

Парогенераторы АЭС

ТЕМА. *ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ И
БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПГ ВВЭР*

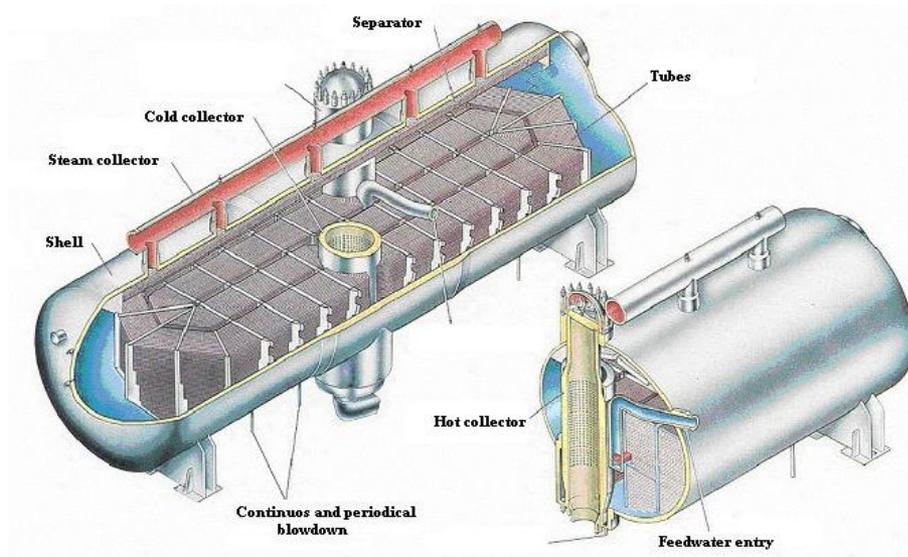
ОБЩАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПГ ВВЭР

ПГ является важнейшим элементом АЭС, который обеспечивает выработку пара для турбогенератора и охлаждение активной зоны реактора.

ПГ реакторных установок ВВЭР являются третьим физическим барьером между радиоактивной и нерадиоактивной частью АЭС и эксплуатируются в наиболее тяжелых коррозионных условиях.

ОБЩАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПГ ВВЭР

В связи с этим в процессе эксплуатации должны быть обеспечены как работоспособность ПГ, так и межконтурная плотность для исключения попадания воды первого контура во второй контур АЭС и окружающую среду.



ОБЩАЯ ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПГ ВВЭР

Всего в эксплуатации находится 162 парогенератора типа ПГВ-440 и 108 типа ПГВ-1000.

Парогенераторы типа ПГВ-440 на ряде АЭС эксплуатируются в настоящее время за пределом проектного срока службы 30 лет. Максимальная наработка ПГВ-1000 достигла более 150 тысяч часов.

Обосновано продление ресурса ПГ 3,4 блоков НВ АЭС и 1 блока Кольской АЭС на 15 лет.



ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ДЕФЕКТОВ ПГ ВВЭР

1. На АЭС с ВВЭР-1000 в 1987...1992 годах 34 ПГ были заменены из-за повреждения коллекторов теплоносителя в районе перфорации. После выяснения причин повреждений и выполнения комплекса мер, подобных случаев разрушения не встречалось.

2. В последние годы основным элементом, определяющим, фактический срок службы ПГ на АЭС с ВВЭР, являются ТОГ. В 1999...2004 годах шесть ПГВ-1000 были заменены по причине коррозионного повреждения металла ТОГ.

3. Повреждения сварного соединения горячего коллектора и корпуса ПГВ-1000 на (сварной шов №111).

ЦЕЛОСТНОСТЬ КОЛЛЕКТОРА ПГ ВВЭР-1000 (СТАЛЬ 10ГН2МФА)

Проблема возникла в 1986 г., когда на ПГ второго блока ЮУАЭС ВВЭР-1000) были обнаружены трещины на "холодных" (выходных) коллекторах теплоносителя. Позже аналогичные дефекты были обнаружены на 24 ПГ.

Причины повреждения коллекторов неоднократно обсуждались на совещаниях МАГАТЭ.

