



СИЛОВЫЕ МАШИНЫ

созидающая энергия

**Проект «АЭС-2006»  
Паровая турбина К-1200-6,8/50  
для Нововоронежской АЭС-2  
и Ленинградской АЭС-2**



Филиал ОАО «Силовые машины» «ЛМЗ»

Санкт-Петербург  
20 марта 2008г.

## Содержание

1. Паровые турбины производства ОАО «Силовые машины».
2. Опыт и динамика в создании быстроходных паровых турбин для АЭС большой мощности на ОАО «Силовые машины».
3. Мощные паровые турбины ОАО «Силовые машины» для зарубежных АЭС.
4. Турбоустановка К-1200-6,8/50 для «АЭС-2006».
5. Технические решения, обеспечивающие высокую конкурентоспособность турбоустановки К-1200-6,8/50 (включая увеличение  $N_g$  до 1198,8 МВт)
6. Сравнение основных характеристик турбин ОАО «Силовые машины» и фирмы «Alstom» для НВАЭС-2.
7. Заключение.



## Конденсационные турбины

K-25-2,5	K-50-90-3M	K-100-90-7	K-200-181-1	K-215-130-1(2)	K-225-130-2M	K-300-240-3	K-325-240	K-500-170	K-660-247
K-40-62	K-50-90-4	K-110-140	K-210-130-8	K-225-12,8	K-235-130-3M	K-315-240-1	K-330-240	K-500-240-4	K-800-240-5
K-55-90	K-55-8,8	K-165-130	K-210-130-6-M	K-225-12,8-P	K-300-170	TK-330-240-3M	K-450-130	K-520-170	K-850-23,5
K-55-60	BK-100-6M	K-200-130-7(9)	K-210-130-MT	K-255-16.2-2	K-300-170-1P	K-325-16,7	K-500-166-1	K-520-240	K-1200-240-3

## Теплофикационные турбины (без промперегрева)

T-25/30-3,4 T-50/60-8,8 T-115-8,8  
T-120-8,8 T-120-12,8 T-30-2,9  
T-60-112

## Турбины с противодавлением

P-25-90/30 P-50-90/13 P-50/60-12,8/1,3-2  
P-25-8,8-2 P-50-8,8/1,0 P-50/60-130/10-2  
P-25-90/18 P-85-8,8/0,2

## Конденсационные турбины с отбором пара на теплофикацию

КТ-115-8,8-1(2) КТ-120/140-12,8  
КТ-120-12,8 КТ-330-240

## Турбины для ПГУ

K-80-7,0 T-130/160-12,8 K-167-107  
K-110-6,5 T-150-7,7 K-180-8,0

## Теплофикационные турбины (с промперегревом)

T-140-145 T-180/210-130-1  
T-180/215-130-1 T-185/220-12,8-1(2)

## Теплофикационные турбины с производственными и теплофикационными отборами

ПТ-30-3,4/0,6	ПТ-30-2,9/0,8	ПТ-35-8,8	ПТ-35/40-8,8	ПТ-30-2,9-2	ПТ-65/75-130/13	ПТ-65-130/22	ПТ-80/100-130/13
ПТ-30-8,8	ПТ-30/40-2,9	ПТ-35/55-8,8	ПТ-35/55-3,2	ПТ-40/50-8,8	ПТ-65/75-8,8/1,1	ПТ-65/75-90/13	

## Турбины для атомных электростанций (АЭС)

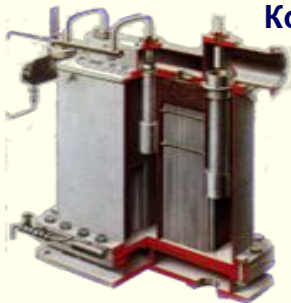
K-200-130 K-800-130/3000 K-1000-60/3000 K-1000-60/3000-2 K-1000-60/3000-3 K-1200-6,8/50

**ОАО «Силловые машины» изготавливают паровые турбины собственных конструкций мощностью 25 - 1200 МВт для тепловых станций.**

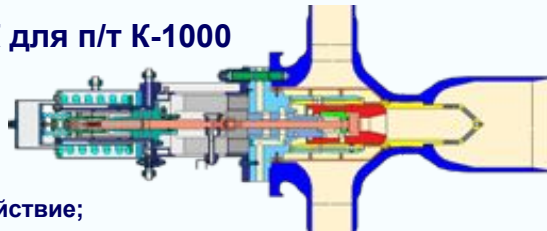
- Всего разработано 115 типов паровых турбин
- ОАО «Силловые машины» имеют 25 летний опыт проектирования и эксплуатации конкурентоспособных мощных паровых турбин для АЭС

Эжекторы пароструйные  
Эжекторы водоструйные

Конденсаторы  
пара  
уплотнений



БРУ-К для п/т К-1000



- Быстродействие;
- Конструктивное исполнение всех деталей из нерж. стали
- Разнесение уплотнительных и регулирующих поверхностей в клапане.

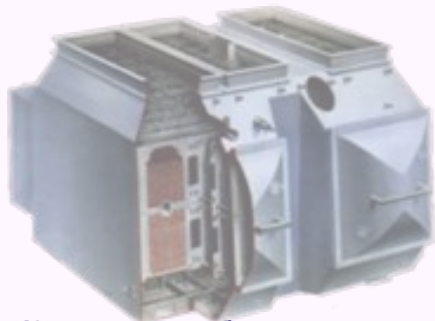
Фильтры



Клапаны

(обратные,  
предохранительные,  
регулирующие)

Главные конденсаторы  
турбин мощностью  
25 – 1200 МВт



- Крепление труб: вальцовка и сварка
- Материалы труб: титан, нерж. сталь, медные сплавы
- Охлаждающая поверхность от 1750 м<sup>2</sup> до 120000 м<sup>2</sup>
- Блочно-модульная конструкция

**Теплообменное и  
вспомогательное  
оборудование  
паровых турбин**

Подогреватели  
сетевые и регенеративные



- Поверхность теплообмена 150 -5000 м<sup>2</sup>
- Полная сборка и испытание на заводе
- Материал труб – нерж. сталь

Маслоохладители  
Водо-водяные  
теплообменники



- Поверхность теплообмена 10 -700 м<sup>2</sup>
- Материал труб – нерж. сталь
- Наружное оребрение труб

