



АО «АТОМТЕХЭНЕРГО»



ПРЕДПРИЯТИЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ»

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРУБОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ КОНЦЕПЦИИ «ТЕЧЬ ПЕРЕД РАЗРУШЕНИЕМ»

Докладчик: *Аржаев А.И.*  
Главный специалист  
«Смоленскатомтехэнерго»

3-я ежегодная научно-практическая конференция СРО  
атомной отрасли «АтомСтройСтандарт-2016»  
Стандартизация проектно-изыскательской  
деятельности – ключевой фактор обеспечения  
конкурентоспособности объектов использования  
атомной энергии

г. Москва, Россия , 7 октября 2016 г.



## Соавторы доклада

---

### **От Смоленского филиала АО «Атомтехэнерго»:**

М.А. Подлатов – заместитель главного инженера филиала

### **От АНО «Международный центр по ядерной безопасности»:**

В.О. Маханев – эксперт, к.т.н.

### **От ООО «Научно-производственная организация «Диагностика, прочность, коррозия»:**

С.П. Сиваков – генеральный директор



# Хронология развития методологии и нормативных подходов обеспечения конструкционной целостности

Дата	Событие	Выпуск/отмена НД в РФ
1974	Базовая Концепция Безопасности (Германия)	
1984.02	U.S. NRC. Generic Letter 84-04	
1984.08	Monterey, California, CNSI Specialist Meeting on LBB	
1984.11	U.S. NRC. Evaluation of Potential for Pipe Breaks NUREG-1061	
1985.10	LBB Seminar: Columbus, Ohio, NUREG/CP-0077 (published 07.1986)	
1987.05	LBB Seminar: Tokyo, Japan, NUREG/CP-0092, published 03/1988	
1987.08	Standard Review Plan 3.6.3 Leak-Before- Break Evaluation Procedure	
1989.05	LBB Seminar: Taipei, Taiwan NUREG/CP-0109 (published 02.1990)	
1989.10	LBB Seminar: Toronto, Canada, Proceedings published in 1990	
1993	IAEA TECDOC-710	М-ТПР-01-93
1994	IAEA TECDOC-774	
1995.10	<b>Seminar on Leak-Before-Break in Reactor Piping and Vessels, October 9-11, 1995, Lyon, France // NUREG/CP-0155,1995.</b>	
1998	EUR 17574 EN	
1999		<b>РД 95 10547-99</b>
2000	EUR 18549 EN	
2001	SMIRT-16 (Семинар по ТПР)	
2002	IAEA EPB 2000-2002 (Final Report on IGSCC at Du300 RBMK)	
2003	SMIRT-17 (доклады по ТПР)	РД ЭО 0513-03
2005	SMIRT-18 (доклады по ТПР)	
2007	SMIRT-19 (доклады по ТПР)	
2009	SMIRT-20; начало программы xLPR	
2010		РД ЭО 1.1.2.05.0842-2010
2011	SMIRT-21 (доклады по ТПР)	
2013	SMIRT-22 (доклады по ТПР)	РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013 (отмена РД 95 10547-99)
2015	SMIRT-23 (доклады по ТПР)	РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013 (до 12.2016)



## Концепции предотвращения разрывов трубопроводов АС, объединенные термином «конструкционная целостность»

- 1974 г. - Базовая Концепция Безопасности(Германия)
- 1984 г. - Концепция «Течь перед разрушением» (США)
- 1993 г. - Методика расчета трубопроводов АЭУ в рамках концепции «течь перед разрушением». М-ТПР-01-93
- 1999 г. - Руководство по применению концепции безопасности течь перед разрушением к трубопроводам АЭУ (Р-ТПР-01-99). РД 95 10547-99
- 2003 г. - Применение концепции «исключения разрывов» для трубопроводов и коллекторов Ду300 КМПЦ и СВБ энергоблоков АЭС с РБМК-1000. РД ЭО 0513-03
- 2010 г. - Руководство по обеспечению целостности трубопроводов и оборудования КМПЦ и систем, важных для безопасности РУ РБМК-1000. РД ЭО 1.1.2.05.0842-2010
- 2013 г. - Руководство по применению концепции безопасности течь перед разрушением к трубопроводам действующих АЭУ. РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013



## Термин «конструкционная целостность»

Комплекс организационно технических мер по обеспечению возможности выполнения трубопроводами и тонкостенными корпусами оборудования своих функций третьего барьера безопасности во всех режимах работы энергоблока АС, даже в условиях докритических сквозных повреждений и ограниченных протечек теплоносителя первого контура в течение времени, необходимого для планового расхолаживания реакторной установки

*/ эквивалент термина «Structural Integrity», применяемого за рубежом применительно к трубопроводам и корпусному оборудованию;*

***более предпочтительный, чем термин «течь перед разрушением» /***



## Термин «течь перед разрушением» (1)

---

РД 95 10547-99:

*Концепция ТПР:* концепция, означающая, что проектирование и выбор материалов гарантируют невозможность полного разрушения компонента со сквозной трещиной без предварительного существования стабильной течи, которая может быть заблаговременно обнаружена до того момента, когда трещина достигнет критического значения по условиям неустойчивости.

РД ЭО 1.1.2.05.0842-2010:

3.15 концепция ТПР: Концепция, означающая, что качество проектирования (включая выбор материалов), изготовления и монтажа обеспечивают отсутствие при эксплуатации непредусмотренных проектом нагрузок и повреждений, а также, что разрушение конструктивного элемента может произойти только с образованием сквозной трещины, выявляемой по утечке заблаговременно до того момента, когда длина трещины достигнет критического значения по условиям неустойчивости.



## Термин «течь перед разрушением» (2)

РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013:

Течь перед разрушением (ТПР): термин означающий, что даже если трещиноподобный дефект способен каким-то образом при эксплуатации развиваться по толщине стенки трубопровода и превратиться в сквозную трещину, то эта трещина приведет к обнаруживаемой течи, оставаясь стабильной при максимальной нагрузке, возможной в эксплуатации.