ЦЕЛОСТНОСТЬ КОЛЛЕКТОРА ПГ ВВЭР-1000 (СТАЛЬ 10ГН2МФА)

Были разработаны, обоснованы и внедрены мероприятия по повышению эксплуатационной надежности и ресурса ПГ ВВЭР-1000.

На ПГ, находящихся в эксплуатации, были выполнены следующие мероприятия:

1. «Разневоливание» (освобождение от заземления) верхней части коллекторов;
2. Проведение низкотемпературной (450°C) термообработки перфорированной части коллекторов;

ЦЕЛОСТНОСТЬ КОЛЛЕКТОРА ПГ ВВЭР-1000 (СТАЛЬ 10ГН2МФА)

3. Модернизация системы водопитания и продувки ПГ, в результате которой значительно снижена концентрация коррозионно-активных примесей вблизи коллекторов ПГ;
4. Проведение периодического эксплуатационного неразрушающего контроля целостности перемычек и теплообменных труб вихретоковым методом (ВТК);
5. Ужесточение норм и требований по ведению ВХР, введение коррекционного ВХР.

ЦЕЛОСТНОСТЬ КОЛЛЕКТОРА ПГ ВВЭР-1000 (СТАЛЬ 10ГН2МФА)

На уже изготовленных, но еще не введенных в эксплуатацию ПГ дополнительно была проведена довальцовка труб на выходе из коллектора.

Это мероприятие устранило зазор, в котором могло происходить накопление и концентрация примесей.

Внедрение мероприятий и их завершение (1991 год) оказали решающее влияние на работу ПГ в дальнейшем. С 1991 г. замены ПГ на отечественных АЭС не было.

ЦЕЛОСТНОСТЬ ТРУБЧАТКИ ПГ (СТАЛЬ 08Х18Н10Т)

Впервые со сквозным массовым повреждением теплообменных труб ПГ АЭС с ВВЭР столкнулись в сентябре 1982 г. на 1-2 блоках АЭС "Норд" с реактором В-440 (в период стоянки реакторов на расхолаживании, по недосмотру имело место поступление охлаждающей морской воды во второй контур первого и второго блоков).

В результате в течение 1982-1984 годов из-за хлоридного коррозионного растрескивания на парогенераторах 1 блока было заглушено суммарно 731 теплообменная трубка, второго блока – 404.

ЦЕЛОСТНОСТЬ ТРУБЧАТКИ ПГ (СТАЛЬ 08Х18Н10Т)

В апреле-мае 1996 года при контроле вихретоковым методом были обнаружены коррозионные повреждения теплообменных труб парогенераторов на 2 блоке Балаковской АЭС с реактором ВВЭР-1000.

Было установлено, что причиной является хлоридное коррозионное растрескивание под напряжением, проявившееся в результате длительной работы блока с нарушениями водно-химического режима второго контура

ЦЕЛОСТНОСТЬ ТРУБЧАТКИ ПГ (СТАЛЬ 08Х18Н10Т)

В связи с большим количеством поврежденных труб в парогенераторах 2 блока Балаковской АЭС были проведены расчетно-экспериментальные работы.

С использованием концепции "течь перед разрушением" была установлена допустимая величина утонения труб, определяемая вихретоковым контролем.

Трубы, имеющие недопустимые утонения, были заглушены и блок введен в нормальную эксплуатацию.

ЦЕЛОСТНОСТЬ ТРУБЧАТКИ ПГ (СТАЛЬ 08Х18Н10Т)

Безусловно, повреждение труб не следует рассматривать как явление, характерное для ПГ ВВЭР-1000.

Практика эксплуатации парогенераторов АЭС с ВВЭР показывает, что на тех энергоблоках, где соблюдаются Нормы водно-химического режима второго контура и проводятся регулярные химические промывки парогенераторов для удаления отложений, повреждения теплообменных труб минимальны.