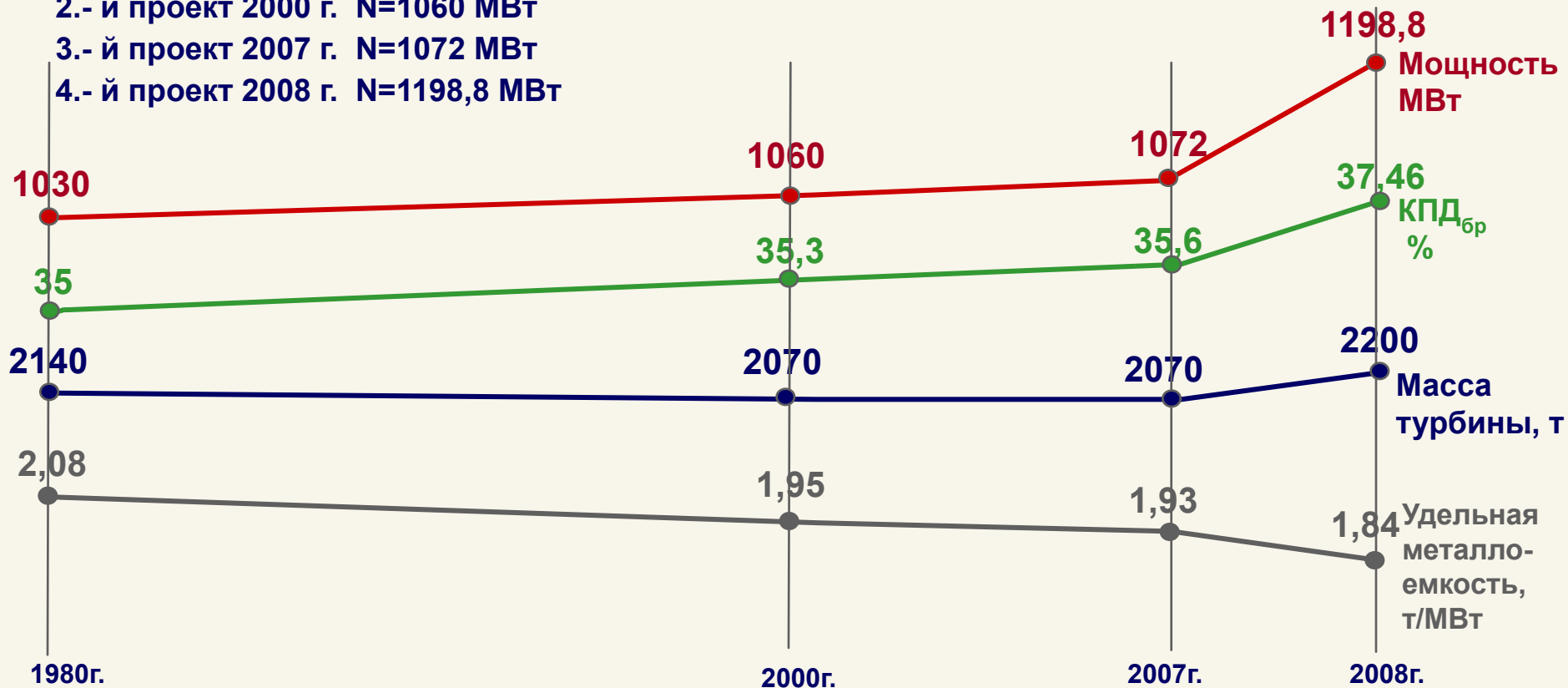
## Паровые турбины ОАО «Силловые машины» для АЭС

№	Турбина		Место установки		Мощность, МВт	Начальное давление, МПа	Температура пара, °С		Год ввода	Примечание
	Тип	Наименование станции	страна				Свежий пар	Промпрегрев		
1	К-200-130	Белоярская АЭС ст. № 1	СССР (Россия)		210	12,8	500	500	1980	
2	К-200-130	Белоярская АЭС ст. № 2	СССР (Россия)		210	12,8	500	500	1980	
3	К-200-130	Белоярская АЭС ст. № 3	СССР (Россия)		210	12,8	500	500	1980	
4	К-1000-60/3000	Ровенская АЭС ст. № 5	СССР (Украина)		1000	5,9	274	250	1986	
5	К-1000-60/3000	Ровенская АЭС ст. № 6	СССР (Украина)		1000	5,9	274	250	2004	
6	К-1000-60/3000	Хмельницкая АЭС ст. № 1	СССР (Украина)		1000	5,9	274	250	1987	
7	К-1000-60/3000	Хмельницкая АЭС ст. № 2	СССР (Украина)		1000	5,9	274	250	2005	
8	К-1000-60/3000	Южно-Украинская АЭС ст. №3	СССР (Украина)		1000	5,9	274	250	1989	
9	К-1000-60/3000	Крымская АЭС	СССР (Украина)		1000	5,9	274	250		Не смонтирована
10	К-1000-60/3000	Калининская АЭС ст. №3	СССР (Россия)		1000	5,9	274	250	2005	
11	К-1000-60/3000	АЭС Тяньвань ст. № 1	Китай		1000	5,9	274	250	2007	Коммерческая эксплуатация
12	К-1000-60/3000	АЭС Тяньвань ст. № 2	Китай		1000	5,9	274	250	2007	Коммерческая эксплуатация
13	К-1000-60/3000-3	АЭС Бушер ст. № 1	Иран		1000	5,9	274	240		Смонтирована
14	К-1000-60/3000-2	АЭС Куданкулам ст. № 1	Индия		1000	5,9	274	250		В монтаже
15	К-1000-60/3000-2	АЭС Куданкулам ст. № 2	Индия		1000	5,9	274	250		В монтаже

# Опыт и динамика в создании быстроходных паровых турбин для АЭС на ОАО «Силловые машины»



- 1.- й проект 1978 г. N=1030 МВт
- 2.- й проект 2000 г. N=1060 МВт
- 3.- й проект 2007 г. N=1072 МВт
- 4.- й проект 2008 г. N=1198,8 МВт



Южно-Украинская АЭС  
Хмельницкая АЭС  
Ровенская АЭС (Украина)

Тяньваньская АЭС  
блок 1, 2 (Китай)

АЭС «Белене»  
Болгария (проект)

Нововоронежская АЭС  
ЛАЭС-2 (проект)

**Вывод: ОАО «Силловые машины» обладают опытом и потенциалом по проектированию, изготовлению, монтажу и пусконаладочным работам мощных быстроходных паровых турбин для АЭС. Накопленный опыт позволяет создавать конкурентоспособные паровые турбины.**



**АЭС «Тяньвань», Китай**



**АЭС «Тяньвань», Китай**

2006 – пуск блока № 1

2007 – пуск блока № 2

**АЭС «Куданкулам», Индия**

2008 – намечен пуск блока

**АЭС «Бушер», Иран**

2008 – намечен пуск блока

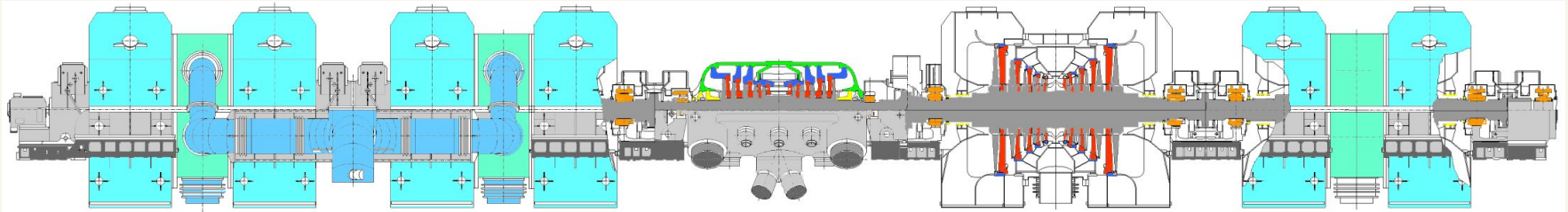
**АЭС «Куданкулам», Индия**



**АЭС «Бушер», Иран**



## Паровая турбина К-1000-60/3000 для АЭС «Тянь-Вань» (Китай).

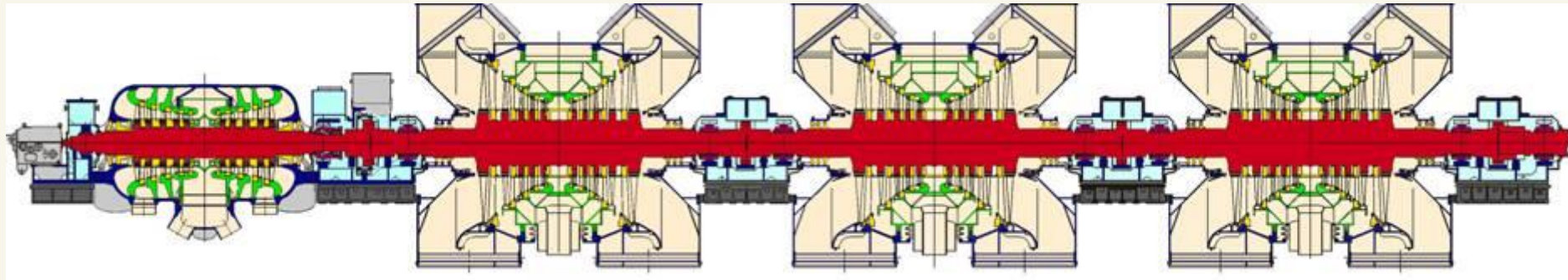


*Начальное давление пара, МПа* 5,88  
*Начальная температура пара, °С* 274,3  
*Расход пара, т/ч* 5870  
*Давление промперегрева, МПа* 0,5  
*Температура промперегрева (перед ЦНД), °С* 250

