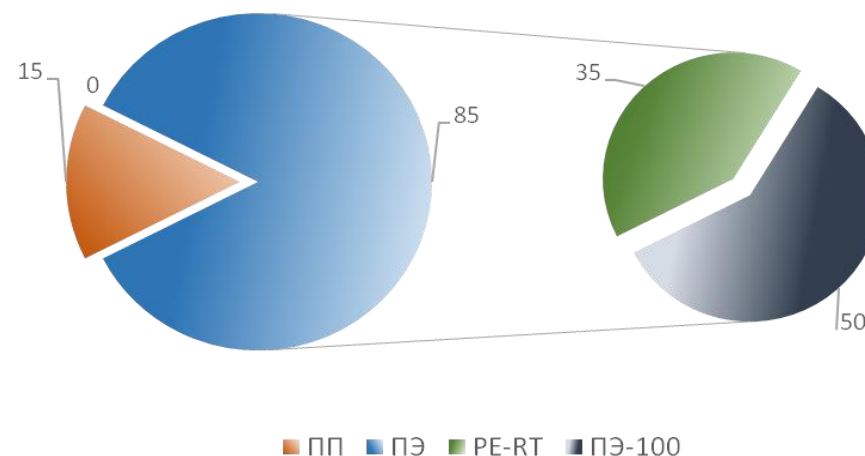
ОСНОВНЫЕ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МПТ:

-  Добыча и транспортировка нефти, газа, подтоварной воды
-  Транспортировка кислот, щелочей, рассолов
-  Подземное и кучное выщелачивание цветных и редкоземельных металлов
-  Транспортировка агрессивных пульп
-  ЖКХ - трубопроводы горячего и холодного водоснабжения, напорная канализация, газовые сети
-  Артезианские скважины в качестве обсадных и подъемных труб
-  Транспортировка соленой воды, морская инфраструктура, подводные трубопроводы, укрепление береговой линии

Отрасли применения:



Применяемый полимер:

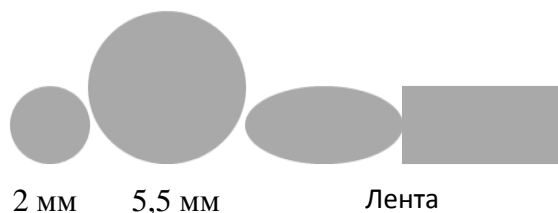


Технология МЕПОС имеет три основные особенности:

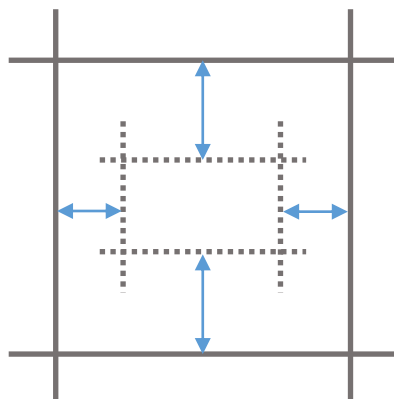
- ⚙ **Непрерывный производственный процесс с одним экструдером, работающим в автоматическом режиме**
- ⚙ **Система двустороннего охлаждения, предотвращающая образование грубой кристаллической структуры на макромолекулярном уровне**
- ⚙ **Система калибровки трубы по внутреннему диаметру, образующая глянцевую внутреннюю поверхность с минимальной шероховатостью**

Возможные изменения в технологии:

Возможность изменять
размер проволоки и ее
сечения



Возможность изменять
размеры ячеек каркаса



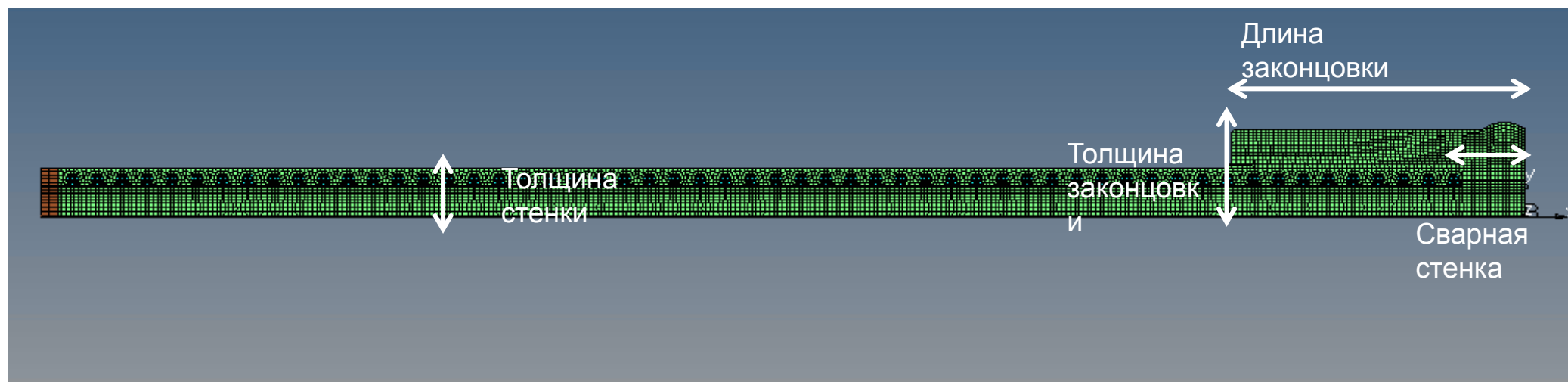
Возможность
применения других
полимеров

Полиэтилен
↕
Полипропилен
↕
Полиамид
↕
Поликетон
↕
Полиуретан

Геометрия сварного соединения труб



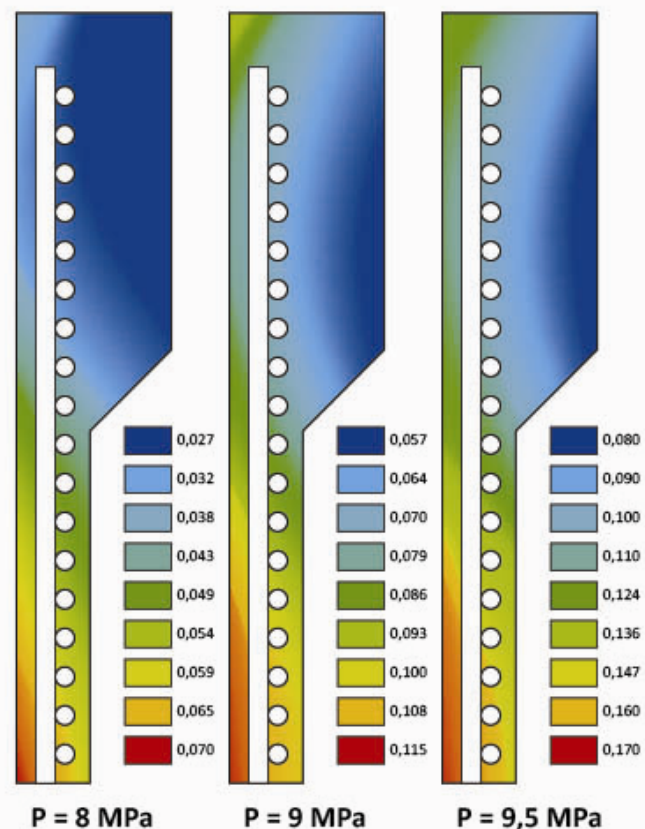
Тип МПТ	Внутренний диаметр, мм	Диаметр проволоки, мм	Толщина стенки, мм	Толщина законцовки, мм	Длина законцовки, мм	Толщина сварочной стенки, мм
Расчет	225	3	12.5	22,5	70	15.5
Факт	225	3	12,5	27,5	100	12,5