СОСТОЯНИЕ ТОТ ПГ АЭС С ВВЭР-440

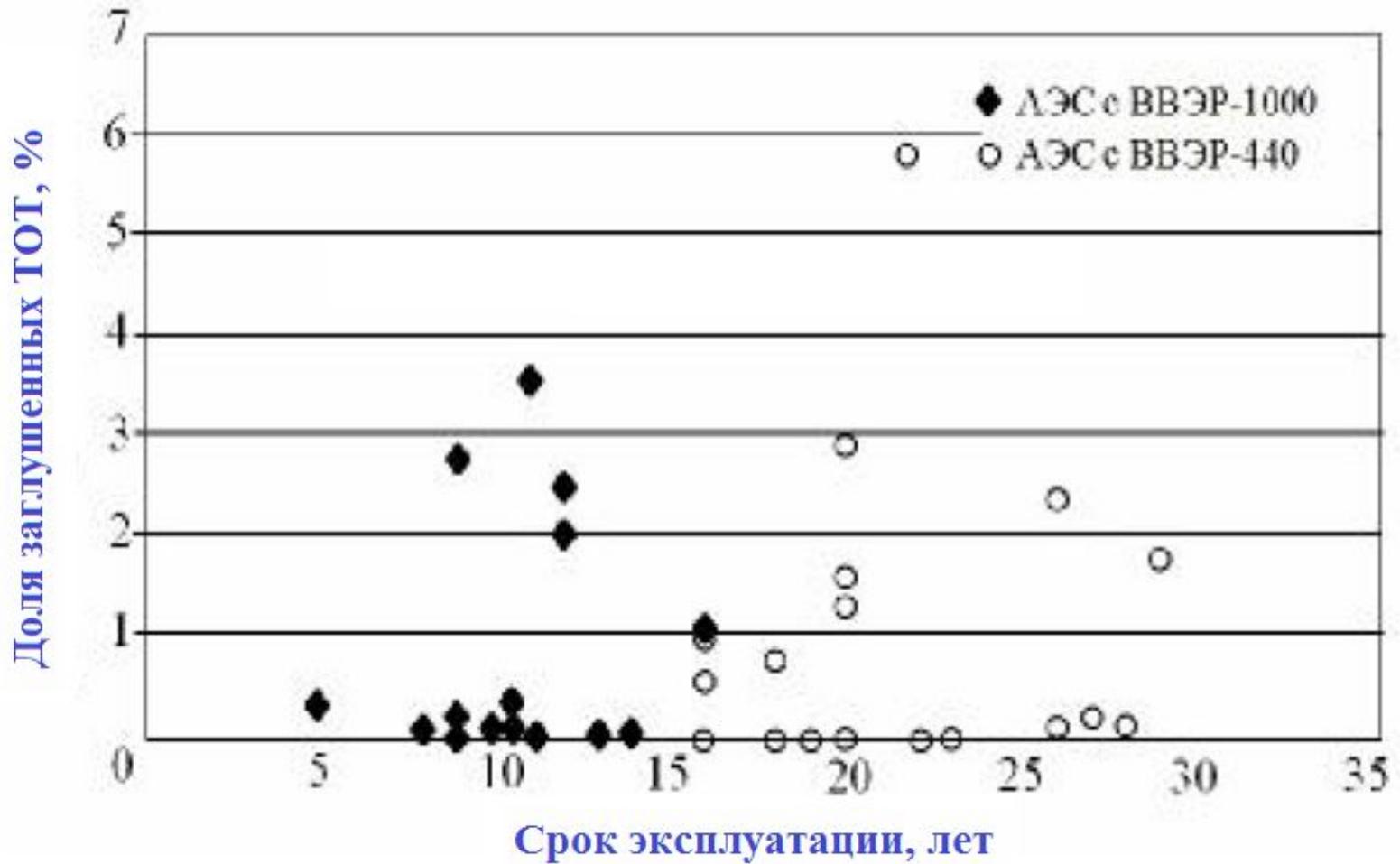
№ блока	Число заглушенных труб					
	№ ПГ					
	1	2	3	4	5	6
НВ АЭС						
3	492	142	177	454	284	220
4	35	49	15	75	33	120
Кольская АЭС						
1	35	42	63	30	31	28
2	22	193	65	32	83	73
3	2	1	3	2	8	2
4	2	4	3	1	1	8