*Температура питательной воды, °С* 218  
*Температура охлаждающей воды, °С* 18  
*Давление в конденсаторе, МПа* 0,00465  
*Мощность электрическая генератора  
турбоустановки с электроприводным  
питательным насосом, МВт* 1060



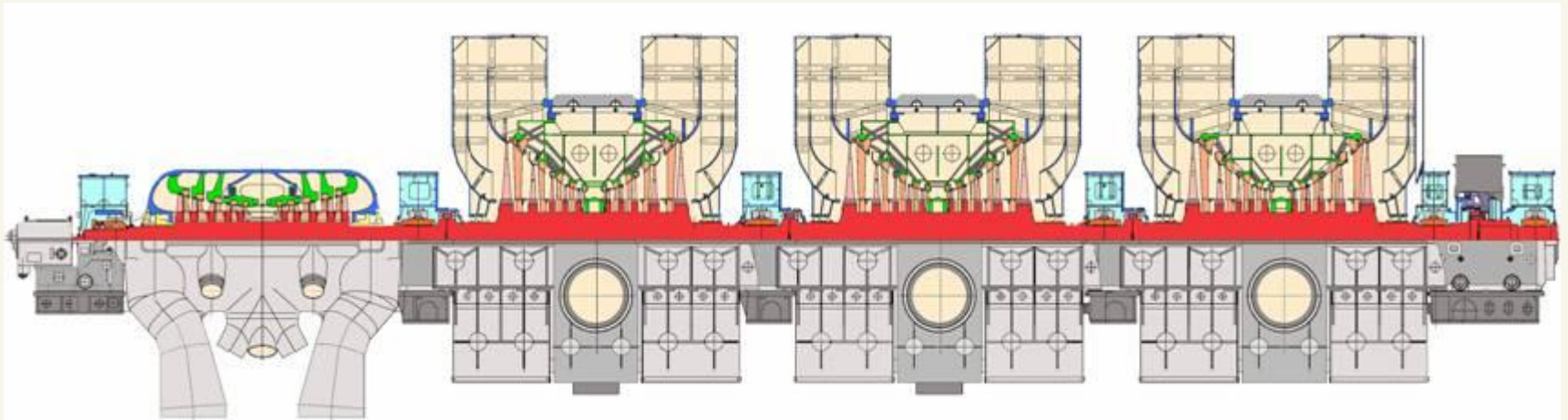
## Паровая турбина К-1000-60/3000-2 АЭС «Куданкулам» (Индия)



*Начальное давление пара, МПа* 5,88  
*Начальная температура пара, °С* 274,3  
*Расход пара, т/ч* 5980  
*Давление промперегрева, МПа* 0,713  
*Температура промперегрева (перед ЦНД), °С* 250

*Температура питательной воды, °С* 223,8  
*Температура охлаждающей воды, °С* 31  
*Давление в конденсаторе, МПа* 0,0081  
*Мощность электрическая на  
клеммах генератора, МВт* 995

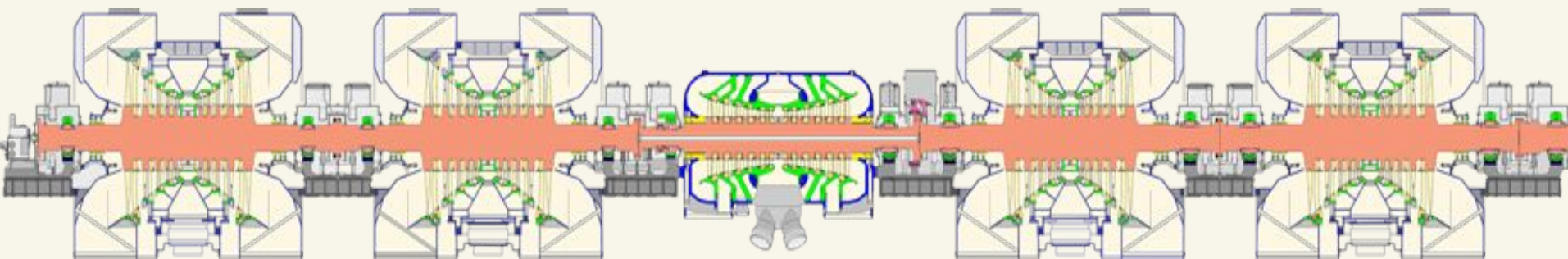
## Паровая турбина К-1000-60/3000-3 для АЭС «Бушер» (Иран)



<i>Начальное давление пара, МПа</i>	<b>5,88</b>
<i>Начальная температура пара, °С</i>	<b>274,3</b>
<i>Расход пара, т/ч</i>	<b>5980</b>
<i>Давление промперегрева, МПа</i>	<b>0,712</b>
<i>Температура промперегрева (перед ЦНД), °С</i>	<b>250</b>

<i>Температура питательной воды, °С</i>	<b>223,8</b>
<i>Температура охлаждающей воды, °С</i>	<b>28</b>
<i>Давление в конденсаторе, МПа</i>	<b>0,00755</b>
<i>Мощность электрическая генератора турбоустановки с электроприводным питательным насосом, МВт</i>	<b>1014</b>

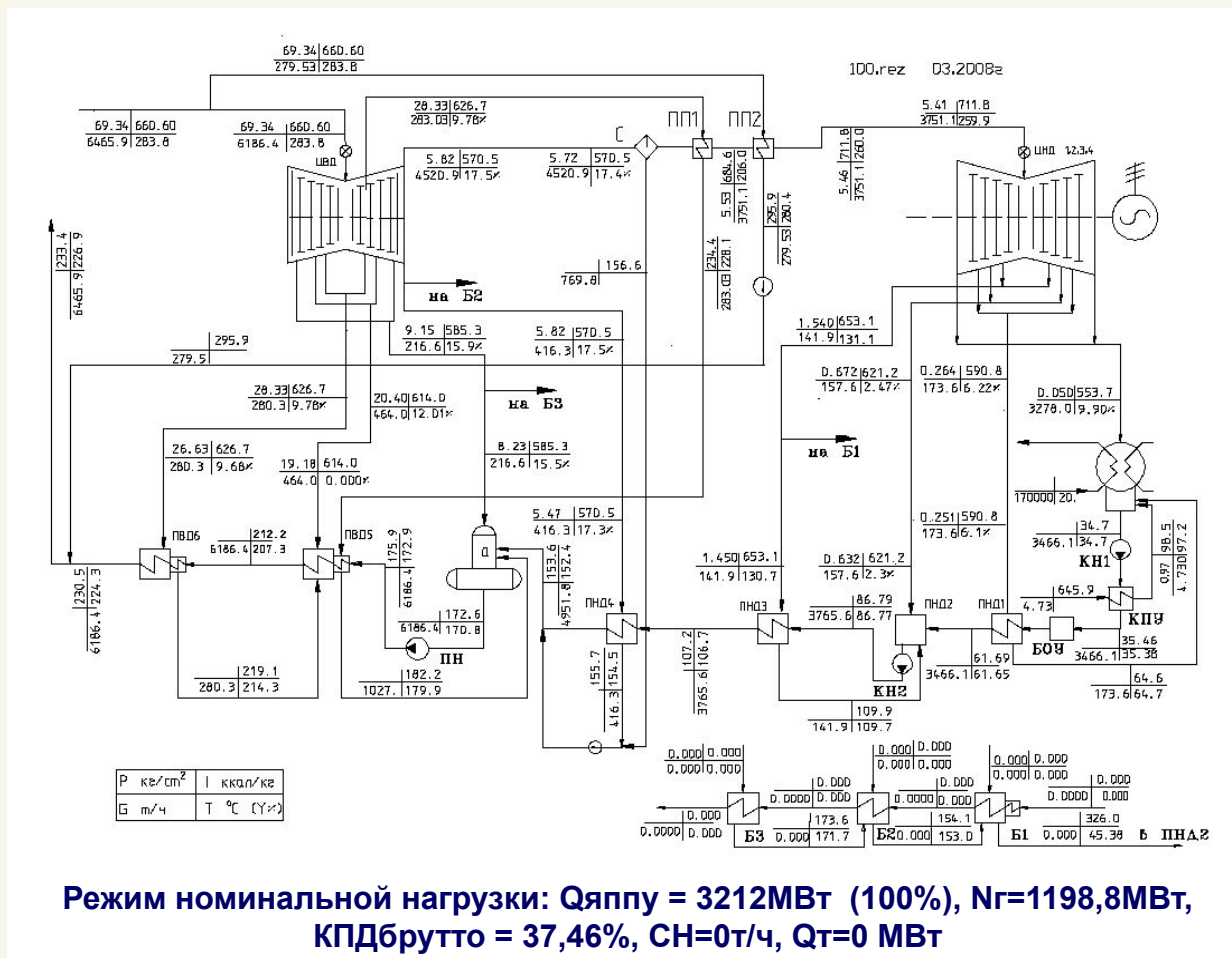
## Основные технические характеристики головного образца турбины