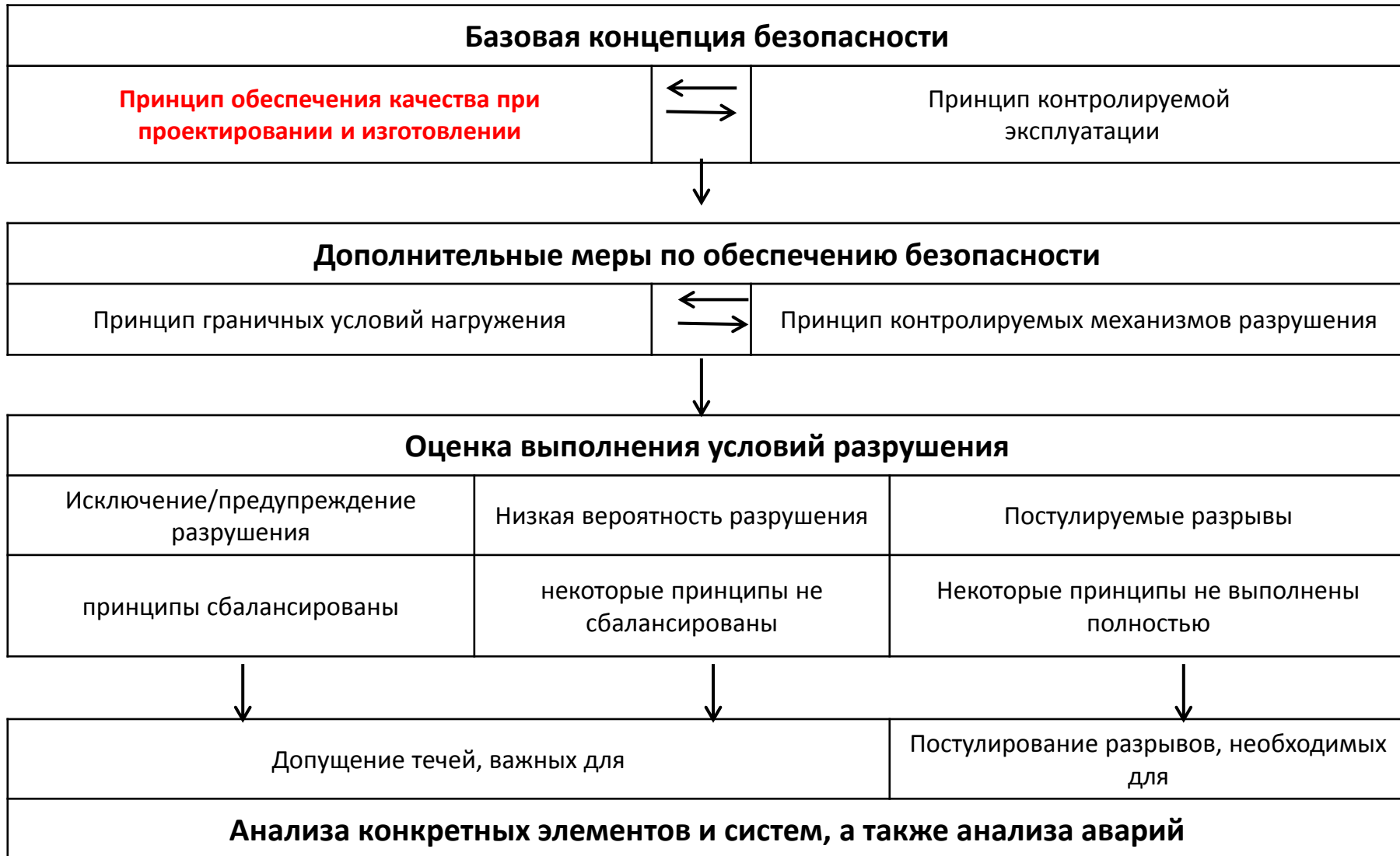
НП-001-15:

34. Концепция "течь перед разрушением" - подход к проектированию трубопроводов, опирающийся на доказанный механизм развития образовавшейся трещины, при котором течь, обнаруживаемая предусмотренными проектом АС техническими средствами, появляется раньше, чем трещина достигает критических размеров.

**Определение из НП-001-15 не содержит упоминания важного фактора – стабильности образовавшейся сквозной трещины**



# Общая концепция предупреждения разрушений для элементов АС, удерживающих давление теплоносителя (с номинальным диаметром $DN \geq 150$ мм) \* (1)



\* Schulz H. The Evolution of the Break Preclusion Concept for Nuclear Power Plants in Germany // Proceedings of the Seminar on Leak-Before-Break in Reactor Piping and Vessels, October 9-11, 1995, Lyon, France.





# Общая концепция предупреждения разрушений для элементов АС, удерживающих давление теплоносителя (с номинальным диаметром $DN \geq 150$ мм) – Содержание основных принципов\* (2)



\* Schulz H. The Evolution of the Break Preclusion Concept for Nuclear Power Plants in Germany // Proceedings of the Seminar on Leak-Before-Break in Reactor Piping and Vessels, October 9-11, 1995, Lyon, France.



## Механизмы деградации элементов АС – потенциальных объектов для обоснования конструкционной целостности

- **Малоцикловая усталость (МЦУ):**  
Все трубопроводы и оборудование АС:  
оценка на сопротивление МЦУ предусмотрена Нормами расчета на прочность ПНАЭ Г-7-002-86 и с учетом влияния среды - РД ЭО 1.1.2.05.0330-2012
- **Межкристаллитное коррозионное растрескивание под напряжением:**
  - трубопроводы и коллекторы Ду (200÷300) мм из стали 08Х18Н10Т;
  - аустенитные ремонтные заварки электродами ЭА-395 в трубопроводах Ду800 КМПЦ РУ РБМК-1000 (АуРЗ Ду800)
  - сварные соединения Ду 1100 мм приварки коллекторов первого контура к патрубкам парогенераторов РУ ВВЭР-440
- **Коррозионно-механическое коррозионное растрескивание:**
  - сварные соединения Ду 1200 мм приварки коллекторов первого контура к патрубкам парогенераторов РУ ВВЭР-1000
- **Эрозионно-коррозионный износ:**
  - основной металл и металл сварных соединений трубопроводов парового тракта, конденсатно-питательного тракта и влажно парового тракта;
  - неплакированные участки трубопроводов и корпусов арматуры Ду800 РБМК

