

**ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ
МЕЖКРИСТАЛЛИТНОГО КОРРОЗИОННОГО РАСТРЕСКИВАНИЯ
ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ В СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЯХ АУСТЕНИТНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ ДУ300 НА АЭС С РУ РБМК 1000**

Докладчик

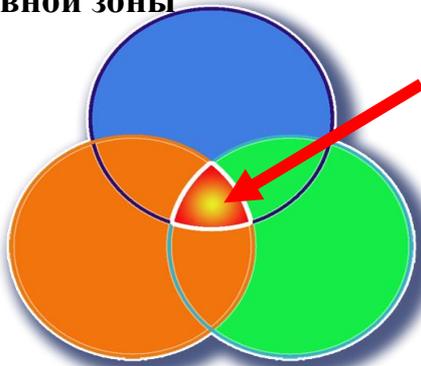
Начальник отдела ОАО «ВНИИАЭС», к.т.н.

Л.Б. Бабкин

Москва

Влияние обжатия на механизм МКРПН в сварных соединениях Ду300

Сенсибилизация
околошовной зоны



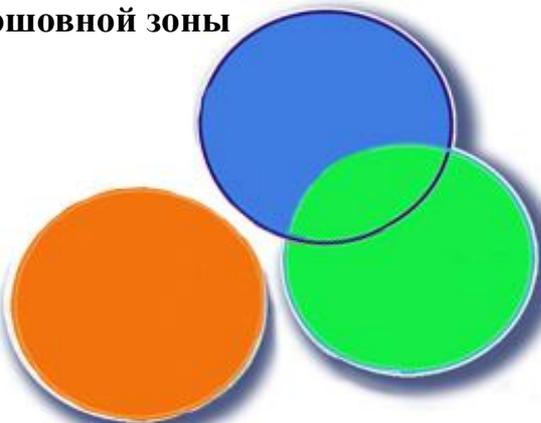
После сварки

Область
МКРПН

Влияние
теплоносителя

Растягивающие
напряжения

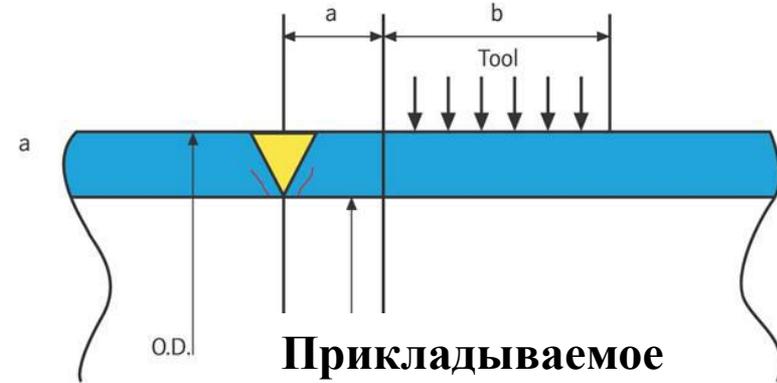
Сенсибилизация
околошовной зоны



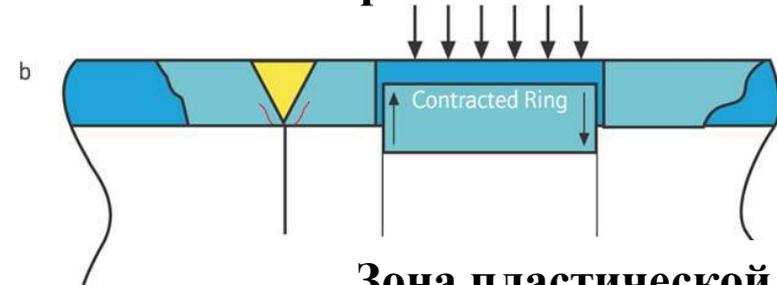
После MSIP

Влияние
теплоносителя

Растягивающие
напряжения

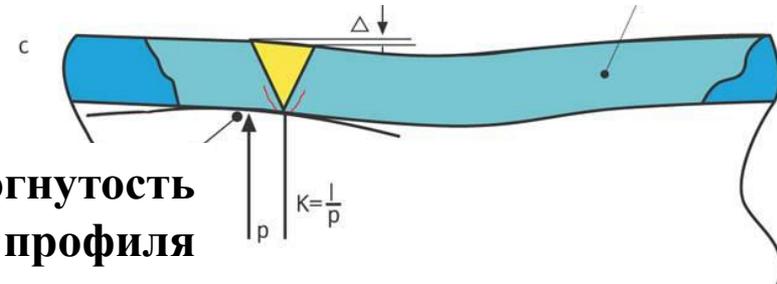


Прикладываемое
напряжение



Зона пластической
деформации

Радиальное сужение



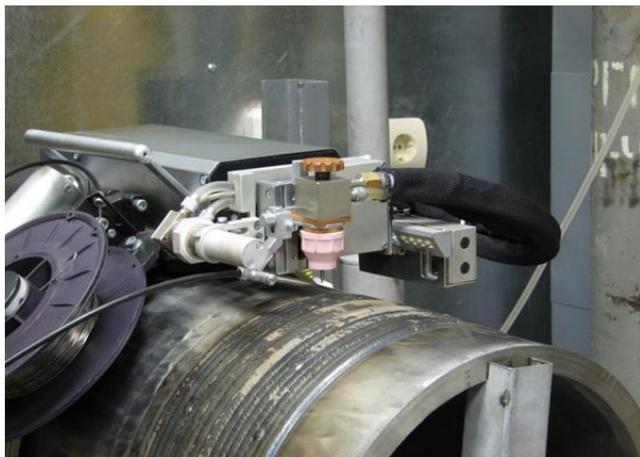
Вогнутость
осевого профиля

Обобщенные сведения о результатах внедрения мероприятий, направленных на предотвращение образования и развития процесса МКРПН в СС Ду300 на АЭС с РУ РБМК-1000

Компенсирющие мероприятия по снижению дефектности	Количество СС, после применения мероприятия, ед.
Перераспределение растягивающих сварочных напряжений на внутренней поверхности трубопровода в околошовной области при сжатии в радиальном направлении наружной поверхности трубопровода специальным приспособлением с пневматическим силовым приводом (MSIP)	9151
Применение высокотемпературной обработки СС приварки днища РГК (ВТТО 1050°С)	482 (из 484)
Применение усовершенствованных технологий автоматизированной аргодуговой сварки с использованием узких разделок и уменьшенным тепловложением (ААДС 9°)	Около 3500 (в том числе обжатые СС)
Выполнение ремонтной многослойной наплавки на наружную поверхность трубопровода (РМН)	53

Оборудование технологий, направленных на предотвращение образования и развития процесса МКРПН в СС Ду300 на АЭС с РУ РБМК-1000

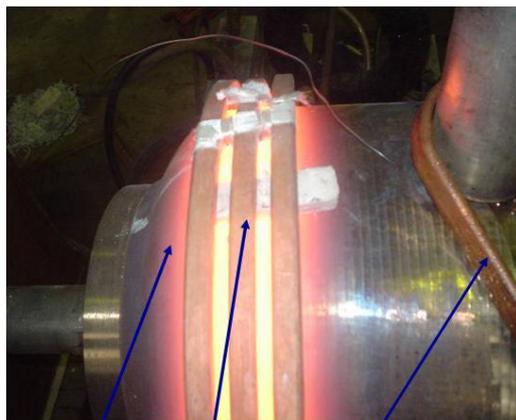
Выполнение ремонтной многослойной наплавки