Давление свежего пара	6,8 МПа
Влажность / температура свежего пара	0,5% / 283,8°С
Расход пара	6466 т/ч
Расчетная температура охлаждающей воды, тов	20 °С
Давление в конденсаторе, Рк	4,9 кПа
Электрическая мощность на клеммах генератора, Nг	1198,8 МВт

Скорость вращения ротора	3000 об/мин
Количество ступеней в проточной части:	
в ЦВД	2x6=12
в ЦНД	4(2x5)=40
РЛ последней ступени	1200 мм (усиленная)
Суммарная площадь выхлопа	90,4 м <sup>2</sup>
Длина турбины	53 м
Вес турбины	2200 т

## Принципиальная тепловая схема турбоустановки



В тепловой схеме приняты типовые решения, применяемые в турбоустановках АЭС большой мощности:

- развитая система регенерации (7 ступеней)
- применение смешивающего ПНД
- закачка конденсата греющего пара СПП в тракт питательной воды

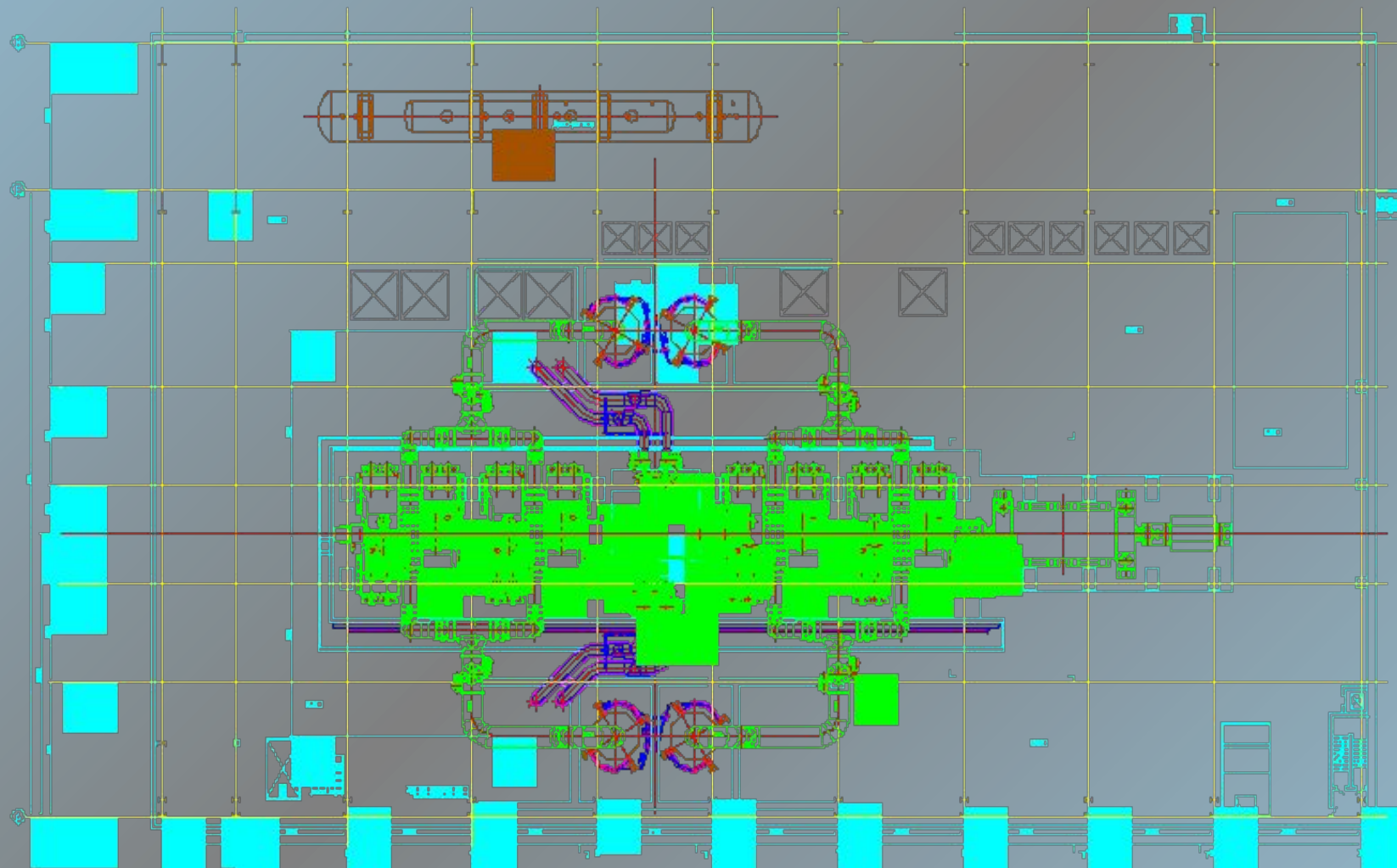
Для турбоустановки К-1200-6.8/50 принят СПП с двухступенчатым перегревом пара

Компоненты тепловой схемы освоены в производстве и отработаны в эксплуатации (турбина, конденсатор, теплообменное и насосное оборудование)