/ активные механизмы деградации выделены красным шрифтом; классическая концепция ТПР к элементам с подобными повреждениями не применяется /



# Оптимизация проектирования

---

- **Учет в материалах проекта опыта эксплуатации аналогов для исключения в пределах проектного срока службы отказов оборудования и трубопроводов новых блоков, вызванных непроектными механизмами повреждения, такими как:**
  - коррозионно-механическое растрескивание в зоне сварного соединения приварки коллекторов первого контура к патрубкам парогенераторов
  - эрозионно-коррозионный износ оборудования и трубопроводов 2-го контура, изготовленных из малоуглеродистых сталей



# Составляющие «Базовой Концепции Безопасности»

1 – обеспечение качества при производстве;

2 – оптимизация, управление, аттестация: проект, материалы, изготовление;

3 – многосторонние проверки;

4 – независимая оценка качества;

5 – принцип «наихудшего случая»;

6 – НИОКР, исследование разрушения;

7 – эксплуатационный мониторинг и документирование;

8 – непрерывные эксплуатационный мониторинг,

наблюдение (образцы-свидетели),

периодический эксплуатационный

неразрушающий контроль;

9 – валидация;

10 – верификация,

нормативные требования: коды и

стандарты, механика разрушения,

технологии неразрушающего контроля;

11 – обеспечение базовой безопасности;

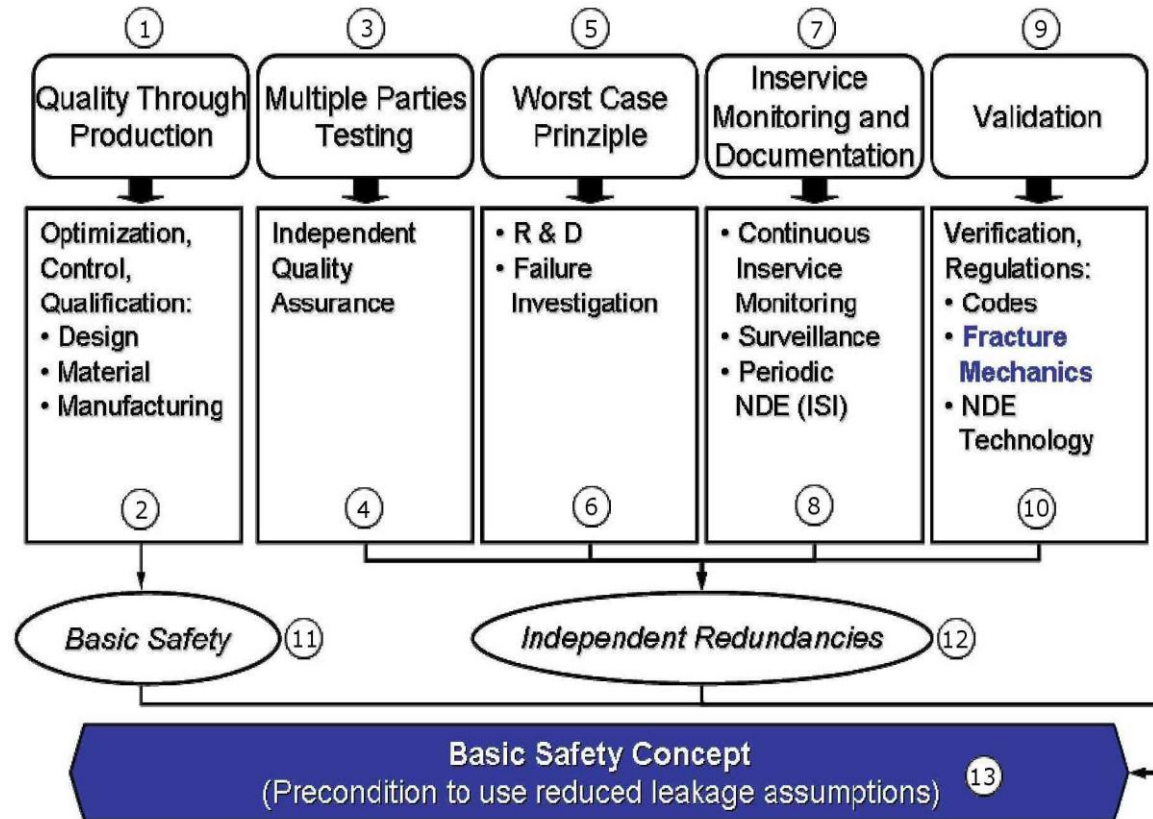
12 – независимое резервирование;