СВАРНОЕ СОЕДИНЕНИЕ

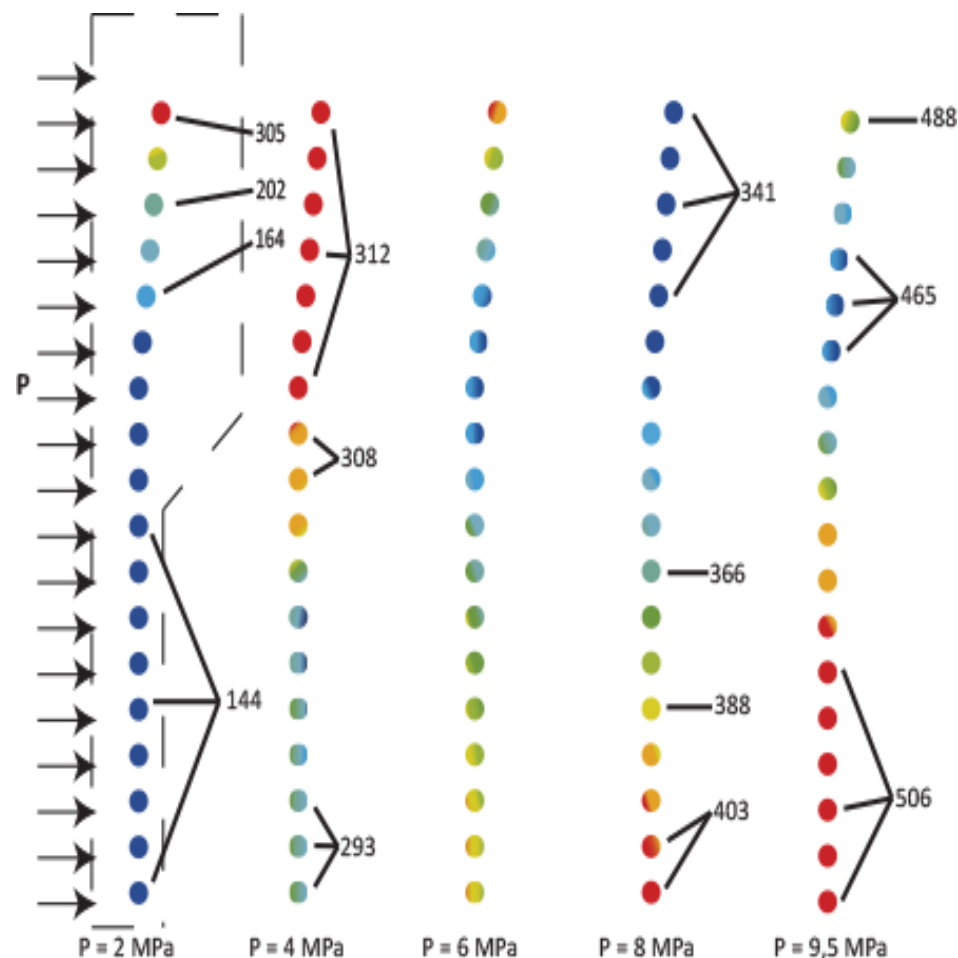
Поведение полимера и металлического каркаса в точке сварки двух труб при повышении внутреннего давления до 9,5 МПа.

Графическая иллюстрация напряжений в полимере



Окружная проволока
принимает на себя
95% нагрузки,
которая возникает в
стенке трубы при
повышении
внутреннего
давления

Графическая иллюстрация напряжений в окружной проволоке



Испытание МПТ 225 в ГУП «Черноморнефтегаз»



Государственное унитарное
Предприятие «Черноморнефтегаз»
Управление разведки и
эксплуатационного бурения

Утверждаю
Начальник УР и ЭБ
М.И. Клебан
19.02.2016г.

Акт

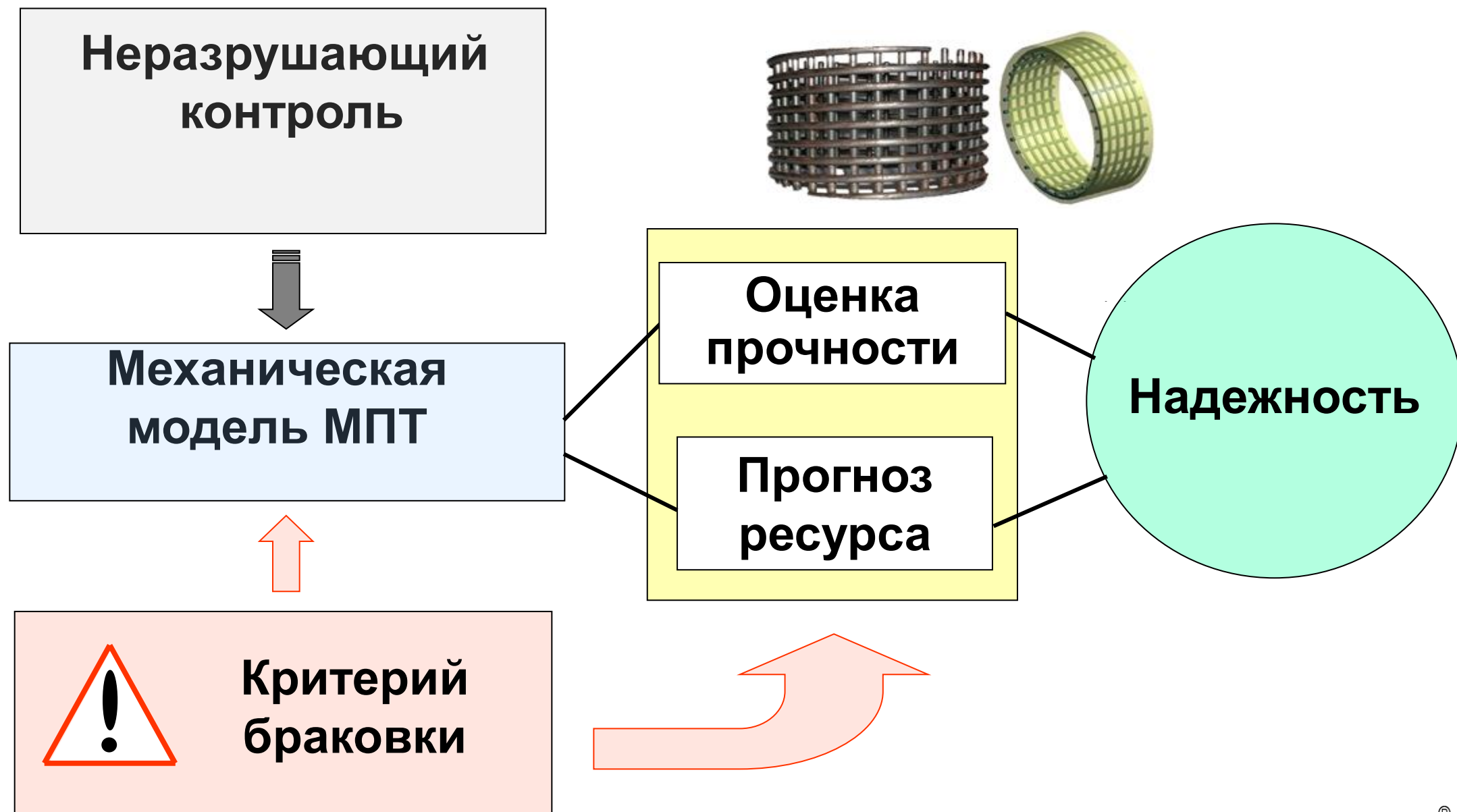
Мы, нижеподписавшиеся, комиссия в составе: Начальник БЮ - Заборова В.А., инс. ПРЦБО Муратов Ф.Э., Директор ООО «МЕПОС» - Бондаренко А.В., 19.02.2016 г. нами проведено гидравлическое испытание образцов металлополимерных труб (МПТ) производства ООО «МЕПОС», г. Екатеринбург, по ТУ 2296-001-12333095-01.