Усовершенствованная технология сварки в узкую разделку для СС трубопроводов Ду300



Высокотемпературная обработка (1050°C) СС приварки днищ РГК на АЭС с РБМК-1000

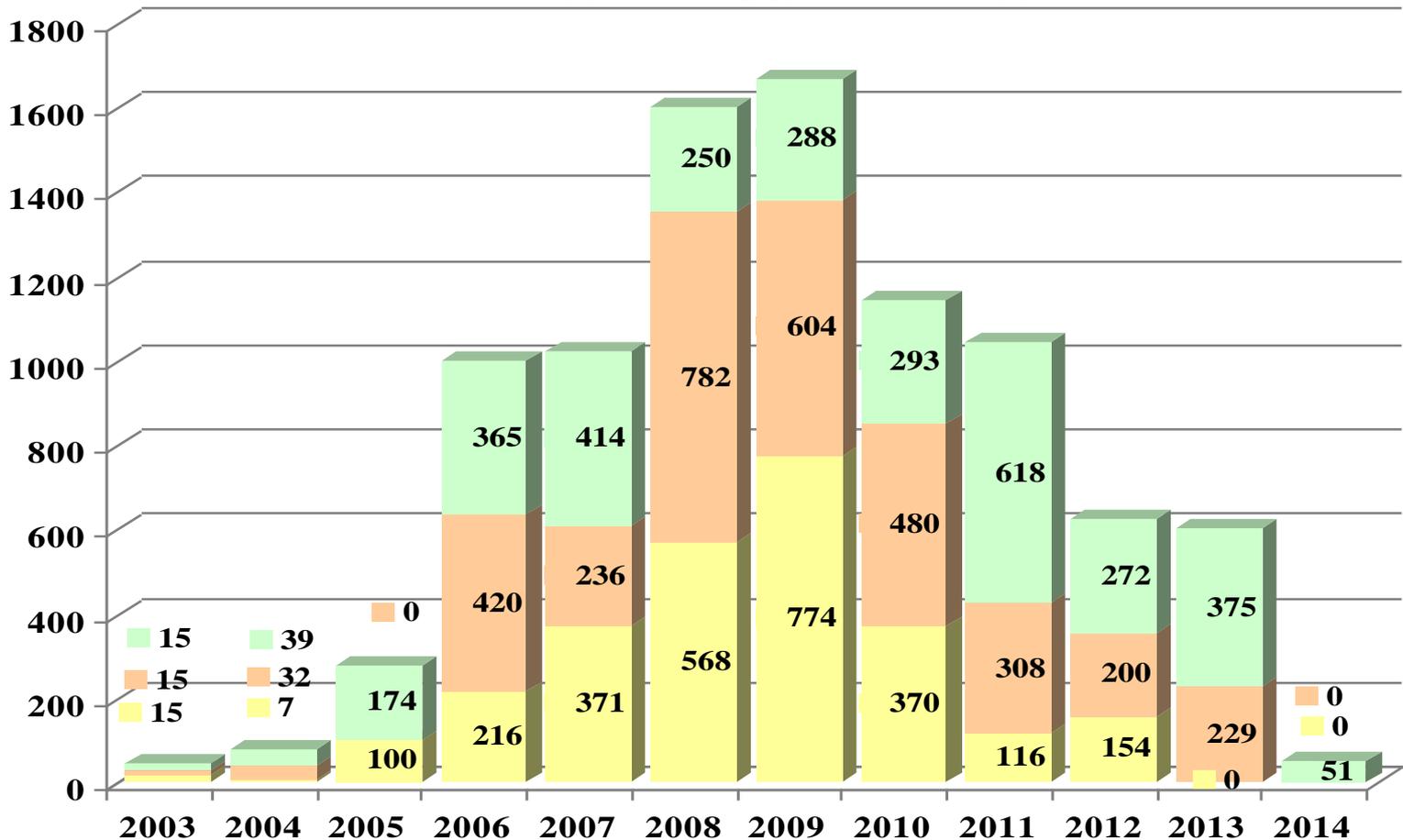


Днище РГК Индуктор Элемент охлаждения патрубка ЗРК

Применение технологии MSIP

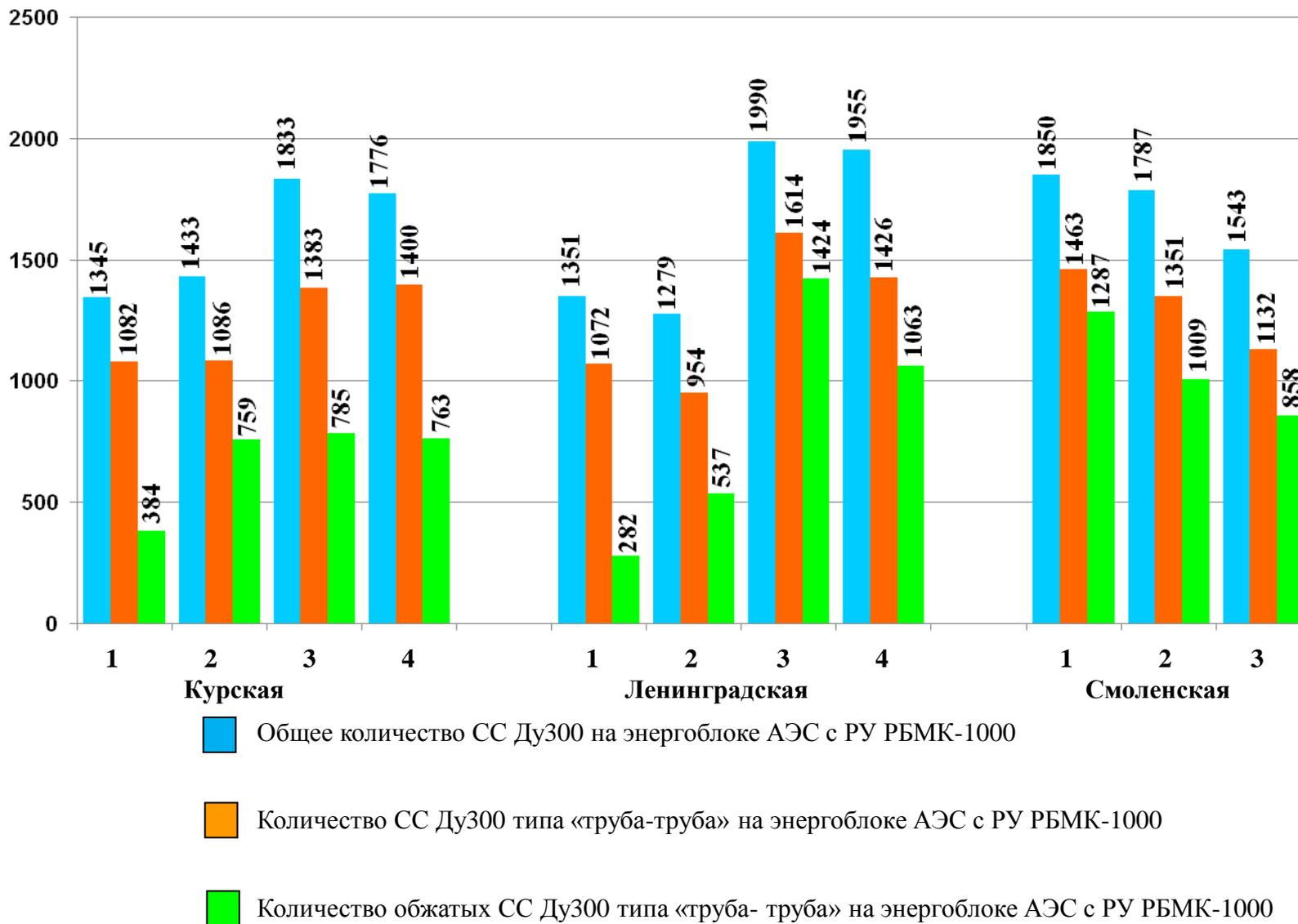


Диаграмма распределения результатов применения технологии MSIP для СС Дv300 по годам