## Планы компоновки АЭС-2006

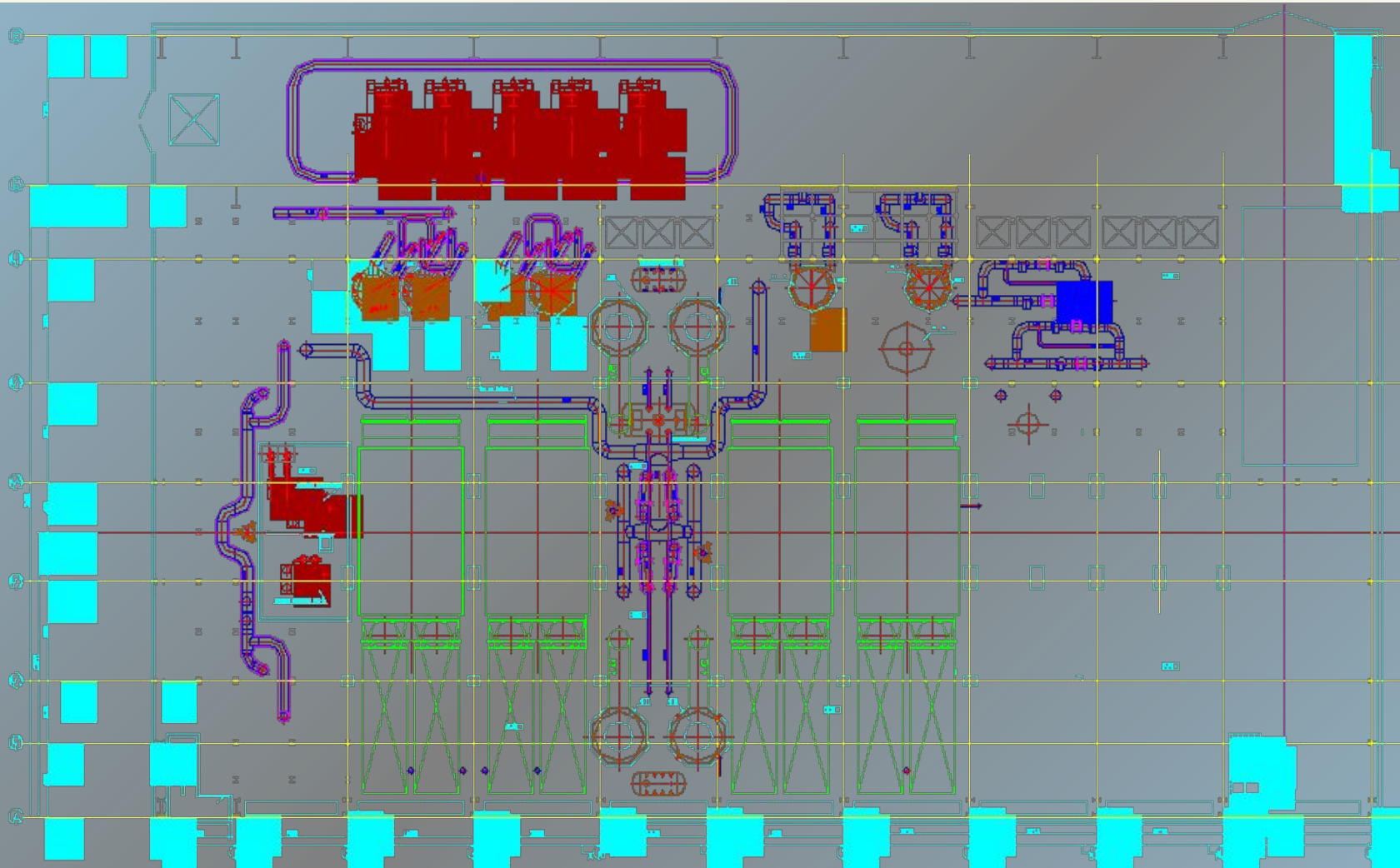
### План на отметке 16.00 м





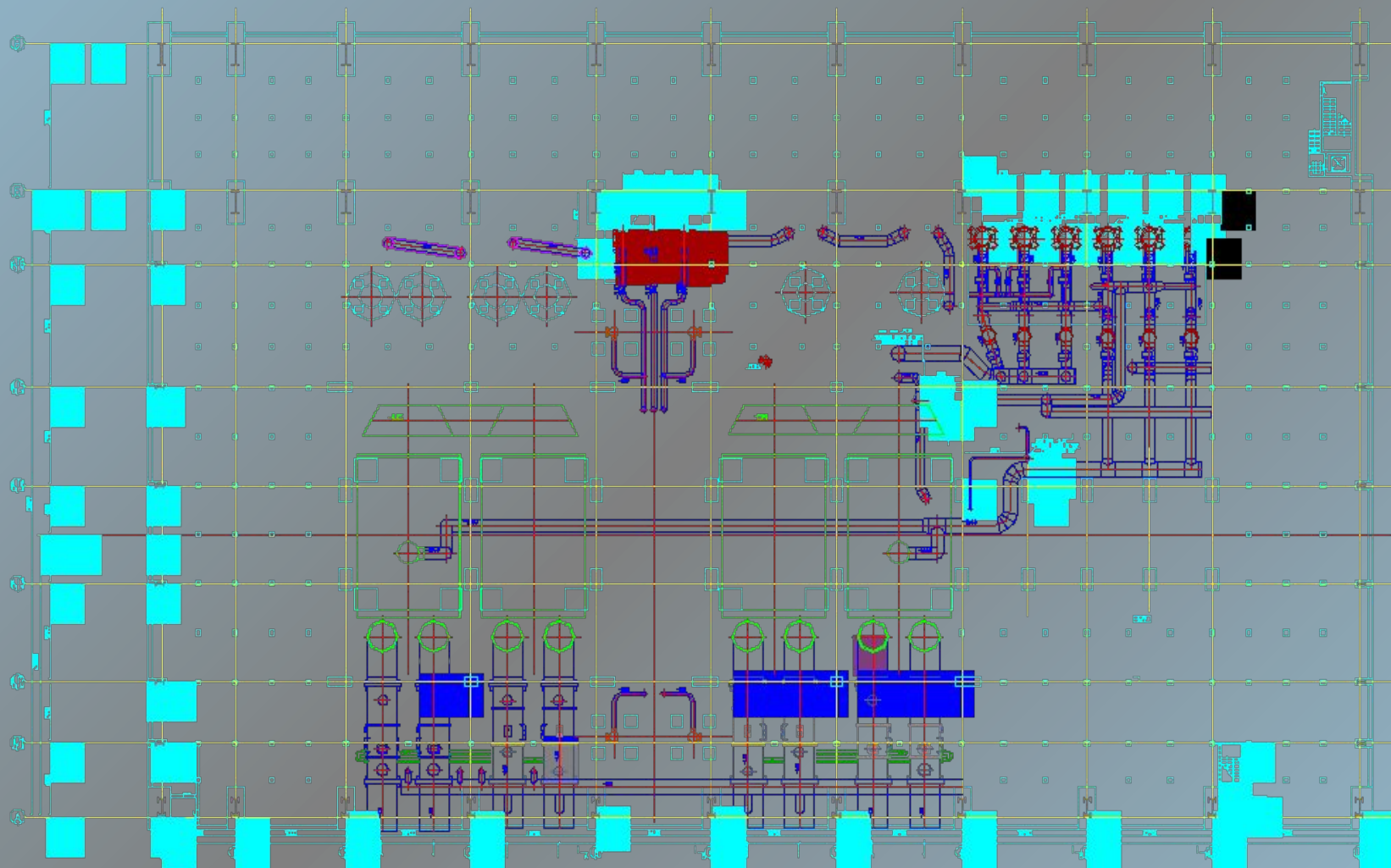
## Планы компоновки АЭС-2006

### План на отметке 8.00 м



## Планы компоновки АЭС-2006

### План на отметке -6.00 м



Наименование технического решения	Влияние на: экономичность (Э) надежность (Н) ремонтоспособность (Р) сроки монтажа (С)	Применение у конкурентов	Референция СМ
<b>Турбина</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Пароподвод в ЦВД и ЦНД в нижнюю половину</li> <li>• Корпус ЦВД из нержавеющей стали</li> <li>• Направляющие лопатки с тангенциальным навалом</li> <li>• Цельнокованные РВД и РНД</li> <li>• Материал рабочих лопаток последней ступени ЦНД – ВТ-6</li> <li>• Возможность снятия концевых уплотнений ЦНД без разборки цилиндров, уменьшение радиальных зазоров</li> <li>• Высокоэкономичные паровпускные и паровыпускные патрубки ЦВД и ЦНД.</li> <li>• Высокоэкономичные подшипники.</li> <li>• Возможность подбалансировки роторов без вскрытия цилиндров</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Р+Н Н Э Н Н  Э+Р+Н Э  Э Р+Н</p>	<p style="text-align: center;">Частично Частично Частично Частично Нет  Частично Частично  Частично Да</p>	<p style="text-align: center;">Применено Применено Частично Применено Применено  Частично Частично  Применено Применено</p>
<b>Вспомогательное оборудование</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Конденсатор модульной конструкции с титановыми трубками</li> <li>• Быстродействующие и малошумные клапаны БРУ-К</li> </ul>	<p style="text-align: center;">С+Н  Н</p>	<p style="text-align: center;">Частично  Частично</p>	<p style="text-align: center;">Применено  Применено</p>
<b>Тепловая схема</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• СПП с 2-х ступенчатым перегревом</li> <li>• ПНД-2 смешивающего типа</li> <li>• Применение КГТН для закачки конденсата в тракт питательной воды</li> </ul>	<p style="text-align: center;">Э Э+Н Э+Н</p>	<p style="text-align: center;">Частично Нет Нет</p>	<p style="text-align: center;">Нов. реш-е Применено Применено</p>

