

Проекты современных АЭС
Потребность в технологиях и сортаменте
трубопрокат
Тенденции и проблемы

Плюсы и минусы стандартной базы отрасли

ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА И БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И ТРУБОПРОВОДОВ АТОМНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК (ПН АЗ Г-7-008-89)

2-е издание, исправленное и дополненное

ПРИЛОЖЕНИЕ 9
(обязательное)

Дата введения
01.01.90

Перечень материалов (полуфабрикатов), допускаемых для

Марка материала	Стандарт или технические условия на материалы	Стандарт или технические	
		Вид полуфабри	
		Листы	Трубы
СтЗст5	ГОСТ 380-88	ГОСТ 14637-79 (прим. 1)	ГОСТ 10706-76 (прим. 10)
10	ГОСТ 1050-74	ГОСТ 16523-70	
15	ГОСТ 1050-74	ГОСТ 1577-81 (прим. 4)	ТУ 14-3-190-82 (прим. 5)
15Л	ГОСТ 977-75	ГОСТ 1577-81 (прим. 4)	
	ТУ 5.961-11151-80		
20	ГОСТ 1050-74	ГОСТ 1577-81 (прим. 4)	ТУ 14-3-190-82 ТУ 95.499-83 (прим. 30)

ТРУБЫ БЕСШОВНЫЕ ИЗ КОРРОЗИОННО-СТОЙКОЙ СТАЛИ
ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ АЭС
СОРТАМЕНТ

ОСТ 24.125.01-89

Детали и сборочные единицы трубопроводов АС
Рраб < 2,2 МПа (22 кгс/см²), t ≤ 350 °С

СОРТАМЕНТ

ОСТ

34-42-658-84

ПЛЮСЫ:

- освоенность технологий по ТУ
- быстрое воспроизводство
- режимы работы и основные размеры деталей определены стандартами

МИНУСЫ:

- база на технологиях 80-х гг. XX века
- ограниченный сортамент даже в сравнении с ГОСТ; угл. и нж. марки сталей
- ограничение режимов работы (Р, t)
- срок службы < 40 лет
- не позволяет реализовать 184-ФЗ:
- технологии под конкретные заводы
- не способствуют инновациям
- отсутствие гармонизации с международными стандартами

Эволюция требований к трубопроводам АЭС

1. Повышенные сроки службы

30 ЛЕТ



50 ЛЕТ



60 ЛЕТ

ВВЭР-ТОИ «РОСАТОМ»

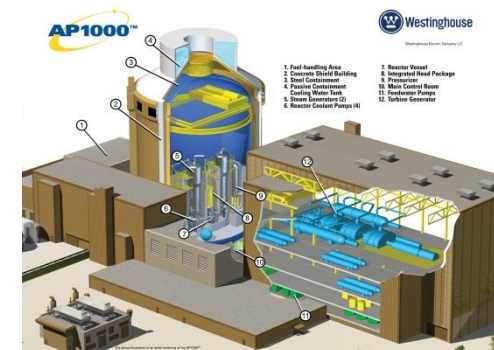


2. Сокращение эксплуатационных затрат и повышение безопасности трубопроводов

- лимитированное содержание Cr в углеродистых и низколегированных сталях $> 0,3\%$;
- снижение эрозионно-коррозионного износа (ЭКИ)

3. Сокращение металлоемкости и стоимости трубопроводов

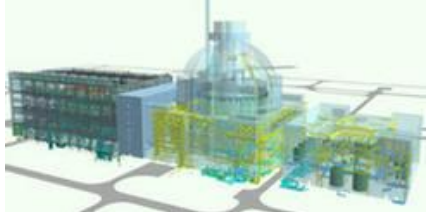
- сокращение металлоемкости $>15\%$ в сравнении с АЭС-2006
- сокращение капитальных вложений трубопроводов на 10...15%



Эволюция требований к трубопроводам АЭС

Основные достижения

ВВЭР-ТОИ «РОСАТОМ»