	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Всего
СМОАЭС	15	39	174	278	499	0	538	107	799	272	375	51	3154
ЛЕНАЭС	15	32	0	420	236	782	244	806	306	200	229	0	3306
КУРАЭС	15	7	54	262	371	568	765	370	116	147	0	0	2691
Всего	45	78	228	960	1106	1350	1547	1283	1221	619	604	51	9151

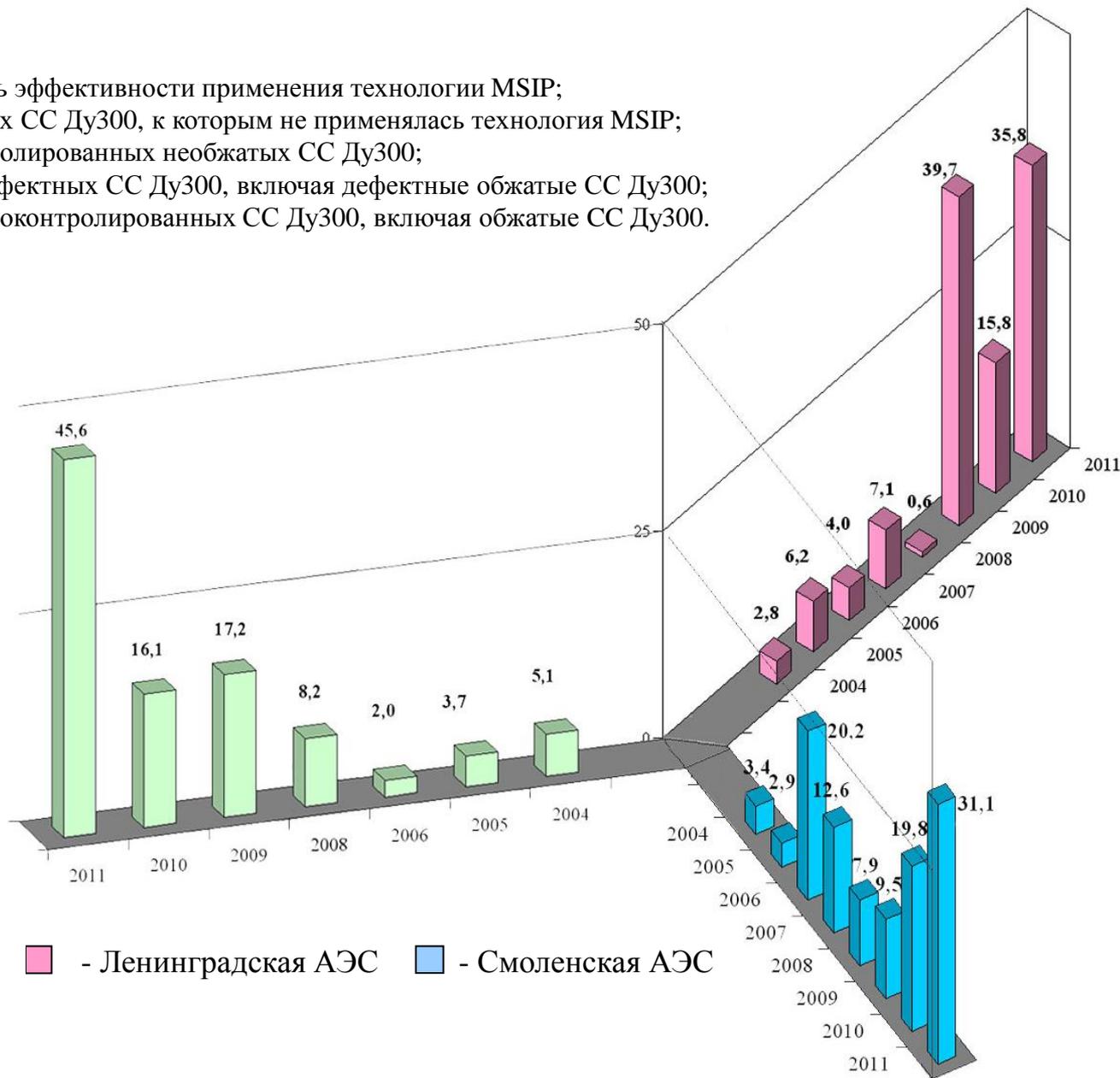
Диаграмма распределения количества СС Ду300 на энергоблоках и количества обжатых СС Ду300 типа «труба- труба» на энергоблоках АЭС с РУ РБМК-1000



Распределение условного показателя эффективности применения технологии MSIP на АЭС с РУ РБМК-1000 с 2004 по 2011 год

E_f – условный показатель эффективности применения технологии MSIP;
 $n_{\text{деф}}$ – количество дефектных СС Ду300, к которым не применялась технология MSIP;
 $N_{\text{деф}}$ – количество проконтролированных необжатых СС Ду300;
 n_{Σ} – общее количество дефектных СС Ду300, включая дефектные обжатые СС Ду300;
 N_{Σ} – общее количество проконтролированных СС Ду300, включая обжатые СС Ду300.

$$E_f = \frac{\left(\frac{n_{\text{деф}}}{N_{\text{деф}}} - \frac{n_{\Sigma}}{N_{\Sigma}} \right)}{\frac{n_{\text{деф}}}{N_{\text{деф}}}} \times 100\%$$

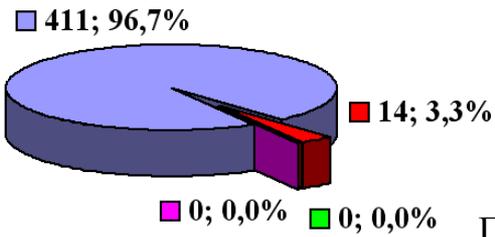


■ - Курская АЭС

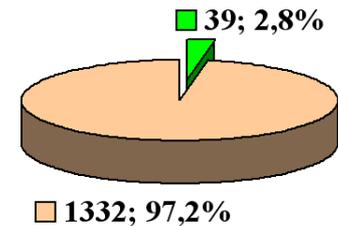
■ - Ленинградская АЭС

■ - Смоленская АЭС

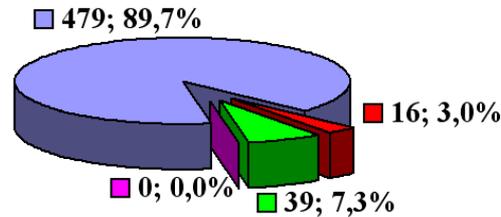
Сведения о результатах УЗК для обжатых и необжатых СС Ду300 в объеме контроля в помещениях энергоблока № 1 Смоленской АЭС



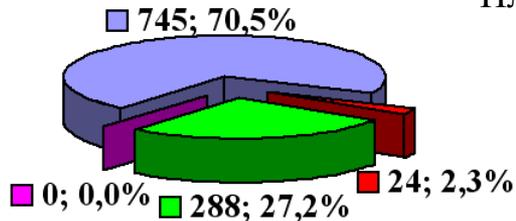
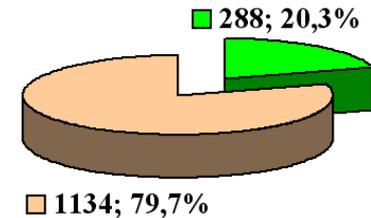
Плановый ремонт 2004 года.