Наименование оборудования	Показания давления, кгс/см²		
	Р. Рабочее	Испытательное	Давление разрушения
1. труба прямая МПТ 225 L - 1000 мм	40	60	140
2. труба прямая МПТ 225 со сварным стыком по середине	40	60	130

Комиссией установлено, что при испытании образцов:
1. труба прямая МПТ 225.
2. труба прямая МПТ 225 со сварным стыком по середине.
Падение давления не наблюдалось. При испытательном давлении образцы были выдержаны в течение одного часа, затем давление повышалось до разрушения образца. Характер разрушения образцов: порыв тела трубы по образующей на длину 250 мм.

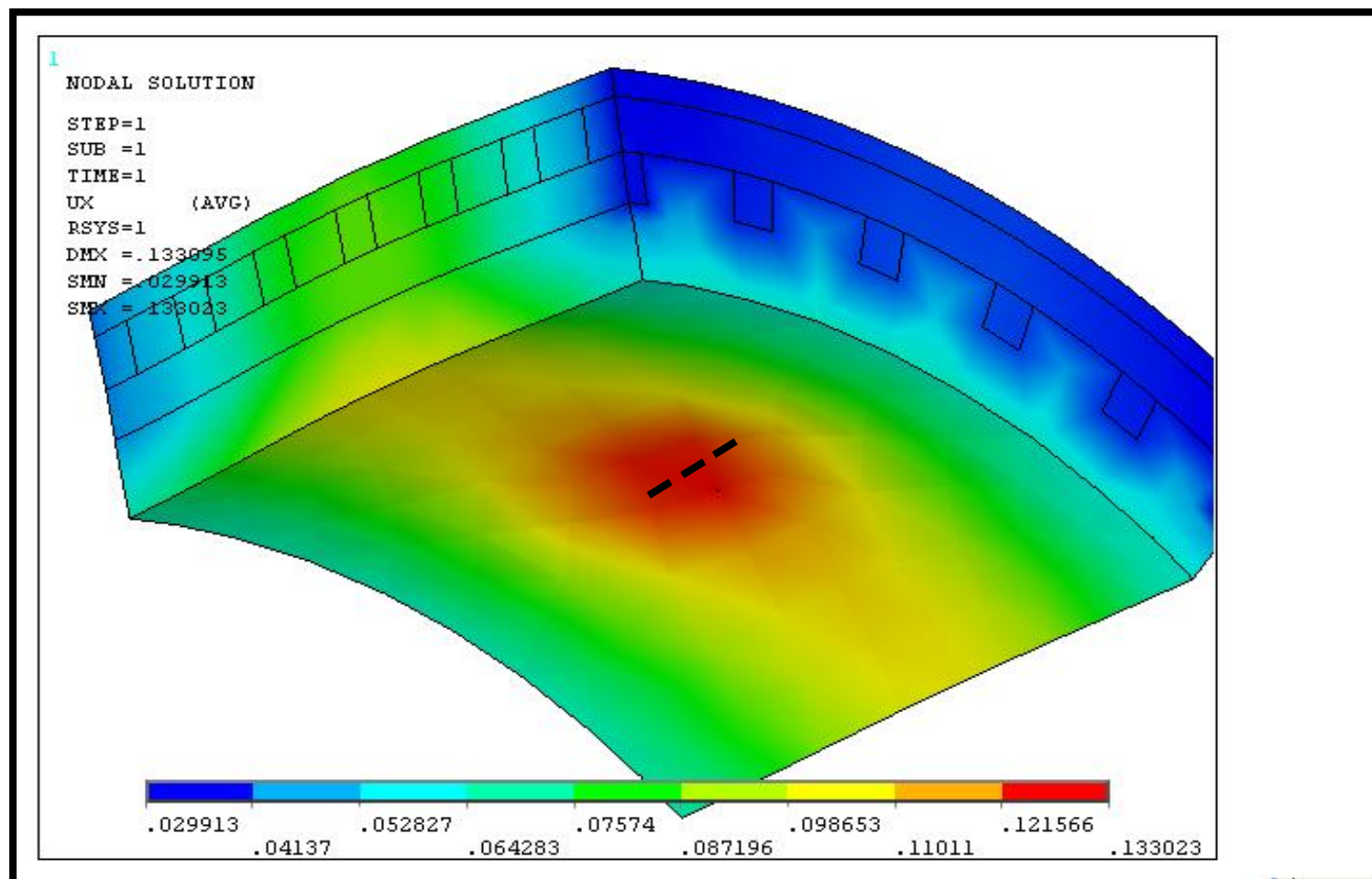
Начальник БЮ: Заборова В.А.
Начальник ПРЦБО: Муратов Ф.Э.
Директор ООО «МЕПОС»: Бондаренко А.В.
Слесари-ремонтники: Литвинов С.И.

АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МПТ



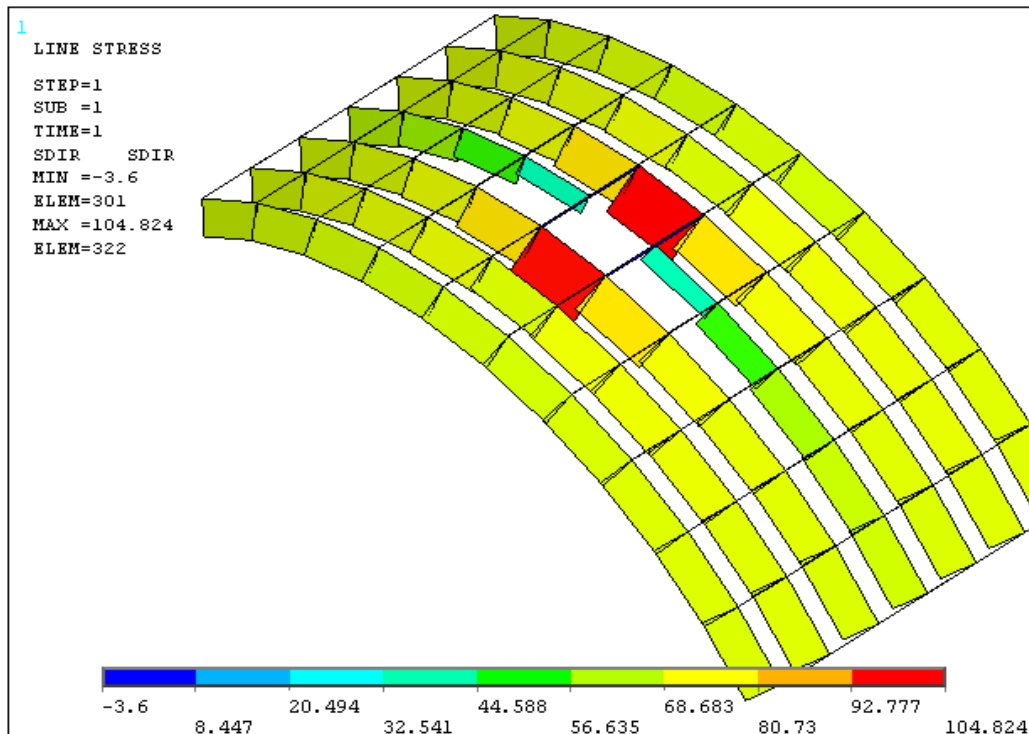
РАСЧЕТНЫЕ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ДЕФЕКТОВ КАРКАСА НА ПРОЧНОСТЬ МПТ

Труба МПТ 115 (6х8.5), $p = 4$ МПа.
Дефекты - обрывы кольцевых проволок каркаса

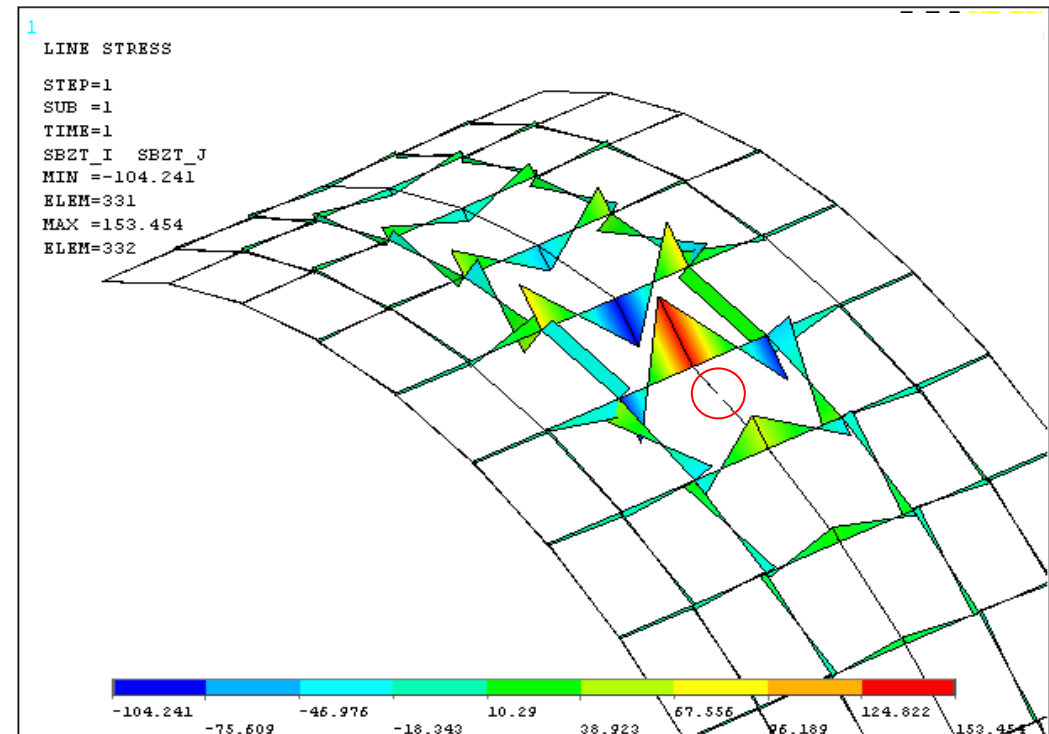


Деформация трубы - радиальные перемещения (мм)