13 – базовая концепция безопасности

(предварительное условие рассмотрения

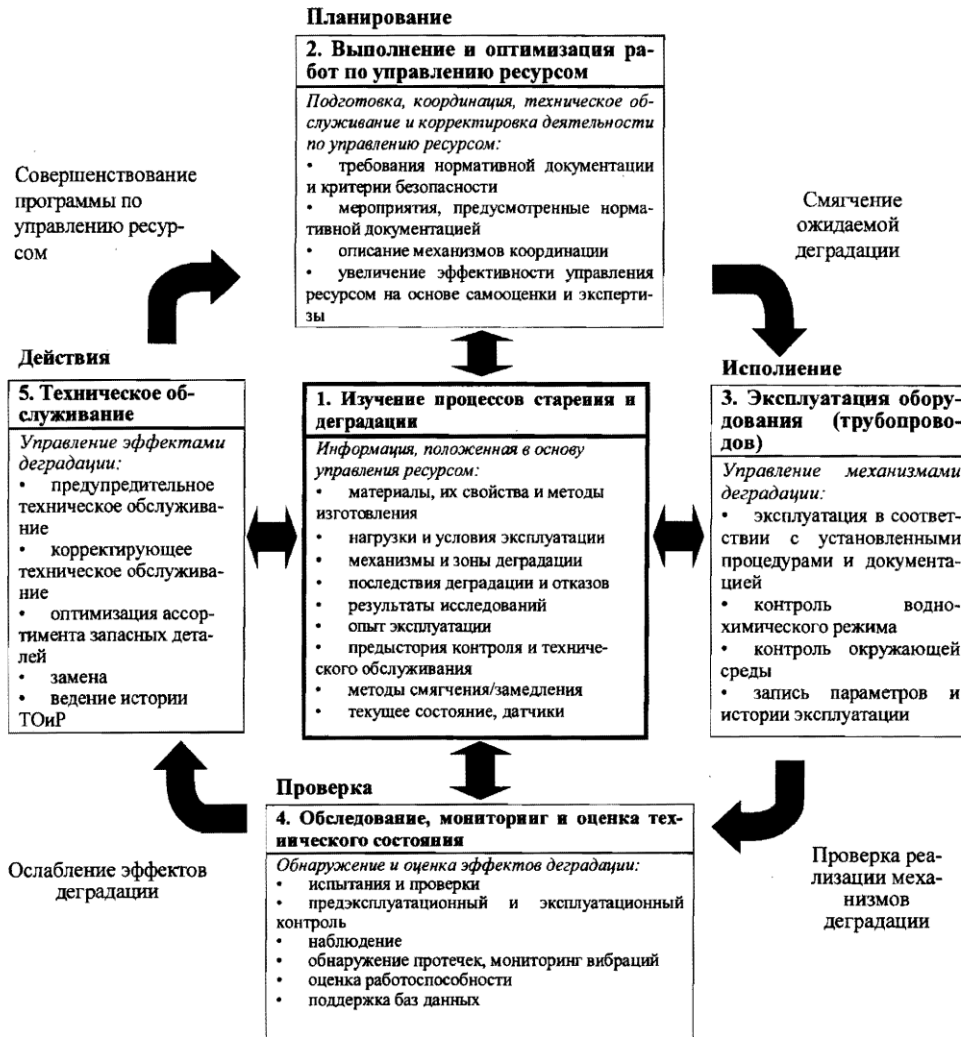
в проекте ограниченных течей, но не

разрывов)





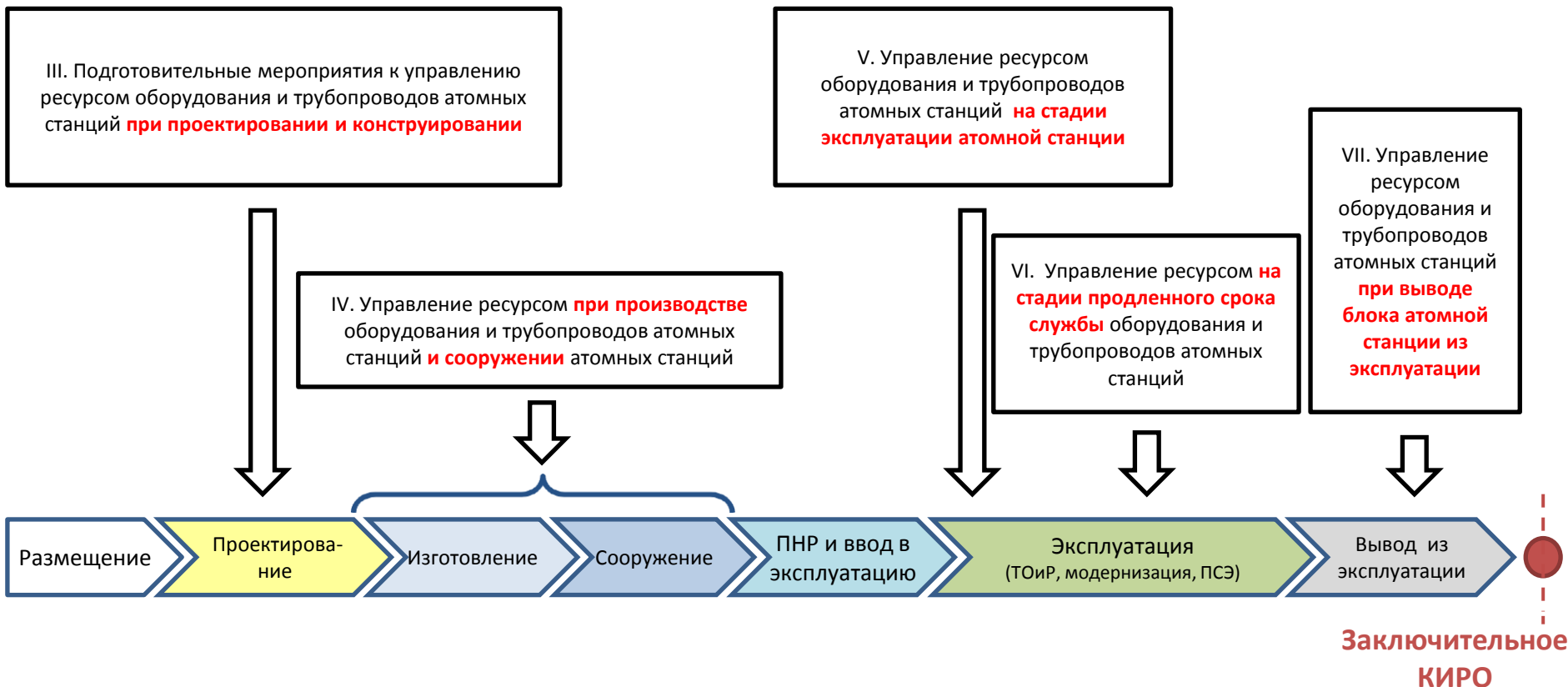
# Обеспечение контролируемой эксплуатации



**Для минимизации затрат на эксплуатационный неразрушающий контроль и ТОиР необходимо на этапе сооружения и ввода в эксплуатацию обеспечить формирование цифрового досье по параметрам начального технического состояния всех элементов, отказы которых при работе на мощности приводят к останову блока АС**



# «Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения» (НП-096-15)



«Эксплуатирующая организация должна обеспечивать сбор, обработку, анализ, систематизацию и хранение информации в течение всего срока службы оборудования и трубопроводов и вести базу данных по повреждениям, их накоплению и развитию, механизмам старения, отказам и нарушениям в работе ... в соответствии с программой управления ресурсом оборудования и трубопроводов АС» /часть II, пункт 13/.