## Повышение надежности и ремонтпригодности

### ЦВД

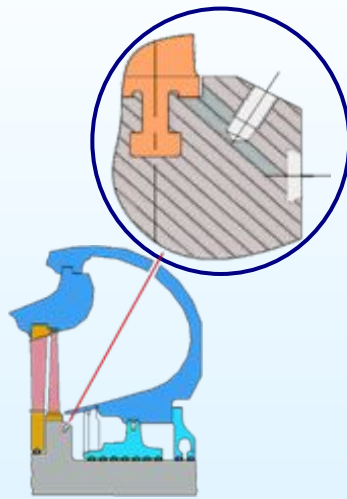
Пароподвод и отвод пара только в нижней части.



- Отсутствие фланцевых соединений. Соединение сваркой.
- Оптимизация компоновочных решений.
- Сокращение сроков ремонта.

### РВД

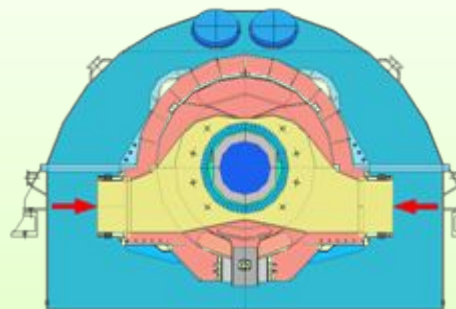
Балансировочный пояс



- Возможность подбалансировки роторов без вскрытия цилиндров.
- Сокращение сроков ремонта.

### ЦНД

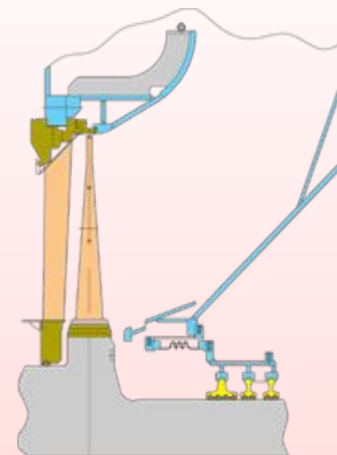
Пароподвод только в нижней части корпуса.



- Отсутствие труб в верхней половине.
- Оптимизация компоновочных решений.
- Сокращение сроков ремонта.

### ЦНД

Устройство концевых уплотнений.



- Возможность замены колец концевых уплотнений без вскрытия крышки.
- уменьш. зазоры
- Сокращение сроков ремонта.



## Повышение надежности

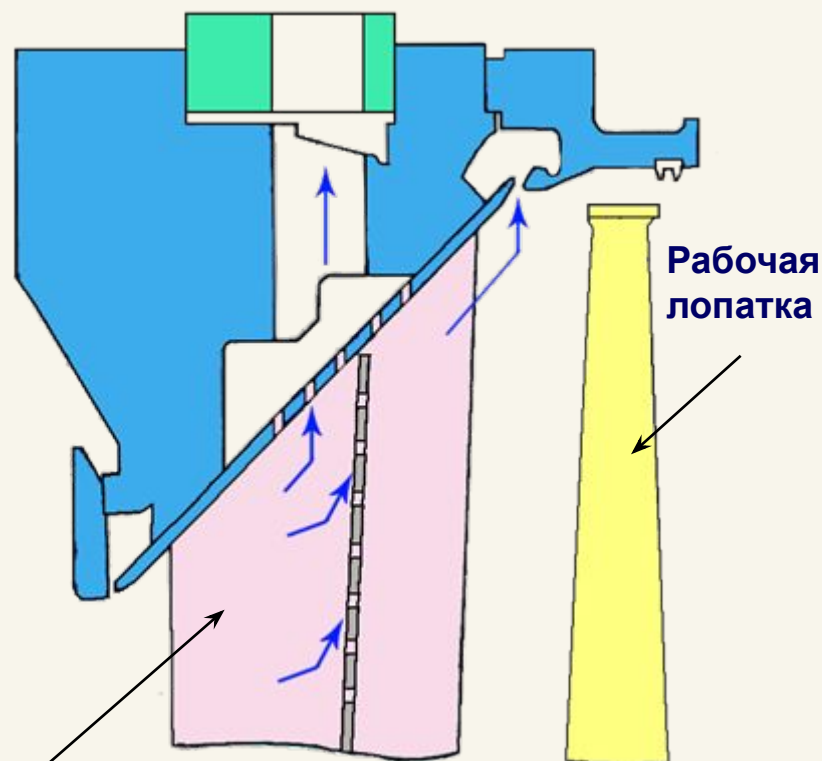
### Пассивная защита.

Упрочнение входных и выходных кромок, бандажей титановых рабочих лопаток и методом ионной имплантации с осаждением нитрида титана



### Активная защита.

Удаление пленочной влаги в диафрагме последней ступени



Направляющая лопатка

Удаление до 25 % влаги



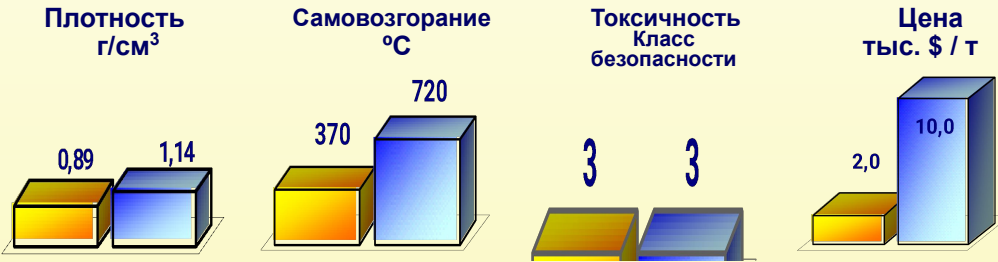
## Огнестойкие масла в паровых турбинах ЛМЗ

**ОМТИ**  
Россия

**Reolube-OMTI**  
USA

**Fyrquel-L**  
USA

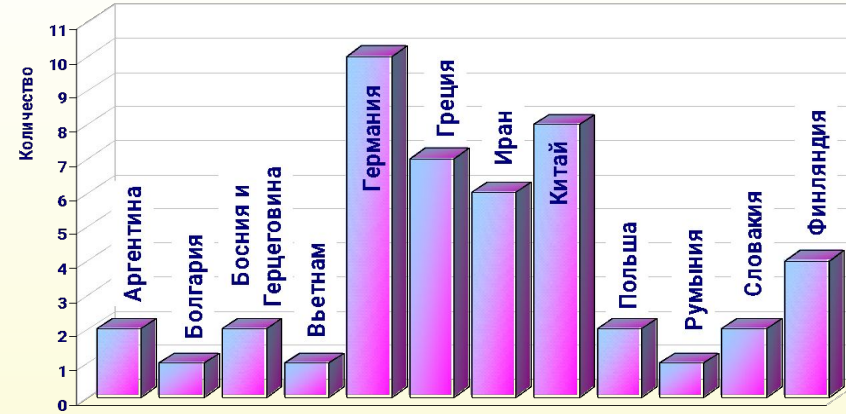
### Сравнительные характеристики минеральных и огнестойких масел