Напряжения в каркасе трубы с обрывом окружной проволоки



Растяжение-сжатие

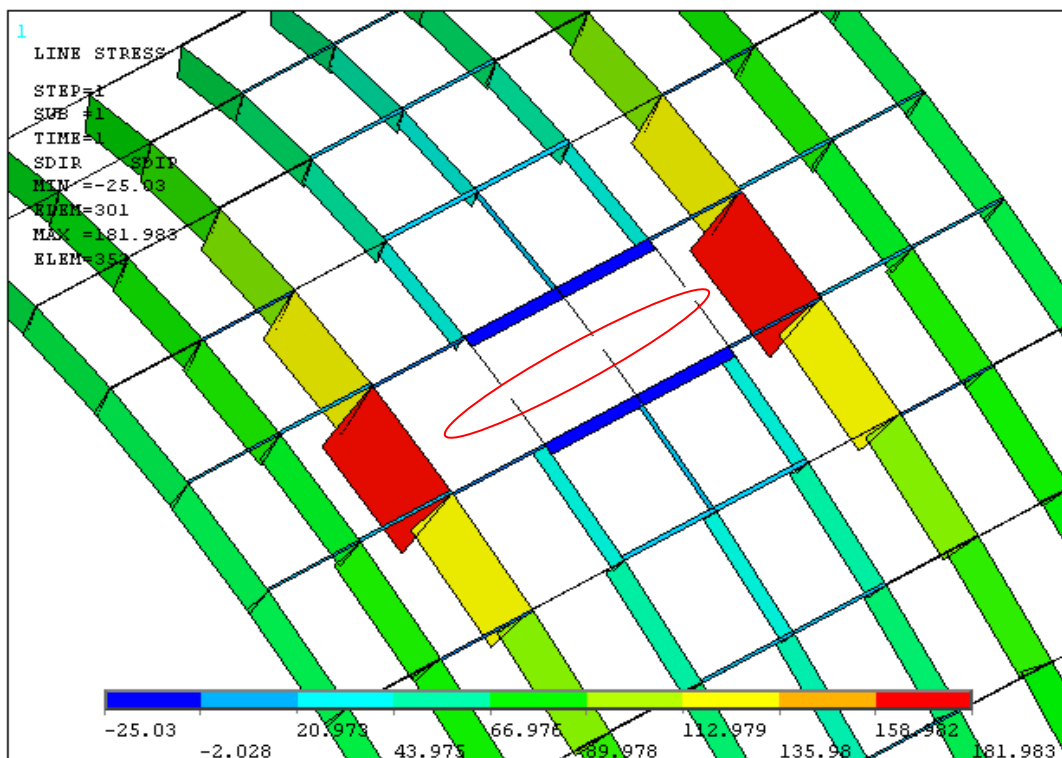


Изгиб

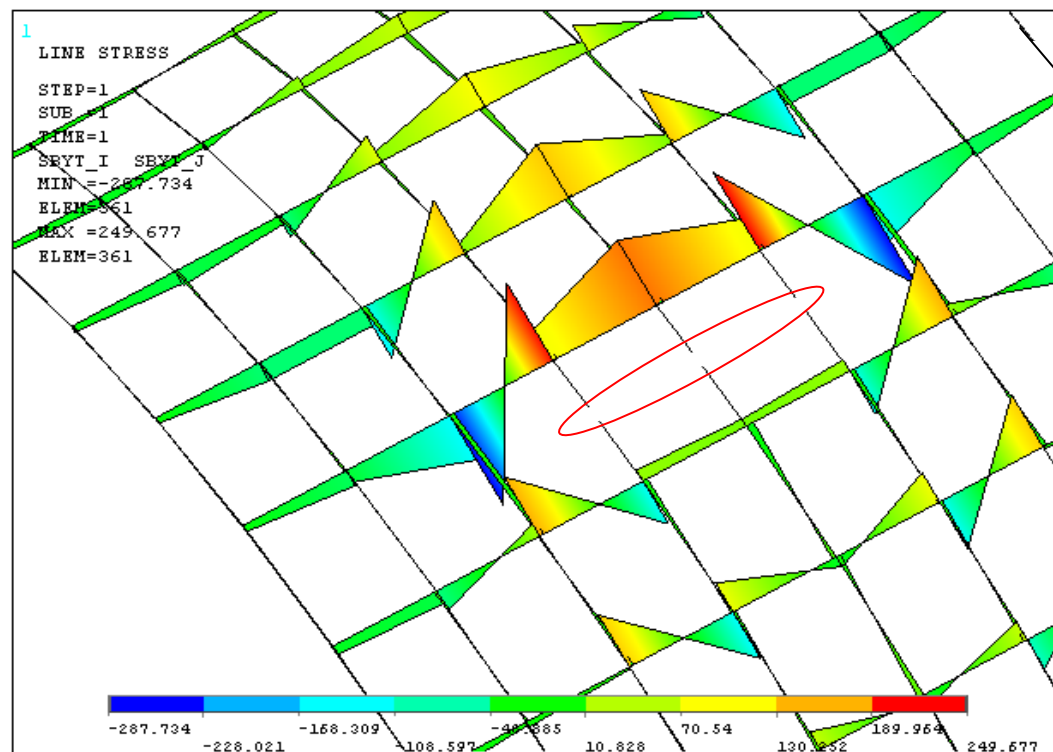
Максимальное эквивалентное напряжение 177,3 МПа