- СРОК СЛУЖБЫ ТРУБОПРОВОДОВ **40, 60 И БОЛЕЕ ЛЕТ** В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ. **НИОКР**
- СОРТАМЕНТ МАРОК СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ ДОПОЛНЕН **ЛЕГИРОВАННЫМИ** - БОЛЕЕ ПРОЧНЫМИ И КОРРОЗИОННОСТОЙКИМИ
- ОЦЕНКА УМЕНЬШЕНИЯ МЕТАЛЛОЕМКОСТИ ПРОЕКТА ВВЭР-ТОИ В СРАВНЕНИИ С АЭС-2006 СОСТАВЛЯЕТ **20-25%**, В СТОИМОСТНОМ ВЫРАЖЕНИИ **≈ 15%** ОТ СТОИМОСТИ ТРУБОПРОВОДОВ АЭС-2006)
- СОРТАМЕНТ ТРУБОПРОКАТА ПЕРЕСМОТРЕН НА **100%**, СООТВЕТСТВУЕТ **ИСО**, БАЗА - **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ** ПРЕДПРИЯТИЙ ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ И **НИОКР**
- СОРТАМЕНТ ДЕТАЛЕЙ ТРУБОПРОВОДОВ ПЕРЕСМОТРЕН НА **100%**. СОХРАНЕНЫ ВСЕ **ПЛЮСЫ**, УСТРАНЕНЫ ВСЕ **МИНУСЫ** СТАНДАРТОВ ОТРАСЛИ



НИОКР. «Оптимизация выбора конструкционных материалов трубопроводов современных АЭС с ВВЭР»

Для углеродистых марок сталей C_2 за 60 лет – не более 1,0 мм

В проекте достигнуты значения $C_2 = 0,4$ мм

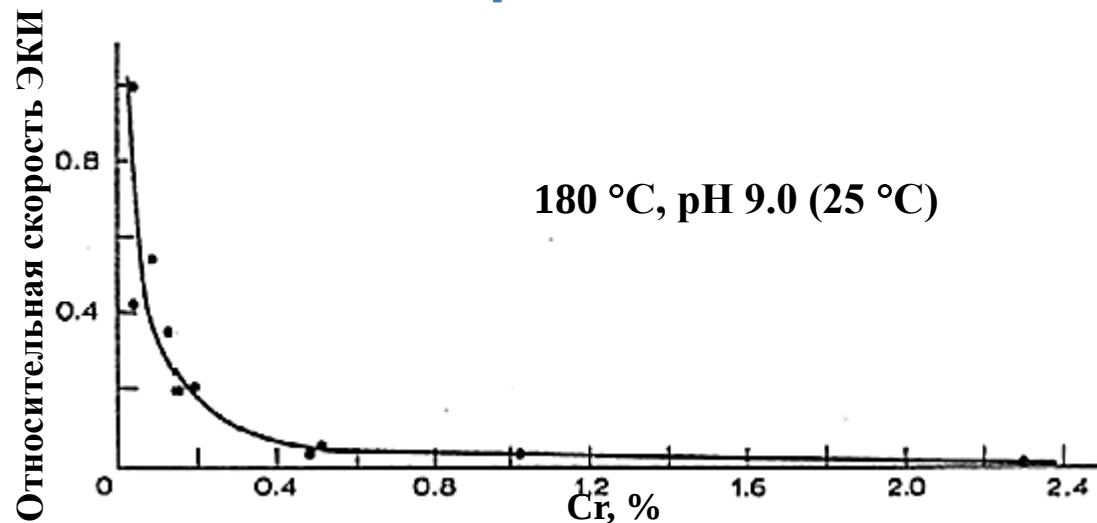
График зависимости скорости ЭКИ от процентного содержания Cr в низколегированных сталях



Разрушение трубопровода

Высокая стойкость к ЭКИ:

- повышены требования ВХР контуров
- применены марки стали с повышенным содержанием Cr – 15XM, 12X1MФ, 15X1M1Ф