### Индийские проекты

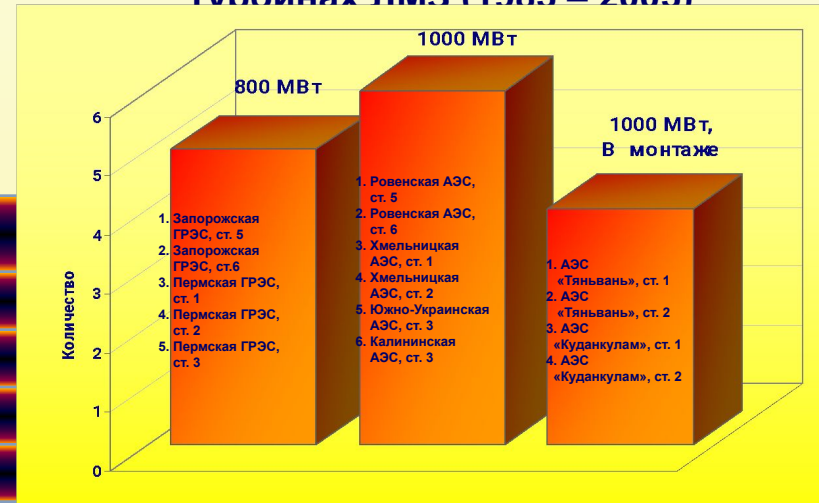
К-1000-60/3000-2	АЭС "Куданкулам" ст. № 1 и 2
К-168-107	ТЭС "Конасима"
К-660-247	ТЭС "Сипат" (3x660 МВт) ст. № 1, 2, 3
К-660-247	ТЭС "Барх" (3x660 МВт) ст. № 1, 2, 3

### Системы регулирования на огнестойком масле в паровых турбинах ЛМЗ (1963 – 2005)



С учетом России, СНГ и стран Балтии – более 210 турбин

### Системы смазки подшипников на огнестойком масле в паровых турбинах ЛМЗ (1985 – 2005)

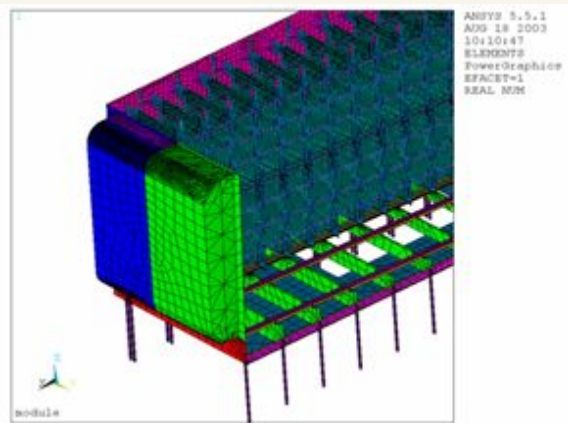


## Блочная конструкция конденсатора

Позволяет сократить время монтажа и повысить качество обварки трубок

- Реализованные проекты:
  - К-1000-60/1500 АЭС «Козлодуй» (Болгария) бл.№5 2003год
  - К-1000-60/1500 АЭС «Козлодуй» (Болгария) бл.№6 2004год
- Разрабатываемые проекты:
  - К-1000-60/1500 Южно Украинская АЭС (Украина) бл.3
  - К-1000-60/1500 Волгодонская АЭС бл.2;
  - К-1000-60/1500 Запорожская АЭС (Украина) бл.1-4

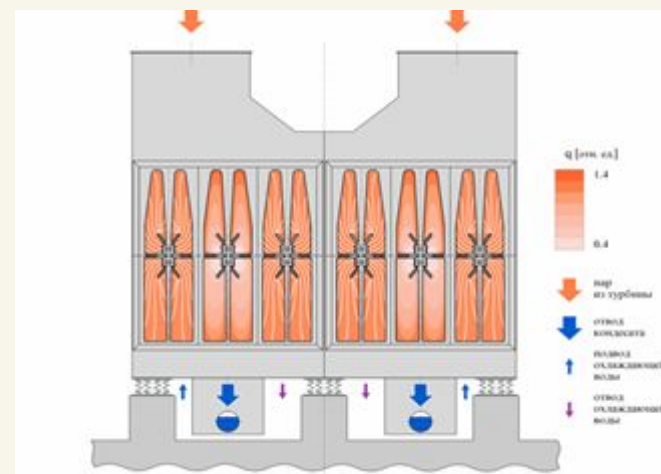
Расчет на прочность элементов конденсатора (ANSYS)



Соединение трубка – трубная доска



Тепловой расчет конденсаторов

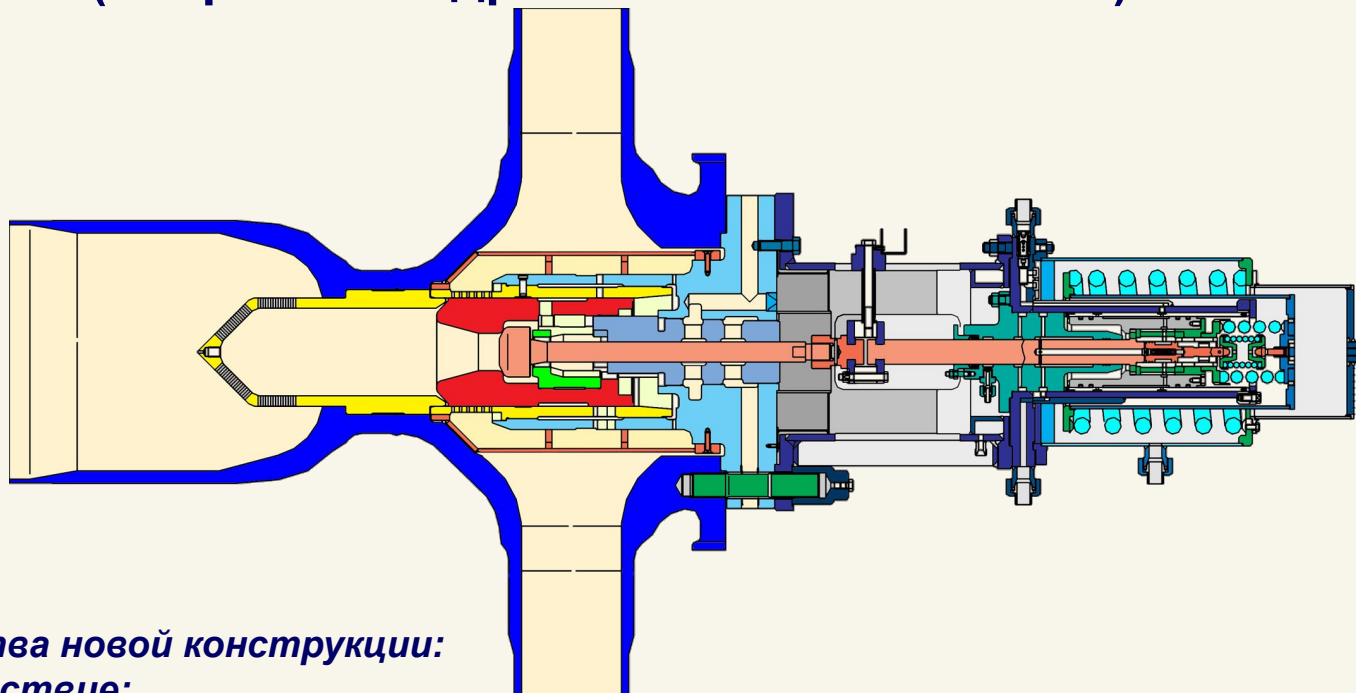


Блок трубной системы конденсатора



## Разработка и освоение принципиально новых элементов турбоустановки.

### Новая конструкция клапана БРУ-К (впервые внедрена на АЭС «Тяньвань»)



#### Преимущества новой конструкции:

- Быстродействие;
- Горизонтальное расположение клапана;
- Конструктивное исполнение всех деталей из нержавеющей стали
- Комплекс мер по снижению вибрации, применяющийся в проектировании современных регулирующих клапанов;
- Оригинальные идеи по снижению уровня шума.