## Состав ЦД на этапе «предэксплуатация»

- **Мониторинг начальных отклонений зданий и сооружений**
- **Контроль фактической компоновки элементов и расположения СС после монтажа**
- **Контроль нагруженности трубопроводов и оборудования в холодном состоянии и при горячих испытаниях**
- **Выявление и фиксация несплошностей металла при входном и предэксплуатационном неразрушающем контроле с повышенной разрешающей способностью**
- **Выявление и фиксация начальных физико-механических характеристик и структуры металла. Создание системы наблюдения за изменениями состояния металла в реперных зонах в условиях длительной эксплуатации**
- **Выявление и фиксация начальных параметров элементов, подверженных ЭКИ**

/ предложения по формированию цифрового досье блока АЭС представлены в докладе  
<http://mntk.rosenergoatom.ru/mediafiles/u/files/2014/Sections/3.1./A.I. Arzhaev.pdf> /



## Предложение по дифференцированному применению концепций конструкционной целостности

<b>Базовая концепция безопасности</b>		
Принцип обеспечения качества при проектировании и изготовлении	$\longleftrightarrow$	Принцип контролируемой эксплуатации
<b>Дополнительные меры по обеспечению безопасности</b>		
Принцип граничных условий нагружения	$\longleftrightarrow$	Принцип контролируемых механизмов разрушения
<b>Оценка выполнения условий разрушения</b>		
Предупреждение разрушения /аналог концепции ТПР в РФ/	Низкая вероятность разрушения /аналог концепции ИР в РФ/	Постулируемые разрывы
принципы сбалансированы	некоторые принципы не сбалансированы	некоторые принципы не выполнены полностью
Допущение течей при анализе аварий		Постулирование разрывов при анализе аварий
Трубопроводы Ду850 ГЦТ ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200,  Аустенитные и перлитные трубопроводы РУ ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200	СС №111 (ВВЭР-1000),  Трубопроводы 2-го контура,  Корпусное оборудование (компенсатор объема и пр.)	