Стабилизация скорости износа наблюдается при содержании хрома не менее 0,4%

Химический состав и механические свойства легированных марок сталей

Марка стали	Массовая доля элементов, %										
	C	Mn	Cr	S	P	Mo	V	Nb	Ni	Si	Cu
15XM	0.11-0.18	0.40-0.70	0.80-1.10	≤0.035	≤0.035	0.40-0.55	-	-	≤0.30	0.17-0.37	≤0.30
15X1M1Φ	0.10-0.16	0.40-0.70	1.10-1.40	≤0.025	≤0.025	0.90-1.10	0.20-0.25	-	≤0.25	0.17-0.37	≤0.25

Марка стали	Механические свойства			
	$\sigma_{0,2}$, МПа			
	20 °C	150 °C	250 °C	350 °C
15XM	275	229	228	213
15X1M1Φ	314	304	275	255
08X18H10T	216	196	187	177
20	216	206	196	157
16ГC	245	235	216	177

Разница в толщине стенки используемых марок сталей и перспективных марок сталей для системы паропроводов свежего пара LBA

НВО АЭС-2

Система	Ду	Дн, мм	S, мм	t, °C	P, МПа	Сред а	Марка стали	Масса 1 м трубы, кг
LBA	32	38	3	300	8,10	Пар	16ГС	2,6
LBA	80	89	6	300	8,10	Пар	16ГС	12,3
LBA	300	325	19	300	8,10	Пар	16ГС	143,3
LBA	400	426	24	300	8,10	Пар	16ГС	237,8
LBA	600	630	25	300	8,10	Пар	16ГС	372,8
LBA	800	825	30	300	8,10	Пар	16ГС	587,9

ВВЭР-ТОИ

Система	Ду	Дн, мм	S _{min} , мм	t, °C	P, МПа	Среда	Марка стали	Масса 1 м трубы, кг
LBA	32	42,4	2,6	305	9,00	Пар	15ХМ	2,6
LBA	80	88,9	4	305	9,00	Пар	15ХМ	8,4
LBA	300	323,9	10	305	9,00	Пар	15Х1М1Ф-Ш	77,4
LBA	450	457	14,2	305	9,00	Пар	15Х1М1Ф-Ш	155,0
LBA	600	610	20	305	9,00	Пар	15Х1М1Ф-Ш	290,9
LBA	700	711	22,2	305	9,00	Пар	15Х1М1Ф-Ш	376,9

Снижение металлоемкости, новый сортамент, легированные марки сталей

Система	Ду	ОСТ		Марка стали	Дн, мм	Smin принятая, мм	Дн, мм	Smin принятая, мм	t, °C	Р, МПа	Среда	Марка стали
		Дн, мм	S, мм		Исполнение 2		Исполнение 1					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ФАК	100	108	5	08X18H10T	108	2	114,3	2	60	0,30	Р-р борной к-ты с конц 16 г/кг	08X18H10T
ФАК	200	219	11	08X18H10T	219	2,5	219,1	2,6	60	1,00	Р-р борной к-ты с конц 16 г/кг	08X18H10T
ФАК	300	325	12	08X18H10T	325	5	323,9	5	150	0,10	Р-р борной к-ты с конц 16 г/кг	08X18H10T
FAL	100	108	5	08X18H10T	108	4,5	114,3	4,5	80	0,20	Теплоноситель 1 контура	08X18H10T
FAL	200	219	11	08X18H10T	219	5	219,1	5	150	1,00	Р-р борной к-ты с конц 16 г/кг	08X18H10T
КАА	15	18	2,5	08X18H10T	18	1	21,3	1	45	1,00	Вода промконтура	15XM
КАА	50	57	3	08X18H10T	57	1,5	60,3	1,6	45	0,30	Вода промконтура	15XM
КАА	500	530	8	08X18H10T	530	5	508	5	80	1,00	Вода промконтура	15XM