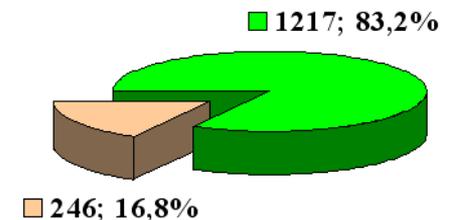
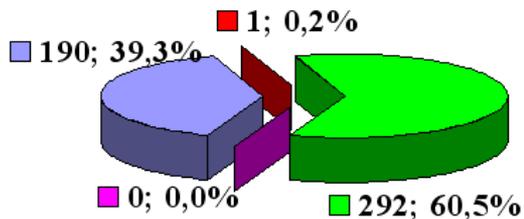
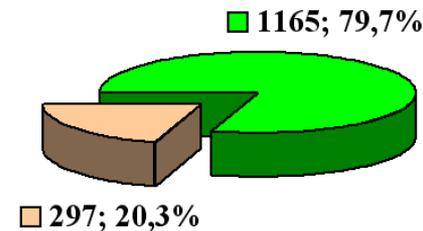
Плановый ремонт 2006-2007 года



Плановый ремонт 2010-2011 года



Плановый ремонт 2012 года



Диаграммы результатов УЗК для обжатых и необжатых СС Ду300 в абсолютных и относительных значениях на момент окончания соответствующих плановых ремонтов в помещениях энергоблока № 1 Смоленской АЭС

Диаграммы соотношения количества обжатых и необжатых СС Ду300 на момент окончания соответствующих плановых ремонтов в помещениях энергоблока № 1 Смоленской АЭС

Пример ограниченной доступности СС Ду300 в помещениях энергоблоков с РУ РБМК-1000



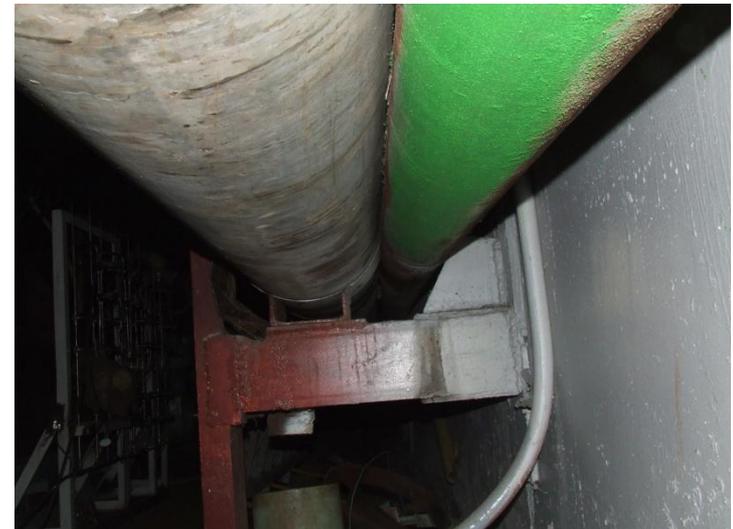
Мешает настил



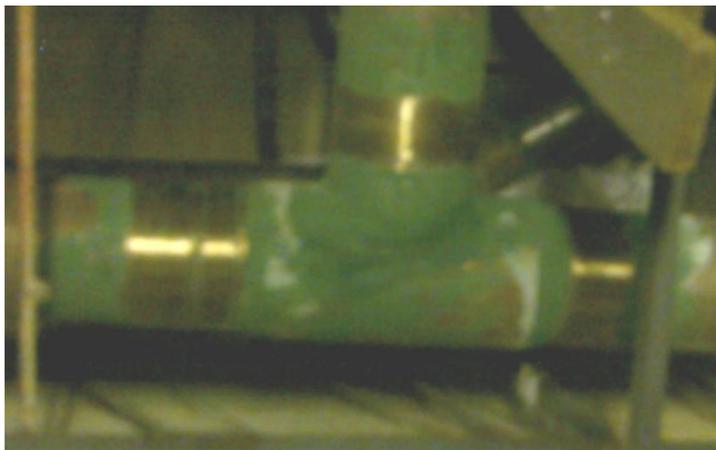
Мешает металлоконструкция



Мешает близкое расположение СС с трубопроводом меньшего диаметра



Примеры Сварных соединений типа «труба – патрубок»



Внешний вид СС Ду300
типа «труба – тройник»



Внешний вид СС Ду300
типа «труба – тройник» (кубик)



Внешний вид СС Ду300
типа «труба – патрубок арматуры»



Внешний вид СС Ду300
типа «труба – патрубок оборудования»

Конечно- элементная модель и эпюры напряжений для СС Ду300 типа «труба – патрубок равнопроходного тройника 300х300»

Конечно-элементная модель СС Ду300 типа «труба – патрубок равнопроходного тройника 300х300»