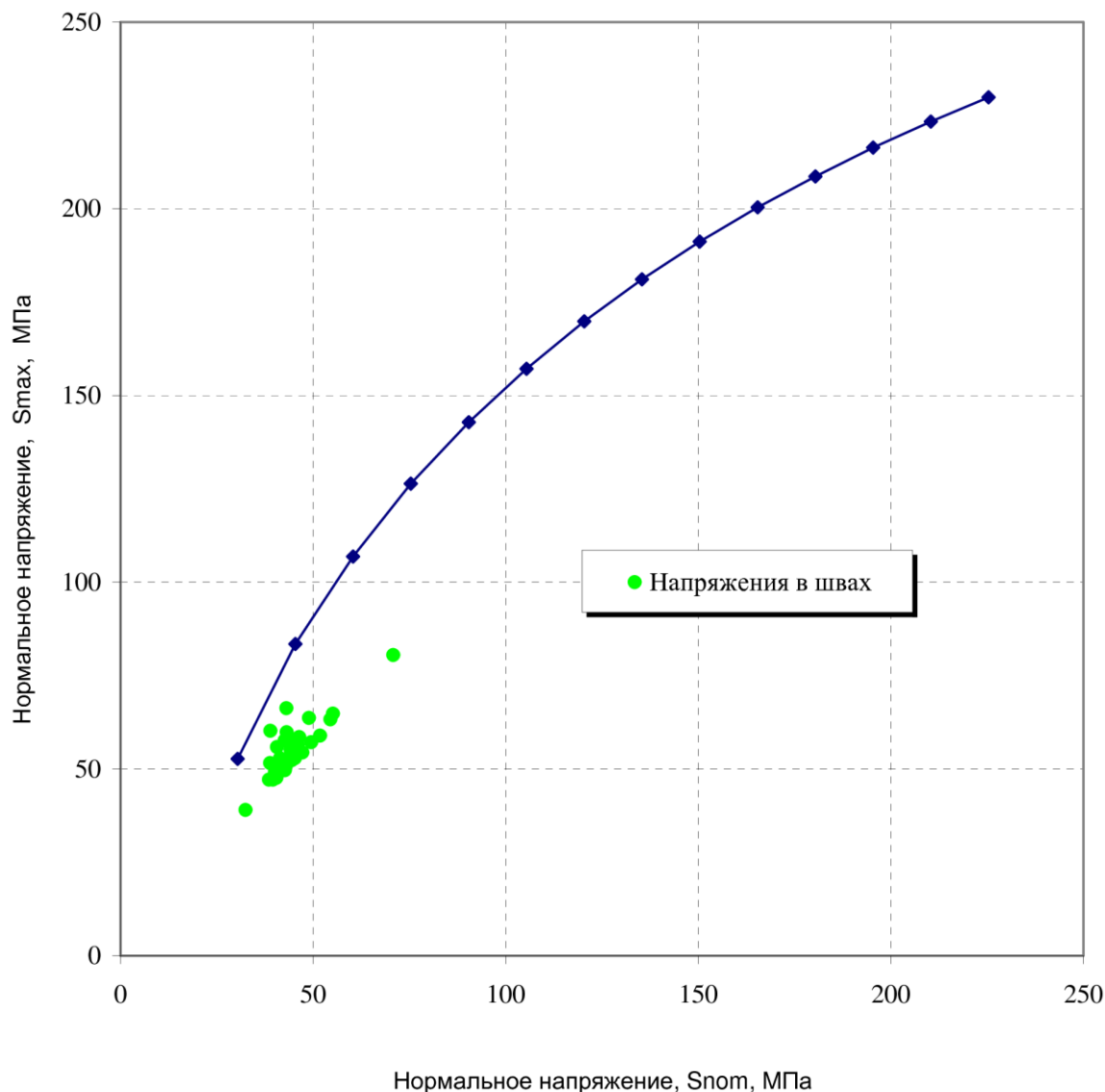


# Расчетные процедуры обоснования конструкционной целостности

Нормативные документы	Процедура USNRC	Процедура GRS/Siemens	Процедура NSAC/EPRI
РД 95 10547-99	Использована под названием «Процедура NUREG-1061 /NRC 84»	Использована под названием «Процедура Siemens /KWU 96»	Не использована
РД ЭО 0513-03	Использованы в неявном виде: - в пункте 6.1 (дефис 2) предусмотрено выполнение положений разделов 6-10 РД 95 10547-99, в разделе 9 которого имеются ссылки и на «Процедуру NUREG-1061 /NRC 84», и на «Процедуру Siemens /KWU 96»		Не использована
РД ЭО 1.1.2.05.0842-2010	Использованы в явном виде со ссылкой на РД 95 10547-99: - как Вариант 1 расчетной процедуры обоснования сценария ТПР (обязательное Приложение А) и Вариант 2 расчетной процедуры обоснования сценария ТПР (обязательное Приложение Б)		Не использована
РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013	Использованы с корректировкой коэффициентов запаса на допускаемые размеры трещин по сравнению с РД 95 10547-99		ИспользованаБ
Последующие отраслевые Руководства / Стандарты	<b>Желательно использовать:</b> 1) с возвратом к значениям коэффициентов запаса на допускаемые размеры трещин, принятые в РД 95 10547-99 2) с использованием в обеих процедурах единого коэффициента запаса на чувствительность СКТ, равного 10 (согласно работе: Rieck D., Wernicke R. Experiences with Fracture Mechanics Leak-Before-Break Evaluations within the German Integrity Concept for NPPs. 2009) 3) при включении в РД нескольких расчетных процедур ТПР обязательным должно быть использование всех процедур с анализом дефицитов обоснования ТПР по одной или нескольким процедурам		<b>Желательно НЕ использовать:</b> ввиду отсутствия референтности. Сниженный уровень консерватизма при анализе выполнения условий ТПР не может быть достаточным аргументом при отсутствии представительного анализа опыта применения данного методического подхода



## Применение граничных расчетных кривых, как инструмента проектирования трубопроводов АС



Алгоритм построения ГРК описан в действующем РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013 . При заданных коэффициентах запаса можно построить ГРК для кольцевых сварных соединений перлитных трубопроводов и использовать их как инструмент для оперативной оценки выполнения условий реализации сценария ТПР (пример ГРК из отчета АНО МЦЯБ)



## «Приборное» обеспечение практического применения концепций «конструкционной целостности» на АС (1)

- **Система мониторинга нагрузок и перемещений:**  
Требования пункта 6.3.4 ПНАЭ Г-7-008-89 были выполнены не на всех блоках АС.  
Необходимо добиться выполнения пункта 230 из НП-089-15, аналогичного пункту 6.3.4.
- **Система неразрушающего контроля металла:**  
Никогда не предусматривала испытаний методик и средств НК, независимо от их разработчиков и поставщиков.  
Не предусмотрены испытания на тест-образцах с реальными трещинами и/или внесенными реалистическими дефектами.
- **Система контроля течи (СКТ) теплоносителя:**  
Была индикаторной и трехканальной (РД 95 10547-99).  
С 2013 г. согласно РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013 СКТ:
  - стала измерительной с погрешностью  $\pm 50\%$  от измеряемой величины;
  - трехканальной для трубопроводов первого контура и КМПЦ;
  - двухканальной для паропроводов и трубопроводов питательной воды.

**После 2016 г. представляется достаточным иметь СКТ со статусом измерительной индикаторной системы без подтверждения погрешности измерения.**



## «Приборное» обеспечение практического применения концепций «конструкционной целостности» на АС (2)

- **НП-089-15 допускает работу с течами:**

«252. Оборудование и трубопроводы должны быть отключены, как минимум, в следующих ситуациях:

- а) при обнаружении протечек рабочей среды сверх установленных проектом значений;
  - в) при превышении в необслуживаемых помещениях установленных в проекте значений давления, температуры, влажности или мощности поглощенной дозы; ...
  - д) при появлении шумов, вибраций и ударов, нехарактерных для нормальной эксплуатации ...»
- хотя пока в проектах РУ и блоков АС в настоящее время отсутствует обоснование допустимого уровня протечек рабочей среды и пр.**

### **Постановочные вопросы по длительному сопровождению течей:**

- 1) Концепции конструкционной целостности применяются как правило к элементам 1, 2 и 3 класса по НП-001-15: логично ли в рамках концепции безопасности предусматривать длительное наблюдение за течами или останов должен быть немедленным?
- 2) Если должны быть обеспечены три канала СКТ при выявлении течи, то сколько каналов СКТ достаточно для длительного наблюдения за течью?
- 3) Будет ли обеспечено наличие трех работоспособных каналов СКТ для выявления новой течи в том же помещении в процессе наблюдения за уже выявленной течью?
- 4) Каковы показатели ложного срабатывания различных подсистем СКТ, так как это приведет к необоснованному останову блока?

**Поэтому при пересмотре РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013 может быть однозначно рекомендован немедленный останов блока АС при подтверждении факта течи по сигналу СКТ.**



## Новые федеральные нормы и правила

---

- **НП-001-15** Общие положения обеспечения безопасности атомных станций
- **НП-096-15** Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения
- **НП-091-14** Обеспечение безопасности при выводе из эксплуатации объектов использования атомной энергии. Общие положения
- **НП-089-15** Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок
- **НП-084-15** Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов атомных станций



# Нормативная база обеспечения безопасной эксплуатации трубопроводов и оборудования АС

- 1) Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (НП-001-15, предыдущие правила действовали с 1997 года) и Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций (НП-096-15)
- 2) НП-084-15 /пункты 34, 138, 140, 145\*/ и НП-089-15 /пункт 22/ (вместо ПНАЭ Г-7-008-89), НП-096-15 /пункты 11, 16, 19, 22, 29/  
\* – пункты, регулирующие действия по недопущению/ограничению ЭКИ
- 3) Оценка прочности компонентов АС проводится:
  - На этапе проектирования (ПНАЭ Г-7-002-86)
  - В период назначенного срока эксплуатации (ПНАЭ Г-7-002-86 + РД ЭО)
  - В период дополнительного срока эксплуатации (ПНАЭ Г-7-002-86 + НП-017-2000 + РД ЭО)
- 4) Обоснование конструкционной целостности (для эффективного предотвращения гильотинных разрывов) выполняется в соответствии с РД ЭО 1.1.2.05.0939-2013 (вместо РД 95 105447-99) и в соответствии с РД ЭО 0513-03 для элементов Ду300 РБМК.