Предел прочности материала проволок 350 – 400 МПа

Напряжения в каркасе трубы с обрывами трех окружных проволок



Растяжение-сжатие

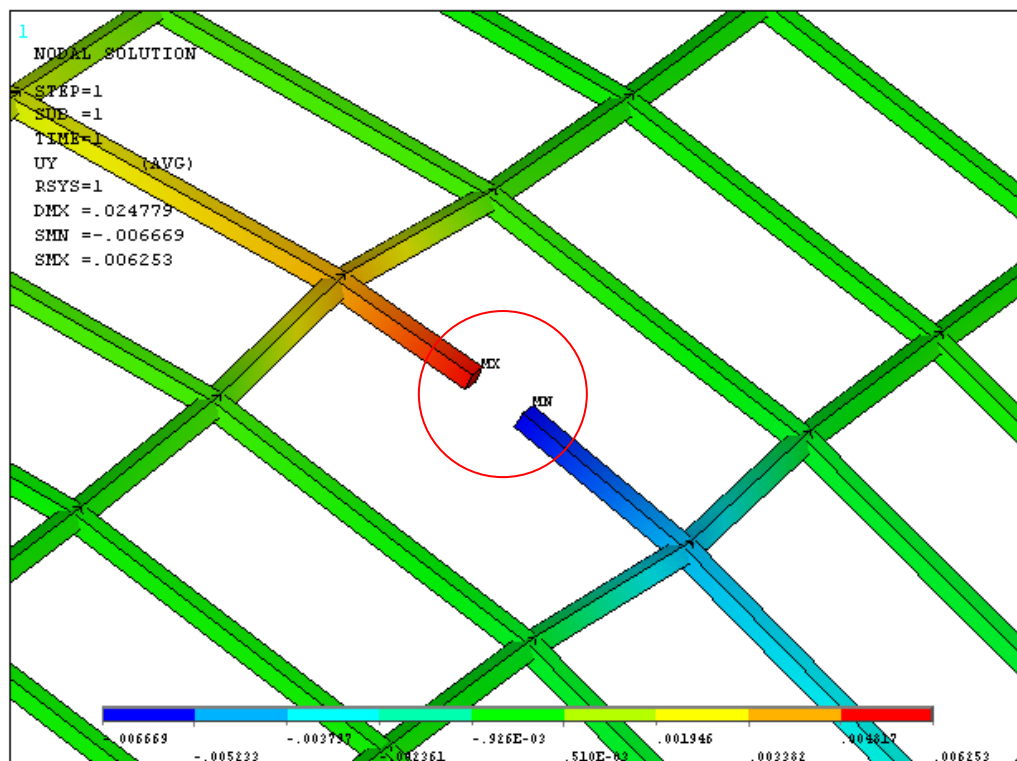


Изгиб

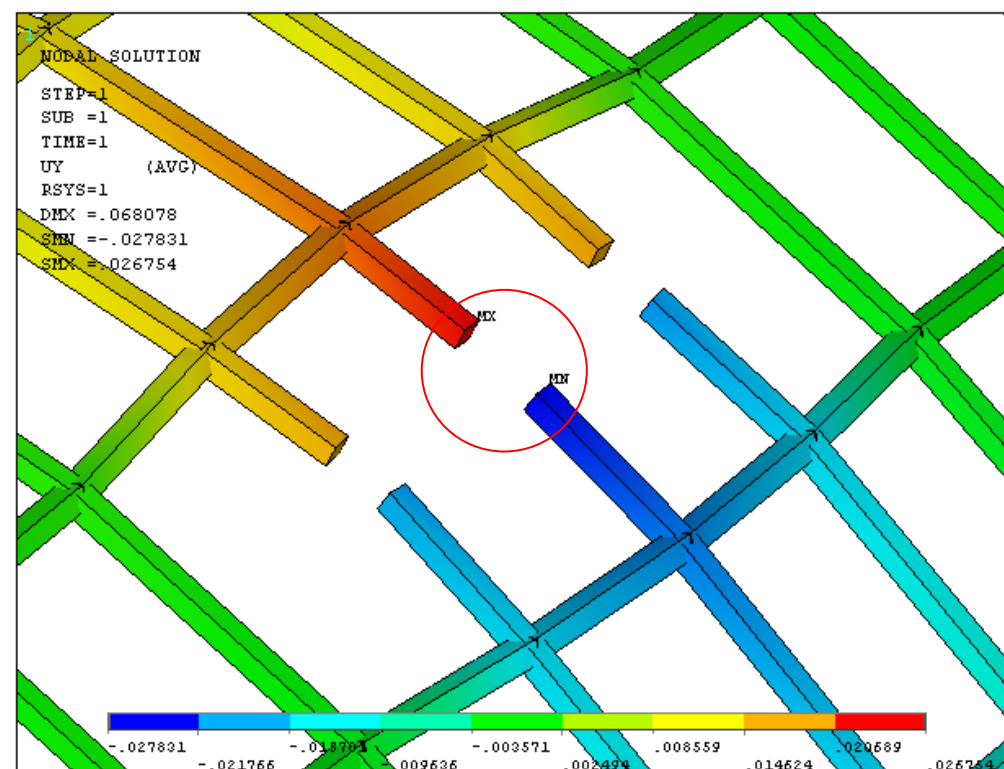
Максимальное эквивалентное напряжение 379,5 МПа

Предел прочности материала проволок 350 – 400 МПа

Диагностический фактор I – расхождение концов кольцевых проволок

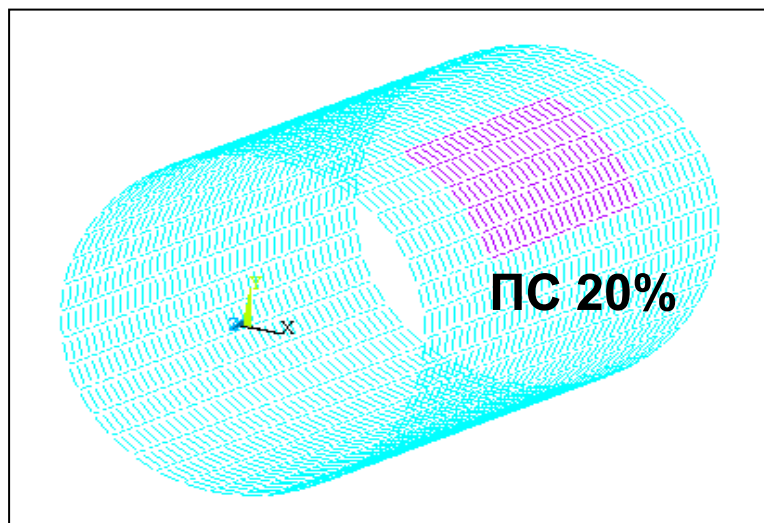


1 обрыв - 0,013 мм



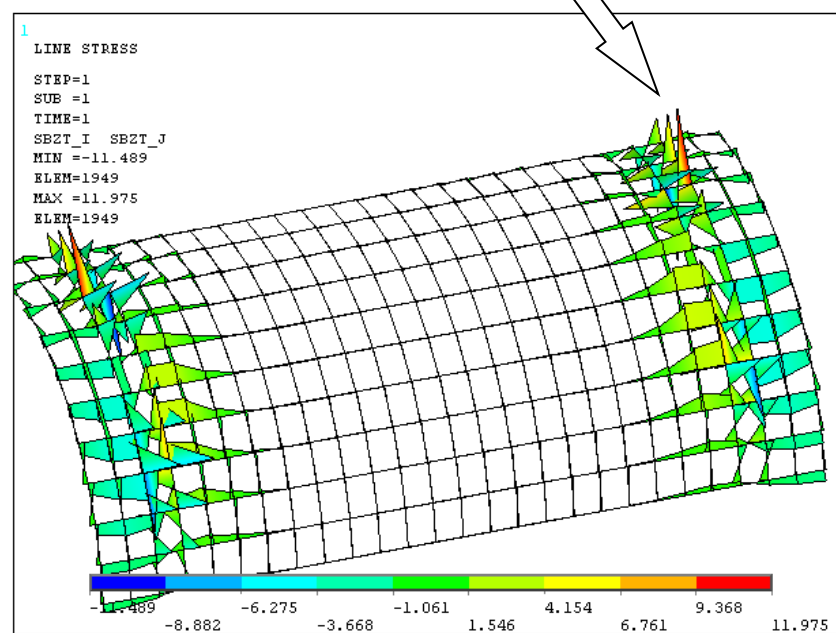
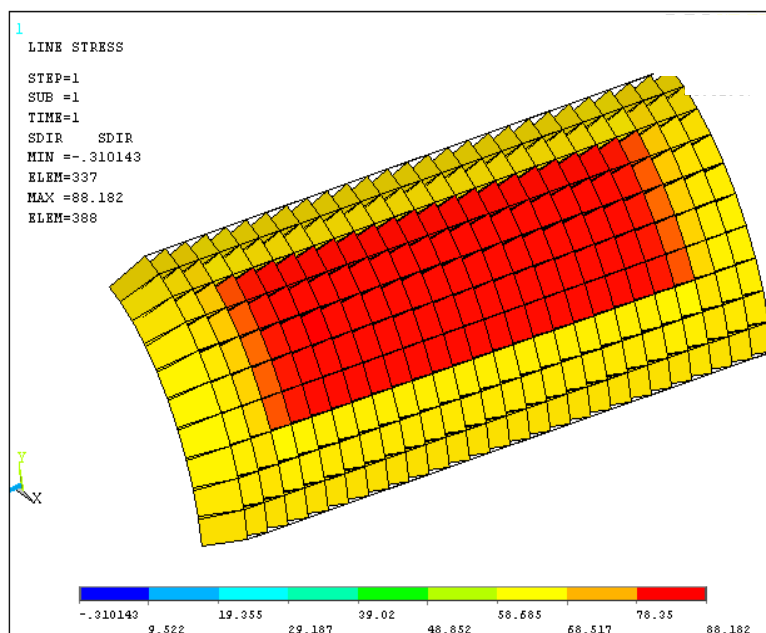
3 обрыва - 0,054 мм

Диагностический фактор II – потеря сечения проволок



В кольцевой проволоке:

Эквивалентные напряжения 90,8 Мпа.
Потеря прочности каркаса 21,3%.



ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ООО «ИНТРОН ПЛЮС» ДЛЯ ВНУТРИТРУБНОГО КОНТРОЛЯ СТАЛЬНЫХ ПРОМЫСЛОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

**Ультразвуковой контроль:
внутритрубный ультразвуковой
инспекционный прибор УЗВИП**



**Магнитный контроль:
внутритрубный индикатор EasyPig™
дефектов первоочередного ремонта
промысловых трубопроводов
(ВИД 114, 159, 219)**



Диагностируемые трубопроводы

- Промысловые трубопроводы систем нефтесбора и ПЖД
- Продуктопроводы
- Промысловые и распределительные газопроводы
- Внутритрубная диагностика с использованием EasyPig™ осуществляется при проведении плановых периодических работ по очистке трубопровода.



ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КАРКАСА МПТ

1. Входной контроль проволоки каркаса при изготовлении МПТ:

Контроль проволоки на наличие локальных дефектов (продольные и поперечные трещины, механические повреждения и т.п.) и распределенных дефектов (потеря сечения из-за коррозионных или фрикционных повреждений).

2. Контроль состояния каркаса МПТ при эксплуатации:

Магнитный метод → обнаружение распределенных дефектов, а также обрывов проволок (с расхождением концов порядка диаметра проволоки). Возможна оценка потери сечения металла каркаса.

Электромагнитный (вихретоковый) метод → обнаружение обрывов проволок с минимальным расхождением концов, а также несправок в узлах сетки (с потерей электрического контакта).

РАСЧЕТНЫЕ ПРИМЕРЫ СИГНАЛОВ ПРИ КОНТРОЛЕ КАРКАСА МПТ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Каркас с дефектом - обрыв продольной проволоки

На рисунке 1 проиллюстрировано
распределение магнитной индукции
в проволоках каркаса.

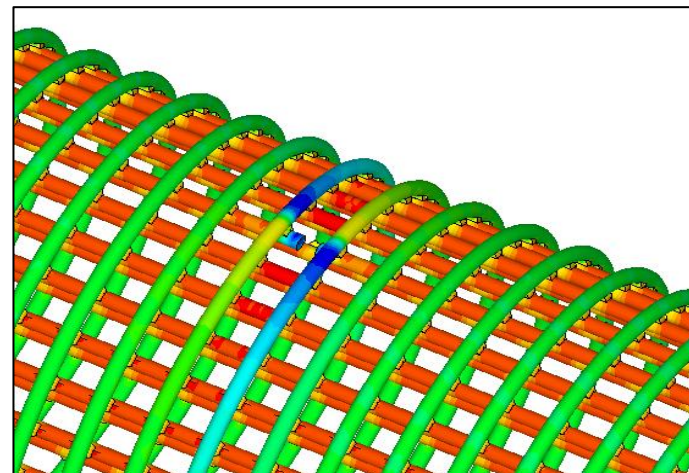


Рис. 1

На рисунке 2 показан сигнал (измерение
осевой компоненты поля) от обрыва одной
продольной проволоки при сканировании со
стороны внутренней поверхности матрицы.

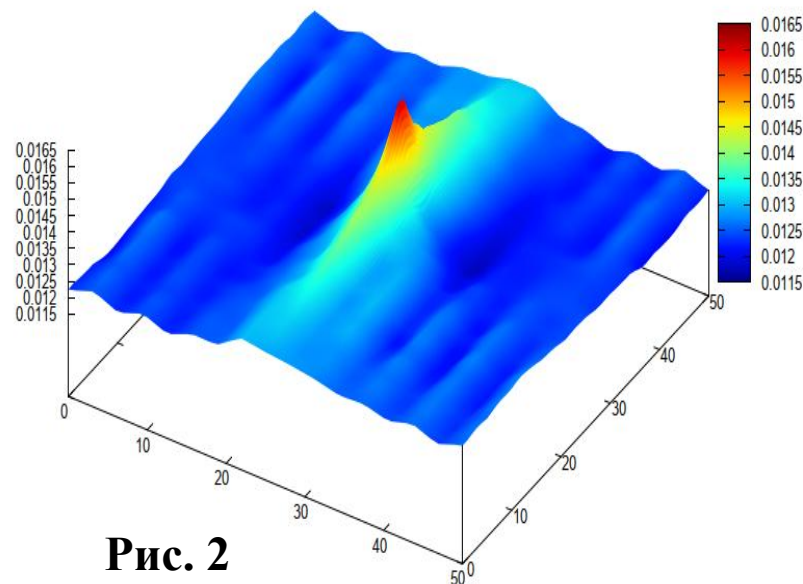


Рис. 2

РАСЧЕТНЫЕ ПРИМЕРЫ СИГНАЛОВ ПРИ КОНТРОЛЕ КАРКАСА МПТ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Каркас с дефектом - обрыв окружной проволоки

Рисунок 3 иллюстрирует сигнал от обрыва
окружной проволоки при сканировании со
стороны внутренней поверхности матрицы.
Соответствует измерению осевой
компоненты поля. Неуверенный сигнал на
фоне спиральных проволок.

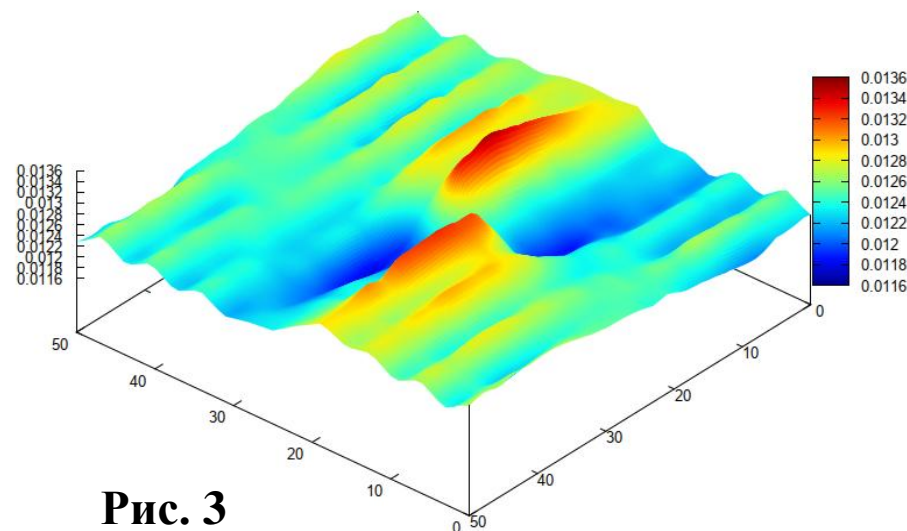


Рис. 3

Рисунок 4 соответствует тому же
дефекту, но при измерении
азимутальной компоненты.
Спиральная структура окружных
проволок способствует возникновению
азимутальной компоненты поля в зоне
контроля.