- ПРИМЕНЕНИЕ НОВЫХ БОЛЕЕ ПРОЧНЫХ И КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ МАРОК СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ:
 - в ряде случаев дает снижение металлоемкости до 50% за счет использования более тонкостенного сортамента
- ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕГИРОВАННЫХ МАРОК СТАЛЕЙ:
 - позволило в ряде контуров АЭС отказаться от неэффективного использования аустенитных сталей с избыточными свойствами
 - позволяет управлять сроком службы трубопроводов
 - позволяет существенно снизить эффекты коррозионно-эрозионного разрушения
 - позволяет сократить эксплуатационные затраты на фильроциклы и простои энергоблока на ремонт и восстановление

Конкурентные преимущества и ставка на инновации: курс разработчиков Проекта «ВВЭР-ТОИ»

- Оптимизация сортамента трубопроката

НИОКР. Разработка общих технических условий, обоснование технологической базы изготовления стальных труб для атомной энергетической промышленности. Срок 2014-2015 гг. База ФНП, **ИСО**.
ОАО «Атомэнергопроект»
ОАО НПО «ЦНИИТМАШ»

- Развитие системы требований к конструкциям деталей и узлов трубопроводов

ИТТ «Детали и сборочные единицы стальных технологических трубопроводов АЭС. Исходные технические требования»
ОАО «Атомэнергопроект»

- Арматура трубопроводная

ОЛПП. Содержат требования к характеристикам арматуры, в том числе учет: нового сортамента, новых материалов, весогабаритных хар-тик
ОАО «Атомэнергопроект»

Конкурентные преимущества и ставка на инновации: международный сортамент ИСО



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р ИСО

3183-

2009

ТРУБЫ СТАЛЬНЫЕ ДЛЯ ТРУБОПРОВОДОВ
НЕФТЯНОЙ И ГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Table 1 — Dimensions for tubes and accessories

Dimensions in millimetres

Outside diameter Series 1	Ranges of preferred thickness						
	A	B	C	D	E	F	G
76,1	1,6	2,3	2,6	2,6	2,9	5	7,1
88,9	2	2,3	2,9	2,9	3,2	5,6	8
114,3	2	2,6	2,9	3,2	3,6	6,3	8,8
139,7	2	2,6	3,2	3,6	4	6,3	10
168,3	2	2,6	3,2	4	4,5	7,1	11
219,1	2	2,6	3,6	4,5	6,3	8	12,5
273	2	3,6	4	5	6,3	10	14,2
323,9	2,6	4	4,5	5,6	7,1	10	16
355,6	2,6	4	5	6,3	8	11	17,5
406,4	3	5	5,6	7,1	8	12,5	20
457	3	5	6,3	8	9	14,2	22,2
508	3	6,3	8	10	11	16	25

[5] ИСО 4200²⁾. Трубы стальные с гладкими концами, сварные и бесшовные. Общие таблицы размеров и масс на единицу мерной длины

(ISO 4200, Plain end steel tubes, welded and seamless — General tables of dimensions and masses per unit length)

[6] ASME B36.10M³⁾, Welded and seamless wrought steel pipe

08X18H10T

S_{min} принятая, мм

Ду	Дн, мм	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.3	2.6	2.9	3.2	3.6	4
6	13.5	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-
10	17.2	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
15	21.3	+	+	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-
20	26.9	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
25	33.7	-	-	-	+	-	+	-	+	-	+	-	-
200	219.1	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-
250	273	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
300	323.9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
350	355.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

08X18H10T

S_{min} принятая, мм

Ду	Дн, мм	1	1.2	1.4	1.5	1.8	2	2.2	2.5	3	3.2	3.5	4	4.5	5	5.5	6
6	10	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	14	+	+	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15	18	+	-	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
20	25	+	+	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
100	108	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
125	133	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-
150	159	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	+	-	-

Конкурентные преимущества и ставка на инновации: арматура

Арматура трубопроводная

Решение о методике оценки нагрузок на патрубки от трубопроводов по сортаменту ИСО