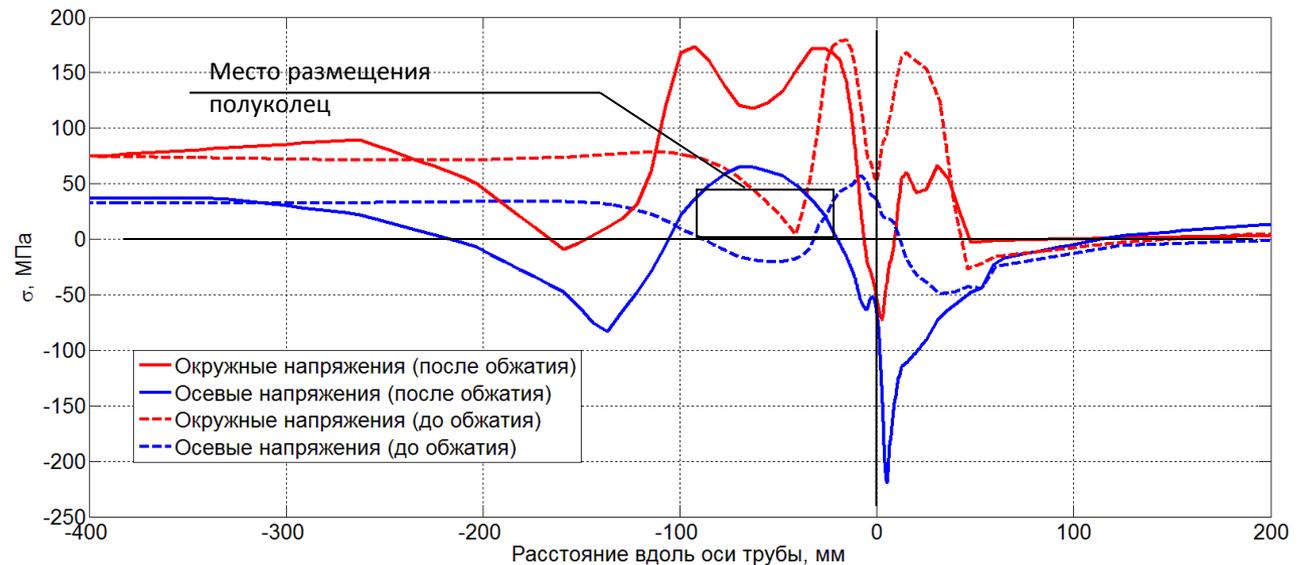
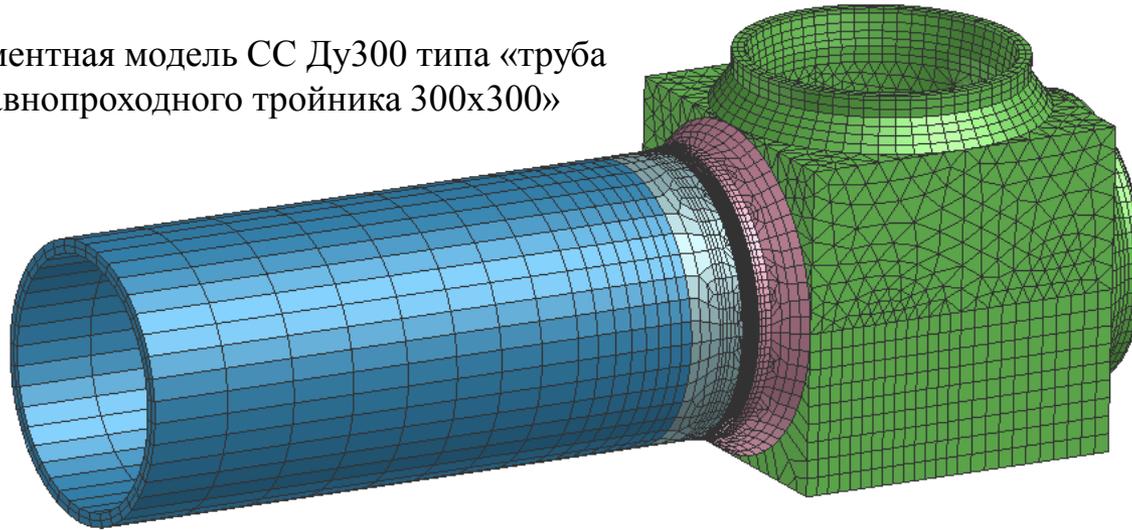
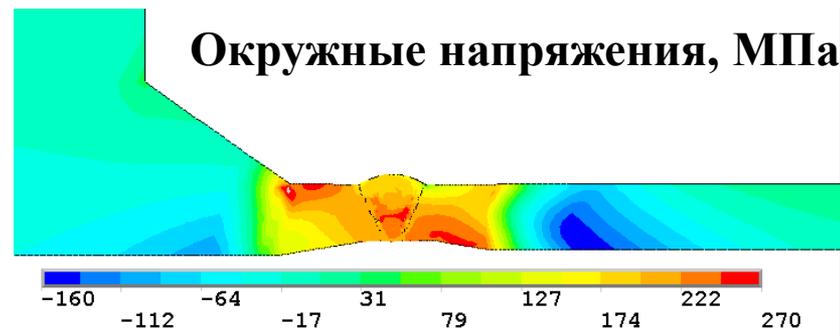
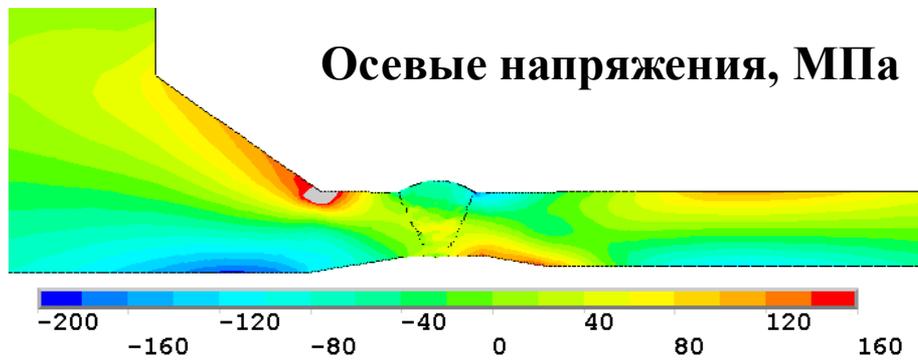


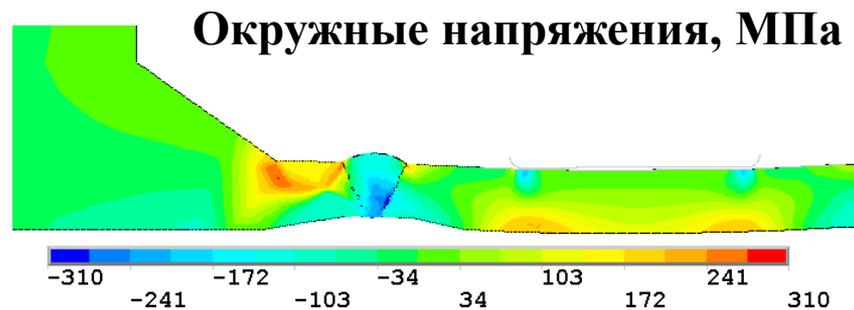
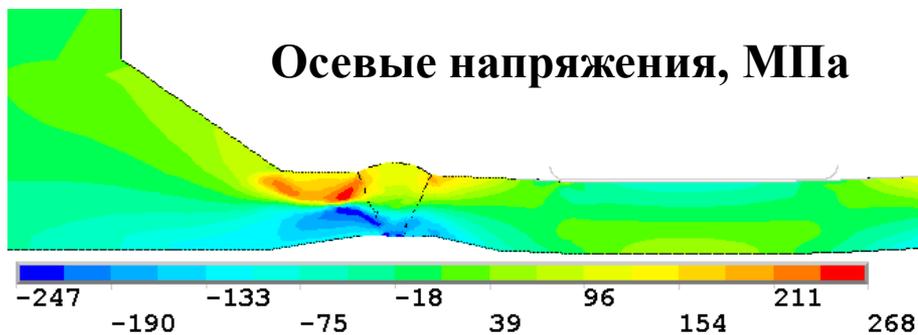
Диаграмма распределение осевых и окружных напряжений вдоль оси трубы относительно середины шва

Результаты расчетов распределения напряжений для модели СС Ду300 «труба- стена»