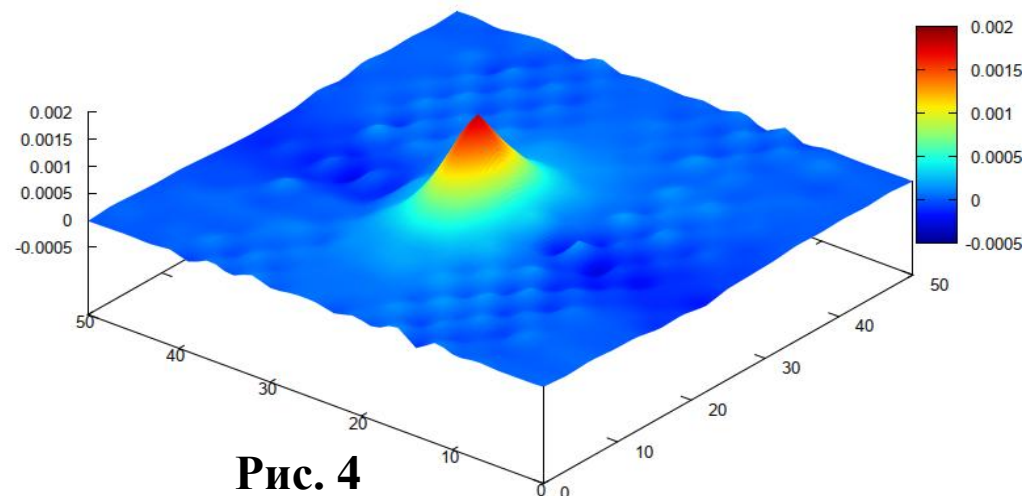
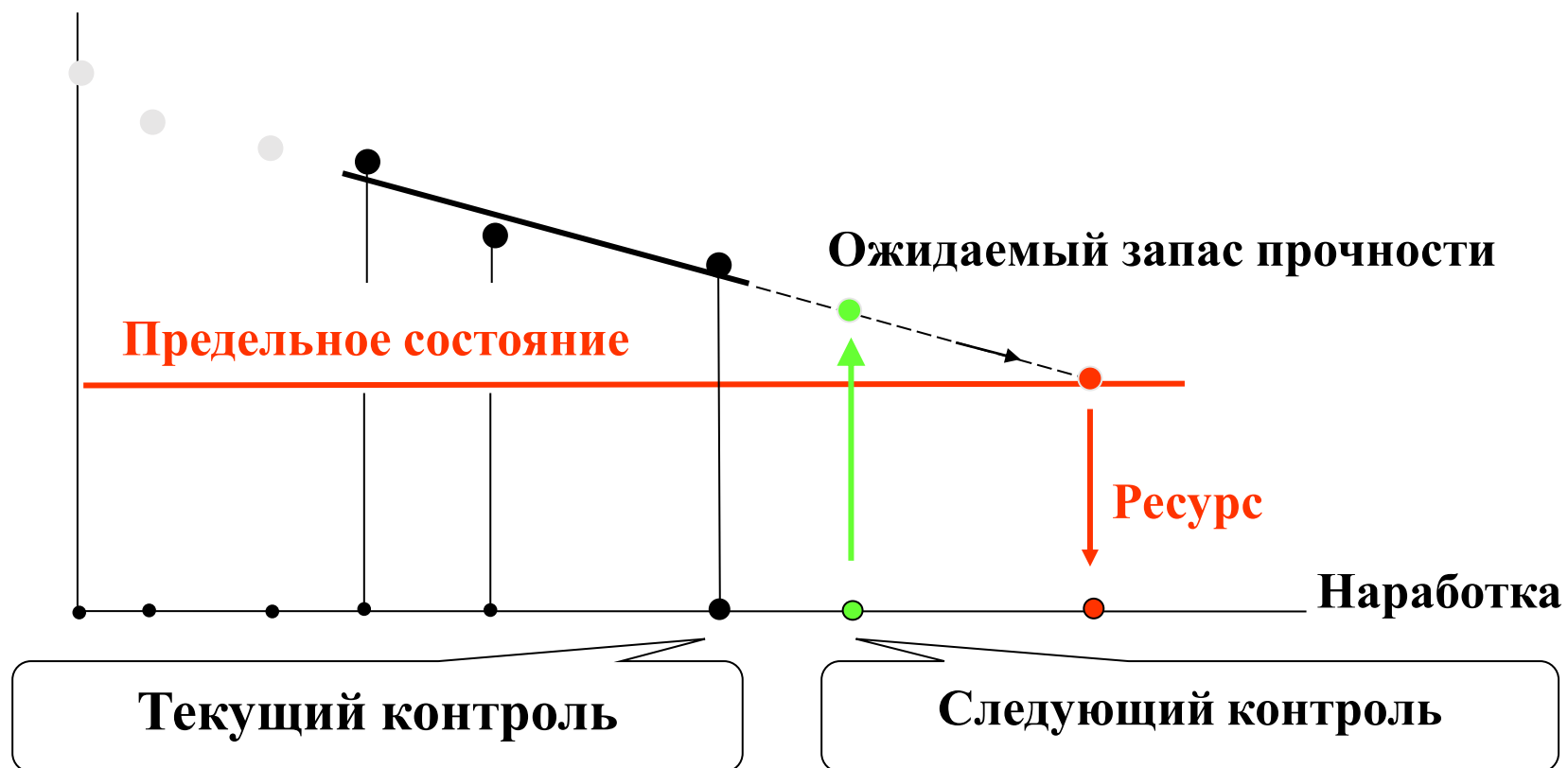


Рис. 4

ПРОГНОЗ РЕСУРСА ПО СОВОКУПНОСТИ ФАКТОРОВ

Коэффициент запаса
прочности МПТ



ВЫВОДЫ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1. Анализ показывает, что наибольшее влияние на изменение прочности каркаса МПТ оказывают обрывы окружных проволок.**
- 2. Даже ощутимая потеря сечения проволок (до 20-30%) не приводит к заметному ослаблению каркаса. Однако, в области потери сечения наиболее вероятны обрывы проволок, что является критическим фактором для целостности трубы.**
- 3. Дефектоскопию МПТ следует ориентировать на обнаружение локальных дефектов (обрывы) проволок каркаса и оценку потери сечения.**
- 4. На основе магнитной дефектоскопии МПТ в процессе эксплуатации возможно создать методики прогнозирования остаточного ресурса трубопроводов.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

ООО «МЕПОС»



Екатеринбург, 620024, ул. Бисертская, д.1

Тел.: +7 (343) 295-75-02,

Тел./Факс: +7(343) 256-94-56

Москва, ул. Угreshская, д.2, стр. 11 АБ

Тел.: +7 (916) 506-28-84



ООО «ИНТРОН ПЛЮС»

*НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ
И ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА*

Москва, 111524 Электродная ул., 11, стр. 1,

Тел./Факс: (495) 229-37-47, 510-17-69

info@intron.ru www.intron.ru