Миниатюризация

Соосность патрубков

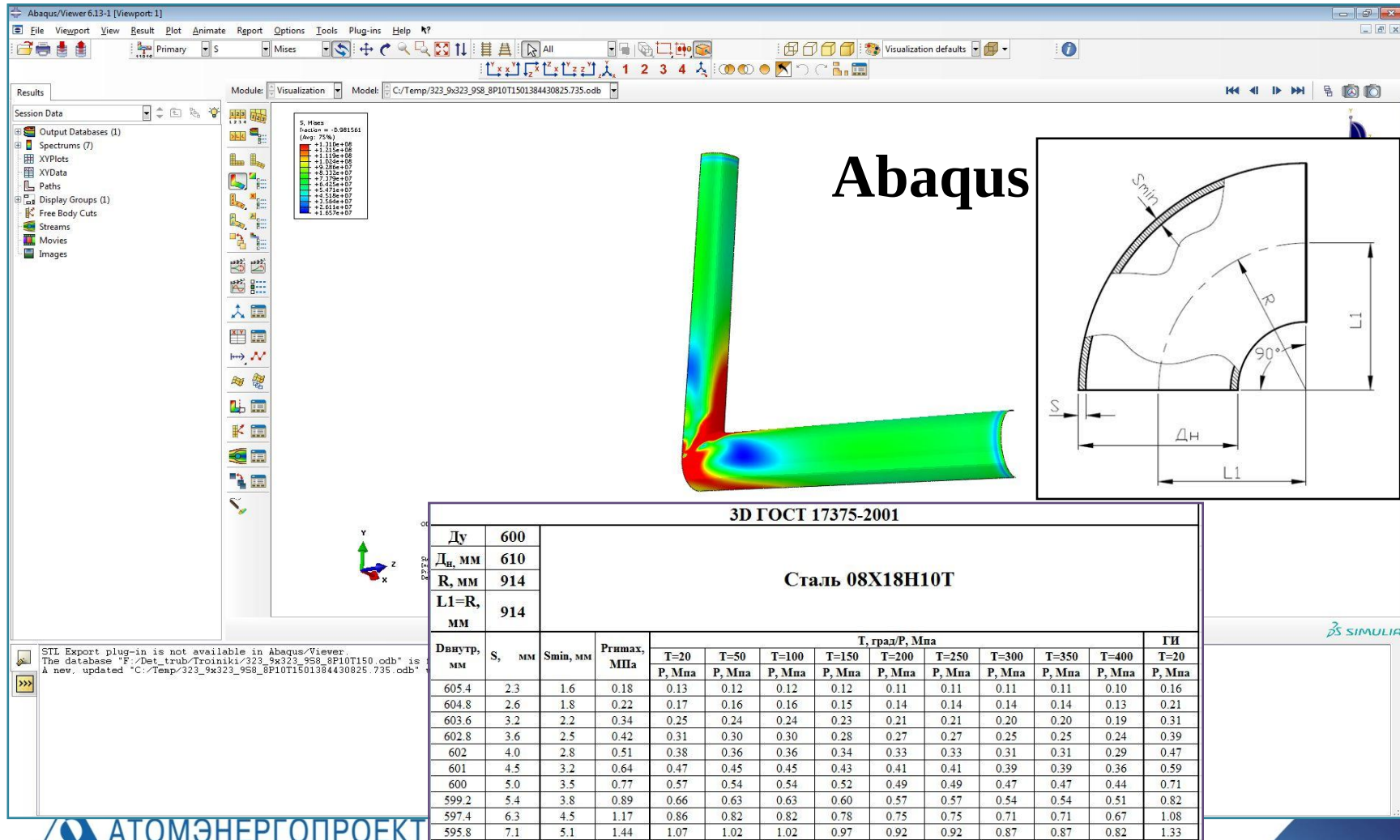
Возможность крепления к
строительной части
(в том числе приводах)