После сварки

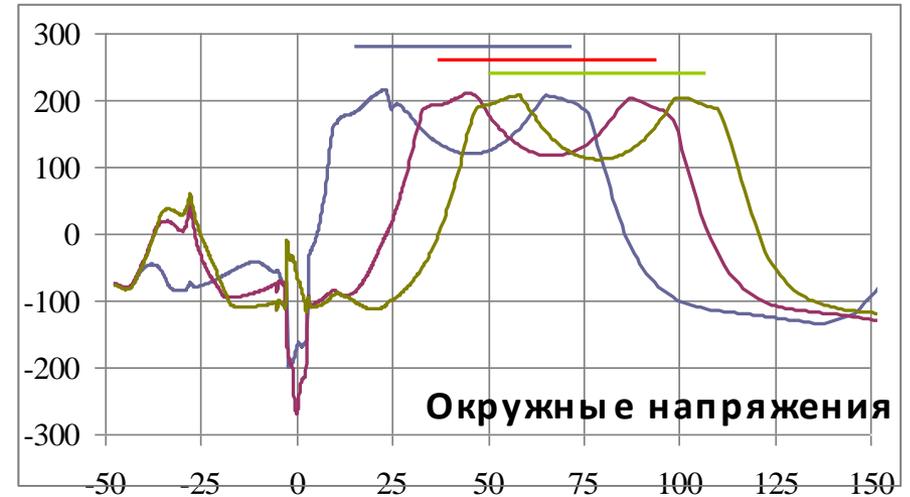
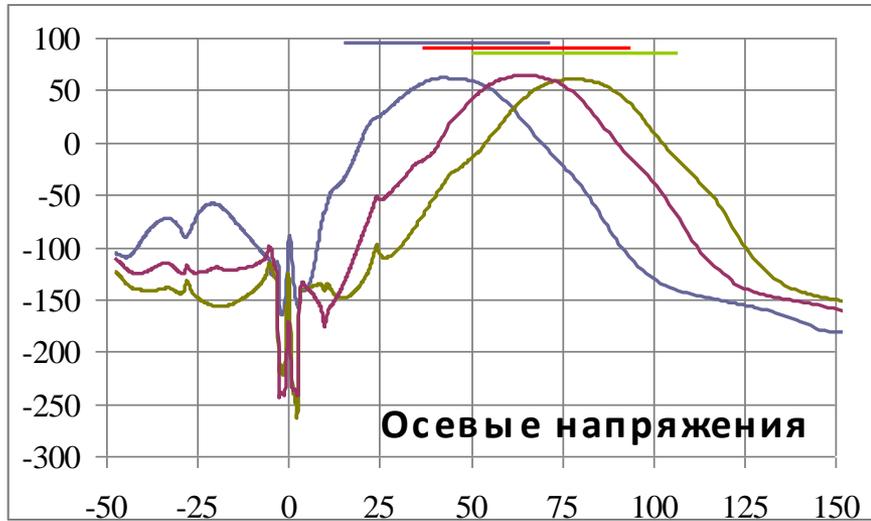


После применения технологии MSIP



Распределения остаточных напряжений для модели СС Ду300 труба стена, МПа

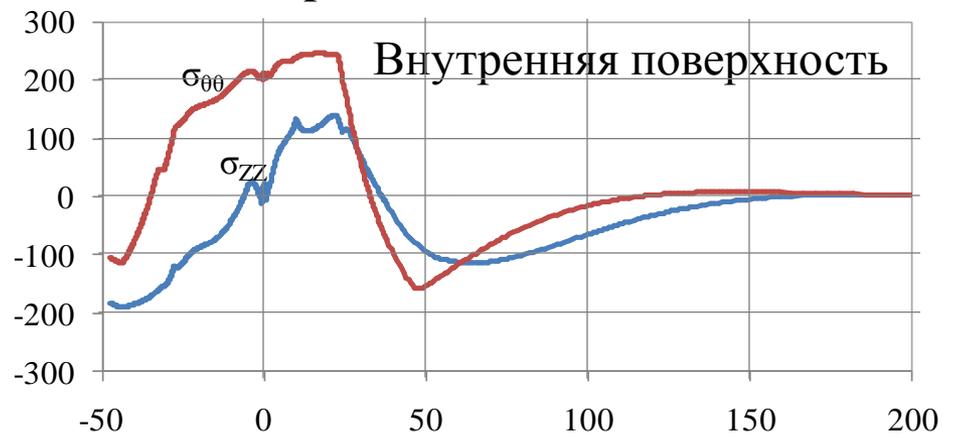
После применения технологии MSIP



Распределение осевых напряжений

- без учета эксплуатационных нагрузок при $\Delta L=6$ мм и $b=50$ мм, МПа
- без учета эксплуатационных нагрузок при $\Delta L=6$ мм и $b=37$ мм, МПа
- без учета эксплуатационных нагрузок при $\Delta L=6$ мм и $b=15$ мм, МПа

После сварки



σ_{zz} - осевые напряжения, МПа, $\sigma_{\theta\theta}$ - окружные напряжения, МПа