СОСТОЯНИЕ ТОТ ПГ АЭС С ВВЭР-1000

	№ блока	Число заглушенных труб			
		№ ПГ			
		1	2	3	4
Балаковская АЭС	1	5	5	21	31
	2	2	4	4	2
	3	299	287	236	913
	4	2	9	11	12
Волгодонская АЭС	1	0	9	2	5
Калининская АЭС	1	90	98	180	110
	2	1	1	15	0
Нововоронежская АЭС	5	5	18	6	9



СОСТОЯНИЕ ТОГ ПГ АЭС С ВВЭР



ПОВРЕЖДЕНИЯ ТОТ ПГ 3-ГО БЛОКА НОВОВОРОНЕЖСКОЙ АЭС

2 июня 2003 года блок № 3 НВ АЭС аварийно остановлен из-за течи ТОТ в ПГ-4.

После выполненного в ППР-2003 комплекса работ (химическая отмывка ПГ, гидравлическая опрессовка, 100-% ВТК ТОТ, особые критерии глушения, пневмоаквариумный контроль герметичности, ужесточение радиационного контроля) до ППР-2004 парогенераторы 3 блока проработали без замечаний.



ВЫРЕЗКА ТОТ С ДЕФЕКТАМИ ИЗ ПГ

ЮУ АЭС

В 2003 г. из демонтированного ПГ вырезено около 600
дефектных труб



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ НАДЕЖНОЙ И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПГ

- Модернизация системы продувки и водопитания ПГ;
- Модернизация внутрикорпусных устройств ПГ;
- Совершенствование ВХР 2 контура;
- Внедрение усовершенствованной технологии химической промывки;
- Совершенствование контроля трубчатки ПГ и сварного шва №111.

Проблемы, связанные с недостаточной эффективностью системы продувки ПГ

- Невозможность обеспечить достаточный расход продувочной воды для эффективного вывода солей из солевого отсека.
- Локальное скопление шлама между 2-4 дистанционирующими решетками «горячего» канала ПГ.
- Зашламовывание штуцеров ПГ и трубопроводов продувки.





ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ СИСТЕМЫ ПРОДУВКИ ПГ

Мероприятие	Где реализовано	Планы
Разделение продувки «карманов» и «торцов» ПГ с применением электроприводной арматуры	1-3 КлнАЭС 1 ВДАЭС 1,2БалАЭС	3,4 БалАЭС (2004) 3,4,5 НВАЭС(2005-2007) 1-4 КолАЭС (2005-2008)
Модернизация схемы продувки «карманов» ПГ для очистки от шлама с установкой арматура.	1-3 КлнАЭС	1-4 БалАЭС (2005-2007) 3-5 НВ АЭС (2005-2007) 1 ВДАЭС (2005) 1-4 КолАЭС (2005-2007)
Автоматизация регламентов продувки	1-3 КлнАЭС	1-4 БалАЭС (2005-2006) 3-5 НВ АЭС (2005-2007) 1 ВДАЭС (2005) 1-4 КолАЭС (2007)
Демонтаж ограничителей течи на линиях продувки «торцов» ПГ	1-3 КлнАЭС	1-4 БалАЭС(2005-2007) 5 НВ АЭС (2006) 1 ВДАЭС (2006)
Увеличение производительности системы продувки и СВО-5 до 80т/час.	ЮУ АЭС	Все АЭС с ВВЭР-1000 по отдельной программе

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВНУТРИКОРПУСНЫХ УСТРОЙСТВ ПГ ВВЭР-1000

Реализованное мероприятие	Где реализовано	Планы
Реконструкция коллекторов раздачи питательной воды	3 КЛНАЭС 1 ВДАЭС 2 БалАЭС	1,3,4 БалАЭС(2005-2007) 5 НВАЭС (2006)
Установка безбарботажных насадок на погружной дырчатый лист	1 ПГ на ВДАЭС	Решение будет принято по результатам испытаний
Реконструкция системы измерения уровня в ПГ.	1-3 КЛНАЭС 1-4 БалАЭС 1 ВДАЭС	5 НВАЭС (2006)
Установка перегородки на и под погружной дырчатый лист	3 КЛНАЭС 1 ВДАЭС	Решение будет принято по результатам испытаний
Монтаж в ПГ узла продувки «солевого отсека» о трубопроводом не менее Ду50	1-3 КЛНАЭС	1-4 БалАЭС (2005-2007)



МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ВХР

- 1. Введение в действие с 01.08.2004 нового РД по ВХР 2 контура (РД ЭО 0003-03, приказ № 417 от 11.05.2004).**
- 2. Повышение плотности конденсаторов турбин, ТПН, ПНД.**
- 3. Внедрение ВХР 2 контура с дозированием морфолина и моноэтаноламина.**
- 4. Применение во втором контуре оборудования, не содержащего медь и углеродистую сталь.**
- 5. Внедрение систем шарикоочистки конденсаторов турбин.**
- 6. Осуществление научно-технической поддержки ведения ВХР Центром химических технологий ВНИИАЭС.**

НОРМЫ КАЧЕСТВА ПРОДУВОЧНОЙ ВОДЫ III НА АЭС С ВВЭР И РWR

Наименование	ВВЭР		РWR	
	ОСТ 34-37 769-85 (1986 г.)	РД ЭО 0003-03	Westing house (США)	ЭДФ (Франция)
Удельная электрическая проводимость Н-катионированной пробы, при 25°С, мкСм/см, не более	3,0	5,0	0,8	0,5
Концентрация хлоридов, мкг/кг, не более	500	100	20	5
Концентрация натрия, мкг/кг, не более	1000	300	20	3
Концентрация сульфатов, мкг/кг, не более	-	200	20	10
Величина рН25	7,8 – 8,8	8,5-9,2	8,5-9,0	9,0-9,3

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫВКИ ПГ

Технология, предусматривающая добавление щавелевой кислоты применялась на *5 НВАЭС и на Балаковской АЭС.*

Технология на основе этилендиаминтетрауксусной кислоты (ЭДТК), аммиака, перекиси водорода, гидразин-гидрата применялась на *Калининской АЭС.*

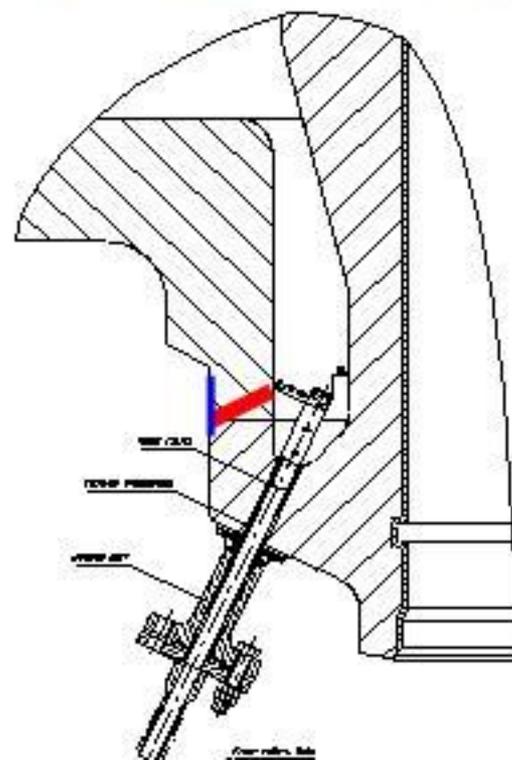
Усовершенствованная технология с добавлением ацетата аммония применяется на *Балаковской АЭС, 3,4 НВАЭС* и имеет следующие преимущества:

- *Более высокая кинетика и полнота растворения медьсодержащей составляющей отложений;*
- *Минимум образования вторичных отложений в процессе промывки;*
- *Простота и технологичность приготовления концентратов растворов химических реагентов ;*
- *Высокая емкость и устойчивость используемых растворов по растворенному железу ;*
- *Возможность создания больших концентраций ЭДТК в исходном концентрате раствора;*
- *Сокращение количества жидких радиоактивных отходов.*



Мероприятия по предотвращению дефектов сварного шва № 111

1. Реконструкция системы продувки «карманов» ПГ.
2. Внедрение системы очистки «карманов» и днищ ПГ от шлама.
3. Обеспечение контроля температурных перемещений оборудования и трубопроводов ГЦК.
4. Внедрение автоматизированного УЗК сварных соединений №111.