№/No	s	Наименование показателя / Parameter Description	Значение / Value	Ед. изм.* / UoM*
1		Сведения об объекте / Project Details		
1.1		Объект / Project		
1.2		Блок / Unit		
1.3		Здание / Building		
1.4		Отметка / Elevation		
1.5		Помещение / Room		
1.6		Система / System		
2		Характеристики места установки и исполнение в части воздействия климатических факторов /Location Features and Version Pertaining to Climatic Exposure		
2.1		Тип атмосферы на объекте применения по ГОСТ 15150-69 / Type of atmosphere at the project as per GOST 15150-69		
2.2		Условия хранения по ГОСТ 15150-69 / Storage conditions as per GOST 15150-69		
5		Основные проектные параметры и характеристики / Main Design Parameters and Characteristics		
5.1		Диаметр номинальный / Nominal diameter	mm	
5.2		Рабочее давление / Operating pressure		
5.3		Расчетное давление / Design pressure		
5.4		Расчетная температура / Design temperature		
5.23		Тип присоединения / Type of connection	Сварка	
5.24		Материал трубопровода / Material of pipeline	15XM	
5.25		Диаметр стыкуемого трубопровода, Ø / Diameter of abutting pipeline, Ø	508	mm
5.26		Толщина стенки трубопровода, S/ Pipeline wall thickness, S	5	mm

Поля заполняется проектировщиком / Fields to be filled by the Designer
Поля заполняется разработчиком оборудования / Fields to be filled by the Equipment Designer
Поля могут заполняться проектировщиком и уточняться разработчиком / Fields can be filled by the Designer and specified by the Developer

Новые грани кооперации разработчиков проектов АЭУ и инновационных лидеров промышленности

Развитие компетенций участников жизненного цикла трубопровода АЭУ



Новые грани кооперации разработчиков проектов АЭУ и инновационных лидеров промышленности

Задание на изготовление и поставку трубопроводов

Со схемы **PID**: материал (угл.,нж.);
рабочие параметры (P, t); Ду

Конструктор: марка стали, срок службы,
C2, C1, сортамент ДнхS, Smin
**SCH=F(P, t, сталь, C1, C2, Исполнение 1(2),
форм-фактор, утонение)**

Аттестация технологии изготовления,
сварки. Разработка РКД, вкл. детальные
чертежи на основе стандартов и их
аналогов;
Разработка стыковки деталей между
собой и с арматурой по
ПНАЭ Г-7-008..010, действующим
стандартам отрасли

ПРОЕКТ, ДЕТАЛЬНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ,
ВЫБОР ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ

Разработчик
проекта АЭУ

Стандарты

Аналоги стандартов деталей
ГОСТ 14375..78, ОСТ 24.125...
ОСТ 34-10-

Детали и узлы трубопроводов

Предприятие
изготовитель
трубопроводов

Новые грани кооперации разработчиков проектов АЭУ и инновационных лидеров промышленности

ВЫВОДЫ:

- Стандарты отрасли и стандарты СРО не позволяют выполнить проекты трубопроводов АЭС на современном уровне требований;
- Федеральные нормы и правила базируются на технологиях конкретных предприятий изготовителей, не переиздавались почти 25 лет;
- Новым проектам требуются тонкостенные трубы, выполненные с использованием современных технологий трубопроката и повышенного качества;
- Изменения в сторону международных стандартов ИСО неизбежны.
- Должна выстроиться более плотная кооперация разработчиков проекта и предприятий промышленности для использования современных технологий изготовления трубопроводов, в том числе по чертежам Заказчика;
- Требуется форсирование НИОКР по аттестации технологии изготовления и проведения ускоренных испытаний нового сортамента;

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Докладчик:

Заместитель начальника БКП-6

ОАО «Атомэнергопроект»

Мишин Евгений Борисович

e-mail: bkp6@aep.ru, mishin_EB@aep.ru

Адрес: 105005, г. Москва,
ул. Бакунинская, д. 7, стр. 1

+7 (499) 949-45-45

news@aep.ru

www.aep.ru