Применение технологии MSIP для СС Ду300 № 90-9 НТ



Параметры применения технологии MSIP

Лнач = 1027 мм

Лкон = 1013 мм

Изменение длины окружности 14 мм

Расстояние от центра СС до кромки

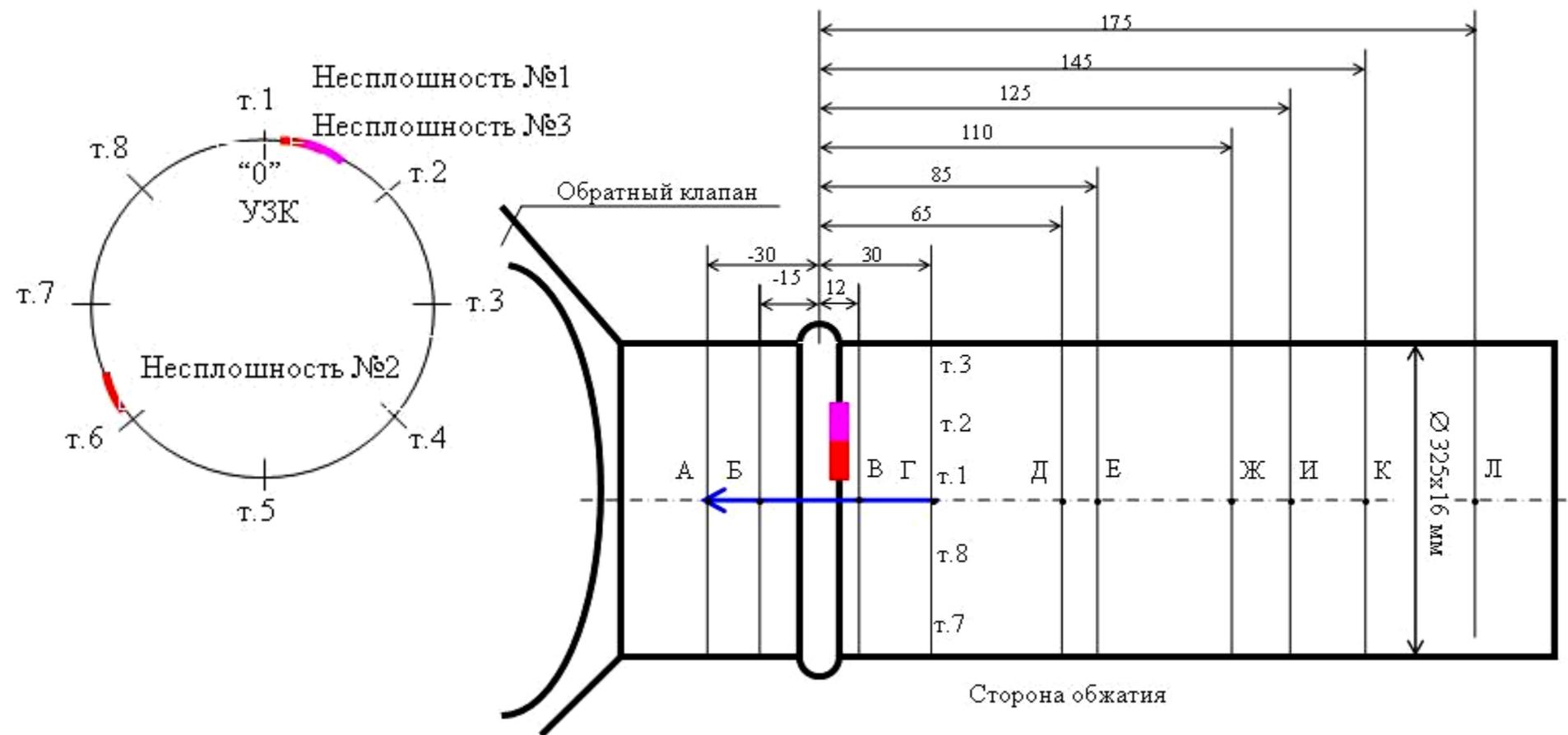
полуколец 27 мм

Допускаемый проектный зазор 19

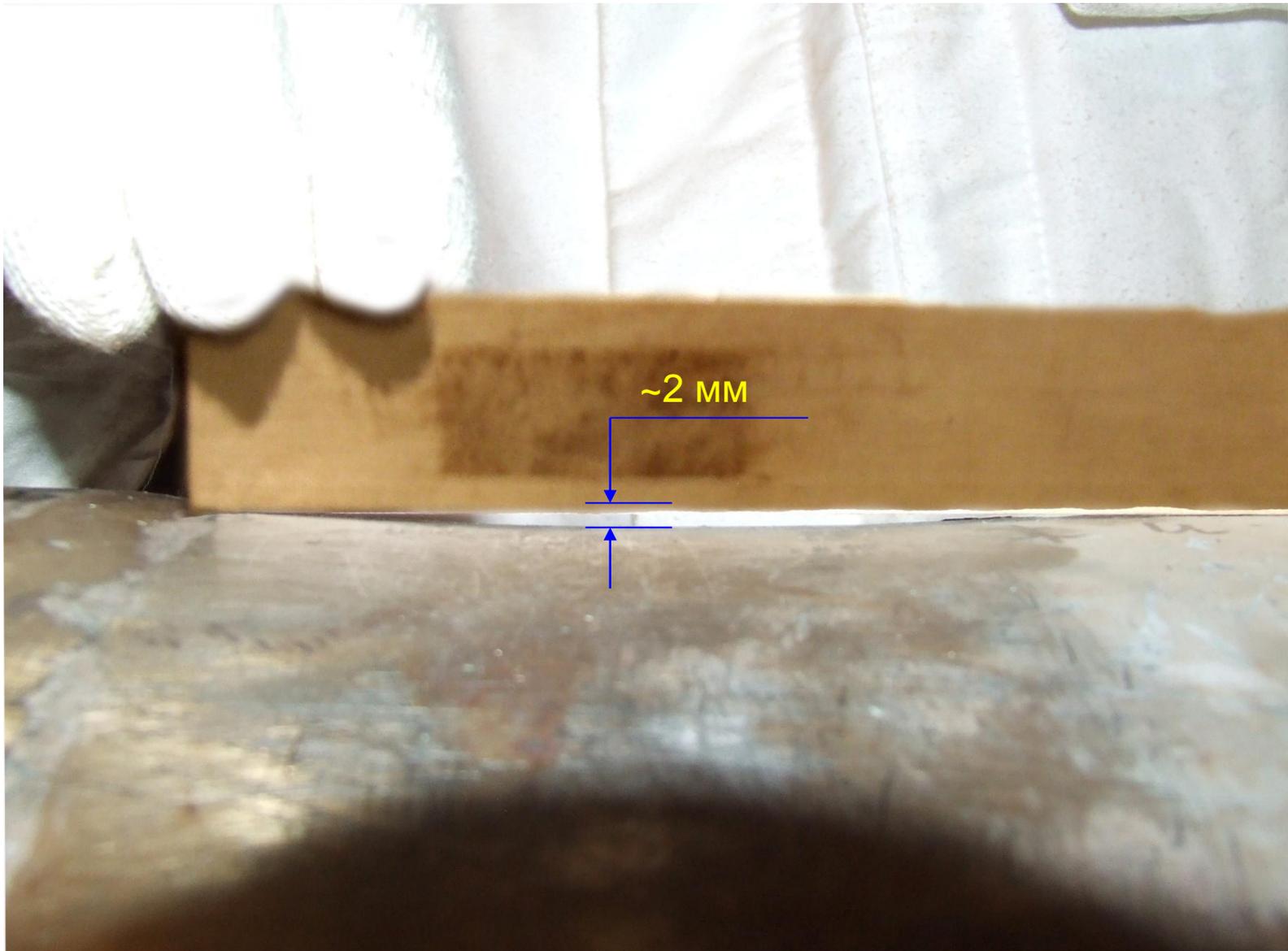
Давление 80 МПа



Разметка наружной поверхности трубопровода до применения технологии MSIP для ССДу300 № 90-9 НТ



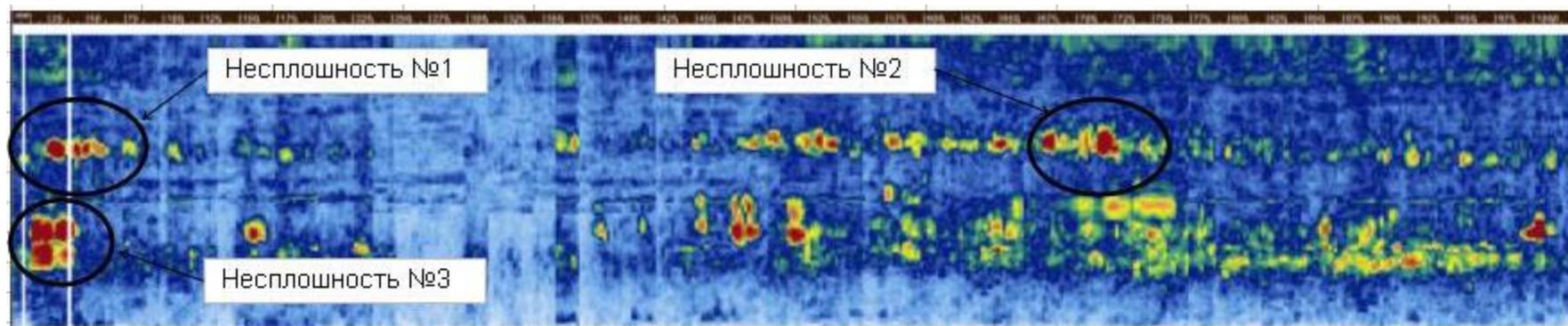
**Величина прогиба в сечении т. 1 СС Ду300 № 90-9 НТ
после применения технологии MSIP**