Мероприятия по совершенствованию ВТК

- Организовано изготовление на российских предприятиях манипуляторов и зондов для проведения ВТК.
- Предусмотрена поставка двух установок ВТК «Framatome ANP» в 3 квартале 2004г.
- ВНИИАЭС созданы стенды с искусственными и реальными дефектами ТОТ для совершенствования ВТК.
- В соответствии с решением НТС концерна «Росэнергоатом», проведённым 30.03.2004г., планируется:
 - разработка атласа индикаций дефектных труб;
 - разработка и внедрение процедуры аттестации систем ВТК;
 - внедрение модернизированных зондов для проведения ВТК.



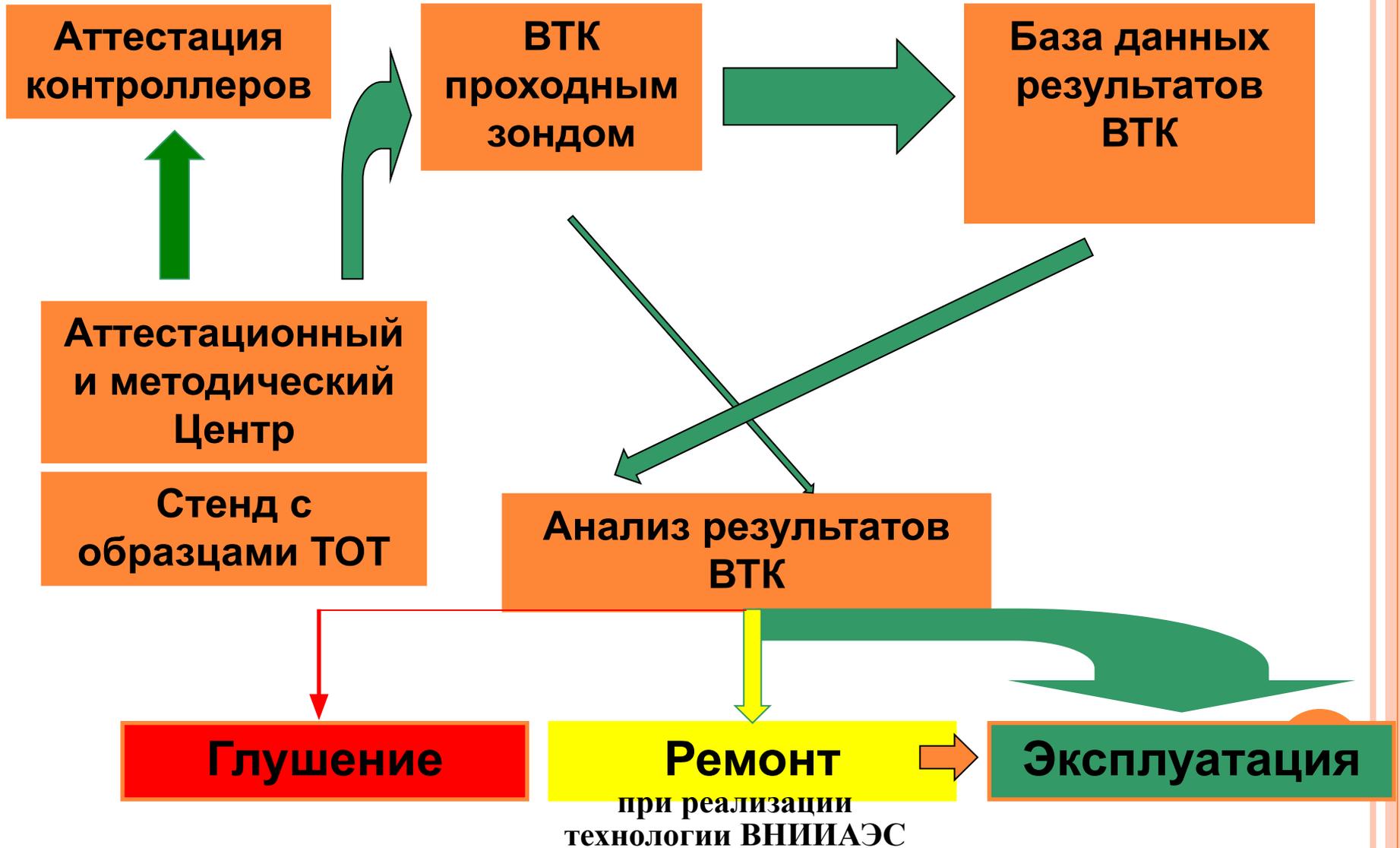
Стенды для совершенствования ВТК

**Внешний вид стенда на
основе образцов ТОТ с
модельными
искусственными
дефектами**



**На основе образцов ТОТ с
реальными дефектами**

ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ТОТ



ОСНОВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ В 2003Г.- 1 ПОЛУГОДИИ 2004Г.

1. Внедрены СШО: турбины на 2 бл. БалАЭС, ТПН на 1 бл. ВДАЭС и 1 бл. БалАЭС.
2. Реализованы запланированные мероприятия по модернизации системы продувки ПГ на 3 блоке КлнАЭС и 1,2 блоке БалАЭС.
3. Разработано и поставлено на НВ АЭС для внедрения в опытно-промышленную эксплуатацию устройство для промывки карманов ПГ.
4. Разработаны и поставлены на КлнАЭС и НВ АЭС манипуляторы для проведения телевизионного осмотра при контроле герметичности ТОТ ПГ.
5. Разработаны и переданы на экспертизу обосновывающие материалы для внедрения ВХР с дозированием морфолина на 1 бл.ВДАЭС.
6. Внедрена усовершенствованная технология промывки ПГ на Балаковской и Нововоронежской АЭС.
7. Созданы стенды с искусственными и реальными дефектами ТОТ для совершенствования ВТК.

ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ НА 2004 Г.

- **Реализовать проекты реконструкции системы продувки ПГ на блоках 3,4 Балаковской АЭС с разделением линий продувки «торцов» и «карманов» ПГ.**
- **Выполнить комплекс работ по продлению срока службы парогенераторов 2 блока Кольской АЭС (оптимизация объемов ВТК в ППР-2004).**
- **Разработать ТЗ для проектов реконструкции системы продувки ПГ АЭС с ВВЭР-440.**
- **Провести испытания опытного образца устройства очистки «карманов» ПГ от отложений.**
- **Подготовить документацию для разработки новых критериев глушения ТОТ.**
- **Выполнить работы по подготовке к внедрению ВХР 2 контура с дозированием морфолина на 1 блоке Волгодонской АЭС.**
- **Разработать технологию изготовления трубных систем теплообменников из дуплексной стали SAF 2205.**



ПРЕДЛОЖЕНИЯ В РЕШЕНИЕ СОВЕЩАНИЯ

- 1. Завершить разработку, утвердить и ввести в действие «Комплексную программу по обеспечению надежной и безопасной эксплуатации ПГ АЭС с ВВЭР-1000 и ВВЭР-440»**

Срок – август 2004 г.

Ответственный – Н.Н.Давиденко

- 2. Согласовать с Министерством природных ресурсов и «Медбиоэкстрем» Минздрава России применения ВХР с дозированием морфолина на первом блоке Волгодонской АЭС.**

Срок – октябрь 2004 г

Ответственный – Н.Н.Давиденко

- 3. При создании новых блоков обеспечивать:**

- исключение из состава конденсатно-питательного тракта оборудования, содержащего медь и углеродистую сталь;**
- оснащение СШО конденсаторов турбин и турбопитательных насосов;**
- завершение реализации утвержденных мероприятий по совершенствованию системы продувки и водопитания ПГ.**

**Ответственные –М.Ф.Рогов
Н.Н.Давиденко**