**С 2013 г. нет нормативных отраслевых документов по применению концепции ТПР для новых блоков АС.**



# Предложения по совершенствованию нормативной базы в 2017-2018 гг. с учетом работ по КЦ

п.3.3.3 – об обязательном применении концепции ТПР к трубопроводам 1-го контура

Общие положения обеспечения безопасности атомных станций (НП-001-15)

Отраслевые стандарты (и/или стандарты СРО) по КЦ



Правила ядерной безопасности реакторных установок атомных станций (НП-082-07)

исключение рассмотрения последствий разрывов труб в проектом базисе



ФНП по обеспечению конструкционной целостности трубопроводов и оборудования

Правила устройства и безопасной эксплуатации оборудования и трубопроводов АЭУ (НП-089-15)

Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов АЭУ (ПНАЭ Г-7-002-86)

Оборудование и трубопроводы АЭУ. Сварка и наплавка. Основные положения (ПНАЭ Г-7-009-89)

Оборудование и трубопроводы АЭУ. Сварные соединения и наплавки. Правила контроля (ПНАЭ Г-7-010-89)

Требования к управлению ресурсом оборудования и трубопроводов атомных станций. Основные положения (НП-096-15)

Правила контроля основного металла, сварных соединений и наплавленных поверхностей при эксплуатации оборудования, трубопроводов и других элементов АС (НП-084-15)



# Особенности технического регулирования в области использования атомной энергии

ФЗ «О техническом регулировании» № 184-ФЗ от 27.12.2002

**Ст. 5. Особенности технического регулирования в отношении ...**  
продукции, для которой устанавливаются требования, связанные с обеспечением безопасности в ОИАЭ...

ФЗ "Об использовании атомной энергии"

**Ст. 20 Госуправление в ОИАЭ**  
... организация и осуществление аккредитации в области использования атомной энергии;

**Особенности разработки и установления обязательных требований**

**Постановление Правительства от 12.07.2016 № 669**

Особенности стандартизации

Постановление Правительства от 01.03.2013 № 173

Особенности оценки соответствия

Проект нормативного правового акта

Аккредитация в области использования атомной энергии

Постановление Правительства от 20.07.2013 № 612

Система технического регулирования ГК «Росатом»





# Начало перевода нормативных документов серии ПНАЭ Г в формат стандартов

## Закупка №160919/0513/1612:

- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Неразрушающий и разрушающий контроль металла оборудования и трубопроводов атомных станций. Термины и определения»;
- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Контроль радиационного охрупчивания корпусов реакторов атомных станций»;
- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Обоснование и назначение объемов и периодичности эксплуатационного неразрушающего контроля металла оборудования и трубопроводов атомных станций»;
- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Порядок разработки норм оценки качества допускаемых несплошностей металла оборудования и трубопроводов атомных станций по результатам эксплуатационного неразрушающего контроля»;
- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных станций. Визуальный и измерительный контроль»;
- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных станций. Капиллярный контроль»;
- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Унифицированные методики контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов атомных станций. Вихретоковый контроль»;
- **ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Разработка и оценка соответствия систем, средств и методик неразрушающего контроля металла оборудования и трубопроводов атомных станций»;**
- ГОСТ Р «Оценка соответствия в области использования атомной энергии. Оценка соответствия персонала, выполняющего неразрушающий и разрушающий контроль металла оборудования и трубопроводов атомных станций»;
- ГОСТ Р «Неразрушающий контроль металла оборудования и трубопроводов атомных станций. Метрологические требования к измерениям».