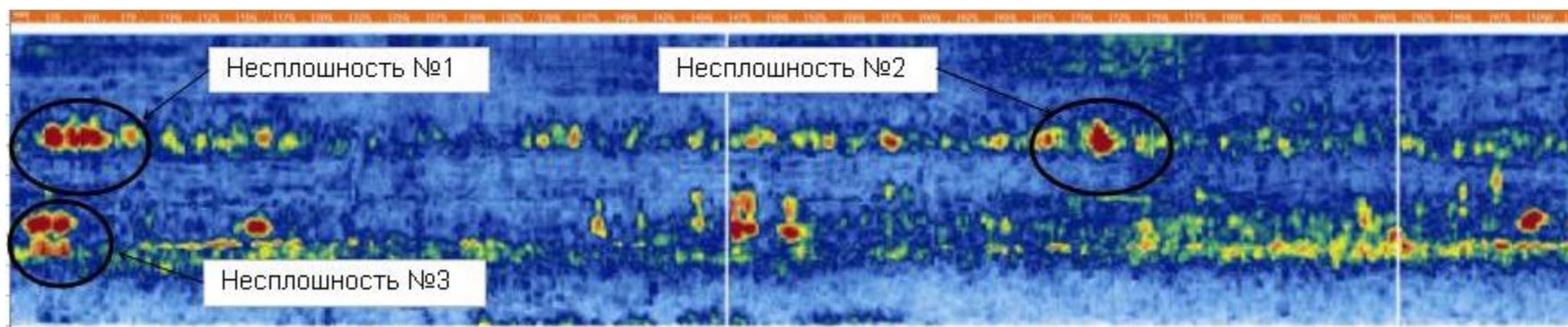
Проведение УЗК СС Ду300 № 90-9 НТ после применения технологии MSIP (МФАР.АЭ2.Т2М/2-К-10)



Дефектограммы (+12dB) несплошностей, выявленных по методике МФАР.АЭ2.Т2М/2-К-10 в СС Ду300 № 90-9 НТ До и После применения технологии MSIP



Изображение несплошностей До применения технологии MSIP (+12dB)



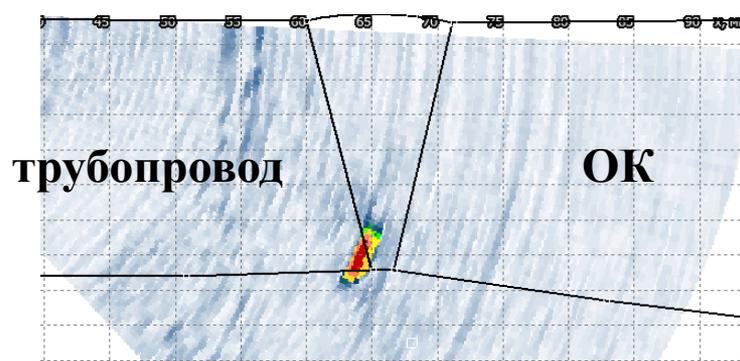
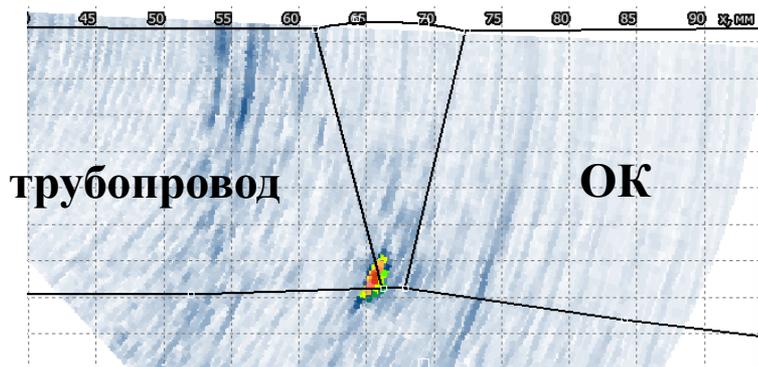
Изображение несплошностей После применения технологии MSIP (+12dB)

Несплошности, выявленные по методике МФАР.АЭ2.Т2М/2-К-10 В СС Ду300 № 90-9 НТ До и После применения технологии MSIP

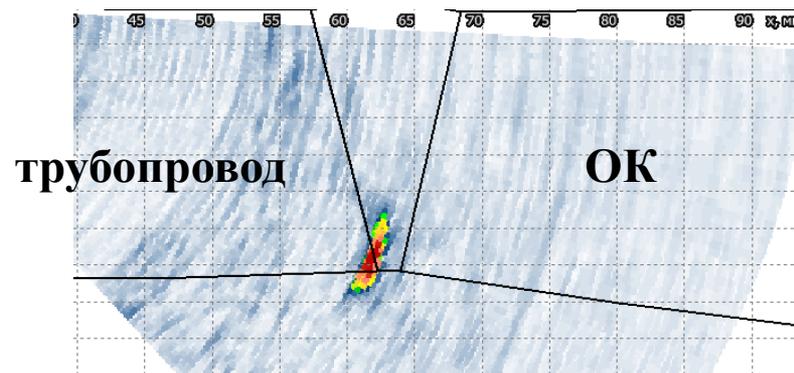
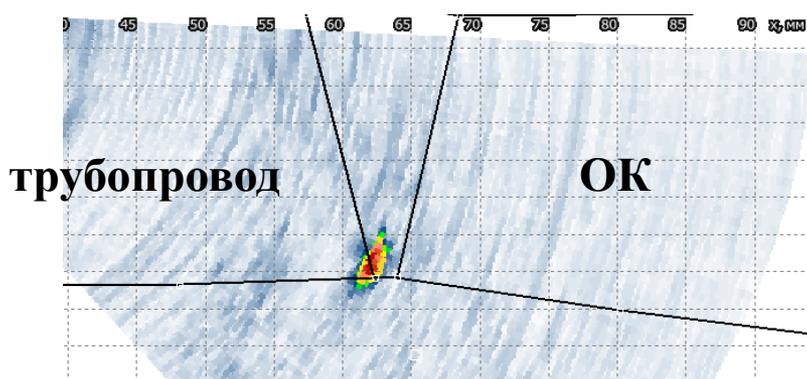
Несплошности № 1, №3

Несплошность № 2

До применения технологии MSIP



После применения технологии MSIP



Главные направления развития технологии MSIP

- 1. Повышения эффективности результатов применения технологии MSIP в части уменьшения объемов эксплуатационного УЗК для обжатых СС Ду300, а именно - уменьшение объемов УЗК до 10% для обжатых СС Ду300, проконтролированных по крайней мере один раз после обжатия и последующей эксплуатации. В настоящее время объемы эксплуатационного УЗК в пересчете на год эксплуатации снижены только для технологий ВТТО 1050°С в 2 раза и РМН в 5 раз.**
- 2. Окончательное решение задачи предотвращения образования и развития трещин МКРПН в СС Ду300 путем распространения технологии MSIP, как наиболее эффективной, для СС Ду300 типа «труба-патрубок», допущенных к дальнейшей эксплуатации по результатам УЗК с записью на электронный носитель.**



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