## Предложения по организации в отрасли независимой оценки соответствия средств и методик неразрушающего контроля (1)

---

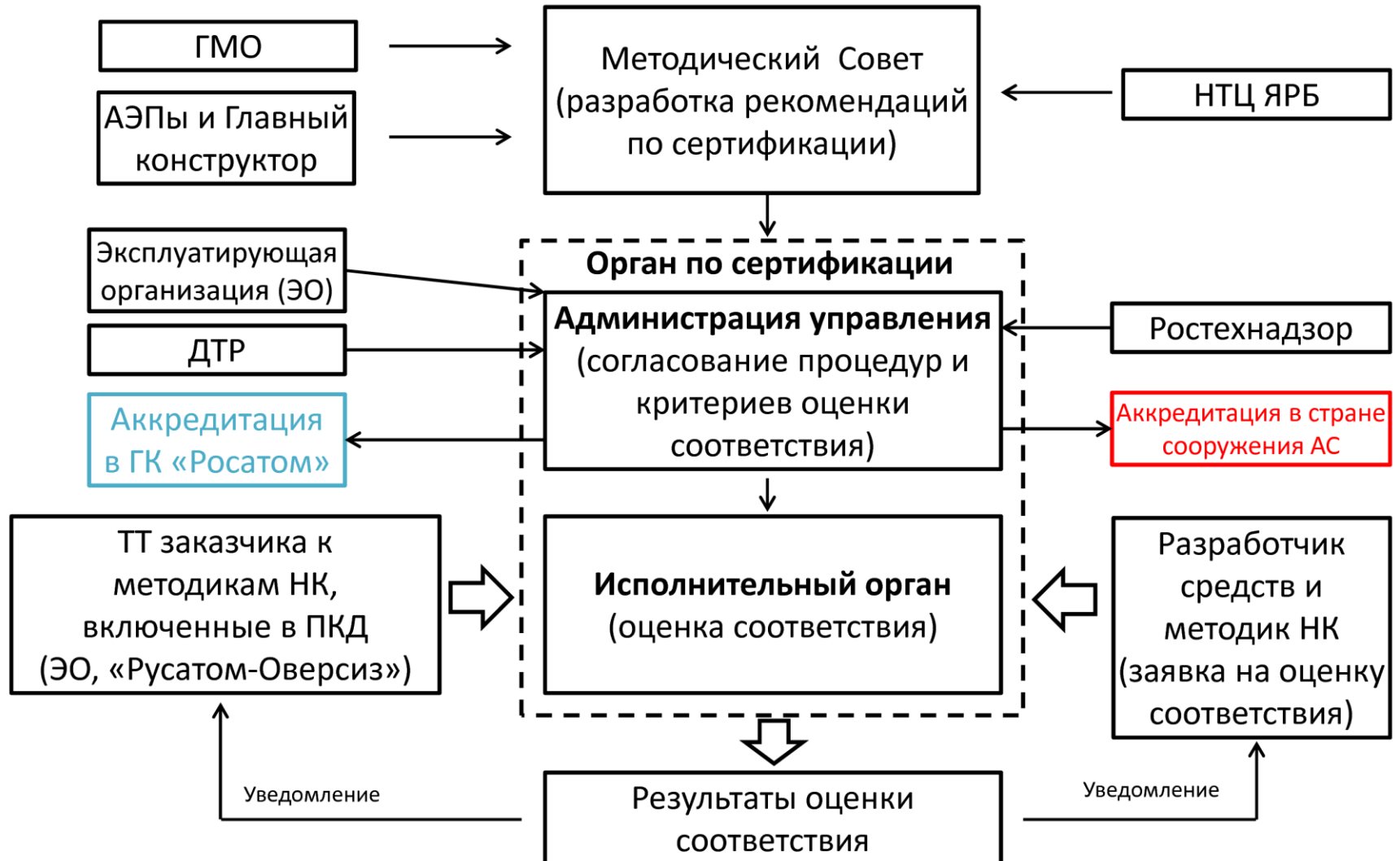
Для обеспечения эффективности предэксплуатационного и эксплуатационного неразрушающего контроля состояния основного металла и сварных соединений необходимо проводить процесс оценки соответствия (аттестации, сертификации) средств и методик НК в специализированных центрах с использованием тест-образцов с естественными трещинами (ожидаемыми в эксплуатации) и/или реалистическими трещиноподобными дефектами, и независимо от разработчиков и поставщиков .

В интересах отрасли наличие таких центров может обеспечить оценку соответствия средств и методик НК:

- разработанных по заказу отрасли;
- предложенных отрасли в виде готовых разработок.



# Предложения по организации в отрасли независимой оценки соответствия средств и методик неразрушающего контроля \*(2)



\* А.И. Аржаев, С.Л. Буторин, А.В. Востриков, В.П. Дерий. Пути обеспечения оптимальных технико-экономических показателей эксплуатации действующих и новых энергоблоков АЭС // Сообщение на совещании МХО «Интератомэнерго», 12.2014, Чехия – г. Пльзень



## Предложения по стандартам СРО в обеспечение конструкционной целостности элементов АС

- 1) Обоснование и обеспечение конструкционной целостности трубопроводов и оборудования АС. Общие положения.
- 2) Обоснование и обеспечение конструкционной целостности трубопроводов и оборудования РУ ВВЭР-1000 и РУ ВВЭР-1200.
- 3) Обоснование и обеспечение конструкционной целостности трубопроводов второго контура энергоблоков АС с РУ ВВЭР.
- 4) Обоснование и обеспечение конструкционной целостности трубопроводов и оборудования контура циркуляции теплоносителя и присоединенных систем энергоблоков АС с РУ канального типа.

**Необходимо гармонизировать стандарты СРО с отраслевыми стандартами, предусмотренными ПП РФ от 12.07.2016 № 669**



## Основные выводы и рекомендации (1)

---

1. Применение методологии обеспечения конструкционной целостности трубопроводов и оборудования СВБ – необходимое условие безопасной эксплуатации действующих и новых блоков АЭС (НП-001-15)
2. Важно вернуться к единообразному толкованию терминов:
  - течь перед разрушением = предупреждение разрывов (Break Preclusion);
  - исключение разрывов = низкая вероятность разрушения (Low Probability of Rupture),которые в итоге эквивалентны и позволяют постулировать в проекте ограниченную течь взамен постулирования разрывов трубопроводов
3. При разработке новых руководств/стандартов необходимо учесть предложенный на слайде №15 дифференцированный подход к обоснованию конструкционной целостности разных групп элементов систем АС, важных для безопасности:
  - для варианта ТПР: на базе СКТ со статусом измерительной системы;
  - для варианта ИР: на базе СКТ индикаторного типа и усовершенствованной системы оценки соответствия методик и средств НК (слайды №25 и №26).



## Основные выводы и рекомендации (2)

---

4. Применение концепций конструкционной целостности для элементов блока АС должно быть обеспечено эффективным контролем нагрузок и перемещений в соответствии с НП-089-15 и НП-096-15
5. Результаты обоснования (технического анализа) в подтверждение конструкционной целостности могут быть использованы для оптимизации требований к ЭНК трубопроводов и оборудования СВБ в целях снижения эксплуатационных издержек
6. Применение вероятностных методов механики разрушения и методологии планирования инспекций на основа оценки риска может повысить эффективность оптимизации требований к ЭНК в границах, предварительно обоснованных с применением детерминистических методов обоснования и обеспечения конструкционной целостности



## Основные выводы и рекомендации (3)

---

7. Применение концепций конструкционной целостности (ТПР и ИР) может обеспечить оптимизацию ТОиР за счет:
- минимизации unplanned отказов в виде свищей и разрывов;
  - оптимизации планирования инспекций на базе методик оценки риска;
  - совместного применения детерминистических и вероятностных методов в целях обеспечения стратегии ЭНК и ремонта трубопроводов и оборудования по техническому состоянию



---

# Благодарю за внимание!

Аржаев А.И.

«Смоленскатомтехэнерго», ЛТОР

эл.почта [ltor@smolate.ru](mailto:ltor@smolate.ru)