# Повышение мощности турбоустановки по проекту АЭС-2006 до уровня 1198,8 МВт



№ п/п	Техническое решение, повышающее мощность турбины	Ожидаемый прирост мощности, МВт	
		min	max
1	<i>Базовая мощность (турбина К-1000-60/3000 для ТАЭС)</i>	1060	1060
2	<i>Базовая мощность с учетом повышения мощности парогенератора с 3000 до 3212 МВт</i>	1134,9	1134,9
<b>Мероприятия по обеспечению мощности 1170 МВт</b>			
1	Повышение параметров свежего пара и температуры питательной воды	27,60	28,00
2	Переход на схему С+2ПП и повышение $t_{пп}$	6,80	7,90
3	Увеличение кол-ва ступеней ЦВД	5,80	5,80
4	Повышение давления в конденсаторе и увеличение потери с выходной скоростью ЦНД	-7,00	-7,00
5	Модернизация диафрагм 2÷5 ступ. ЦНД	10,20	11,30
<b>Доп. Мощность, МВт</b>		<b>43,4</b>	<b>46,0</b>
<b>Мощность блока составит, МВт</b>		<b>1178,3</b>	<b>1180,9</b>
<i>Среднее значение мощности, МВт</i>		<i>1179,6 (было принято 1170)</i>	



# Повышение мощности турбоустановки по проекту АЭС-2006 до уровня 1198,8 МВт

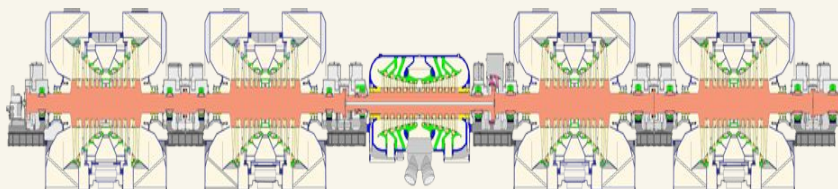


№ п/п	Техническое решение, повышающее мощность турбины	Ожидаемый прирост мощности, МВт		Исполнитель
		min	max	
<b>Мероприятия по обеспечению мощности 1198,8 МВт</b>				
1	Применение технологии 3D проектирования проточной части ЦВД	5,00	6,00	СКБ "Турбина" ВТИ Soft In Way Inc, USA
2	Оптимизация паровпусков ЦВД	0,90	1,20	СКБ "Турбина" МЭИ
3	Оптимизация выхлопного патрубка ЦВД	2,00	2,30	СКБ "Турбина" СПбГПУ
4	Оптимизация разбивки теплоперепадов и перепрофилирование проточной части ЦВД	4,00	6,00	Soft In Way Inc, USA
5	Применение новой конструкции диафрагм последних ступеней с развитой системой влагоудаления (полая лопатка)	2,10	3,30	СКБ "Турбина" ВНИИАМ УАСТ
6	Оптимизация выхлопного патрубка ЦВД	1,00	2,00	Поставщики СКБ "Турбина" СПбГПУ ЦКТИ
7	Разработка новых вариантов надбандажных уплотнений ЦВД и ЦВД	2,00	4,00	АРМС ЦКТИ, ВТИ УАСТ
8	Отработка меридиональных обводов и каналов отборов в ЦВД и ЦВД, применение симметричных отборов в ЦВД	5,00	6,00	договор с МЭИ или СПбГПУ
9	Снижение потерь в блоках клапанов ВД	0,70	1,40	СКБ "Турбина" цех №8 (стор.орг.) ЦКТИ
10	Другое:	3,00	4,70	
-	Снижение величин недогревов в ПВД и ПВД			ЦКТИ
-	Углубление вакуума в конденсаторе			СКБ "Турбина"
-	Уплотнение поршневых колец			СКБ "Турбина"
-	Снижение потерь в КОС и протечек в клапанах БРУ-К			СКБ "Турбина" цех №213 (стор.орг.)
-	Снижение потерь в подшипниках			СКБ "Турбина"

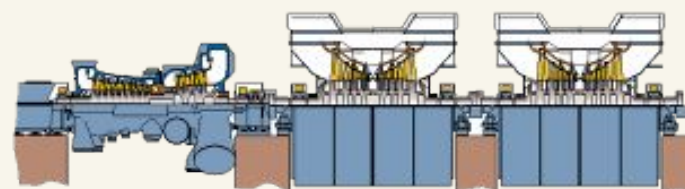


**Сравнение основных  
характеристик  
турбоустановок на базе  
турбин  
ОАО «Силловые машины»  
и фирмы «Alstom»**

**Турбина К-1200-6,8/50  
ОАО «Силловые машины»**



**Турбина «Arabelle»  
фирмы «Alstom»**



	<b>ОАО «Силловые машины» - К-1200-6,8/50</b>	<b>«Alstom» - «Arabelle»</b>
<b>Тип и конструкция</b>	Быстроходная (3000 об/мин) ЦВД 2х поточный ЦНД 4 (2х поточных) Суммарная площадь выхлопа 90,4 м <sup>2</sup>	Тихоходная (1500 об/мин) ЦВСД 1 поточный ЦНД 2 (2х поточных) Суммарная площадь выхлопа 74,3 м <sup>2</sup>
<b>Масса и габариты турбины</b>	Длина турбины 52,5 м Ширина турбины 9,6 м Вес турбины 2200 т	Длина турбины ~ 37,7 м *) Ширина турбины ~ 11,6 м *) Вес турбины ~ 2500 т *)
<b>Габариты машинного зала</b>	Длина 101,2 м Ширина 60,0 - 63,0 м **)	Длина 101,2 м Ширина 60,0 м
<b>Мощность турбины</b>	1198,8 МВт	1198,2 МВт

- Оба предложения находятся примерно на одинаковом техническом уровне, отвечающем или превышающем требования (АЭС-2006).
- Размер машинного зала и капитальные затраты на строительство одинаковы, несмотря на конструктивные различия турбин.
- \*) экспертная оценка      \*\*) в стадии согласования



Показатель	ОАО «Силловые машины»	«Alstom»
<b>Экономичность</b>		
Мощность на клеммах генератора, МВт	1198,8	1198,2
Разница в мощности, МВт	+0,6	0
КПДбрутто, %	37,46	37,44
<b>Надежность</b>		
Коэффициент готовности турбины	~ 99,976%	~ 99,975%
Среднее количество вынужденных остановов по турбине, час/год	1,79*	1,88
Потери, ГВт*час/год	2,15	2,25

\* - Данные по Ровенской АЭС, Хмельницкой АЭС и Южно-Украинской АЭС с 1992 по 2004г.г.

**В 2004г. коэффициент готовности по всем трем станциям составил 100%**

## **Вывод:**

**Показатели экономичности и надежности турбин ОАО «Силловые машины» и фирмы «Alstom» для указанного проекта практически одинаковы, при незначительном преимуществе турбин ОАО «Силловые машины»**

## Прочность обеспечивается путем назначения коэффициентов запаса:

- по статической прочности (к пределу текучести);
- по длительной прочности (к пределу длительной прочности);
- по числу циклов нагружения (к числу циклов до разрушения);
- по амплитуде переменных напряжений (к пределу усталости);

Нормативные (минимально допустимые) значения коэффициентов запаса прочности регламентируются отраслевыми стандартами и руководящими документами.

Фактические коэффициенты запаса у элементов быстроходных и тихоходных турбин АЭС всегда выше нормативных значений.

- Вывод:**
- Нормативные значения коэффициентов запаса прочности одинаковы как для быстроходных, так и для тихоходных турбин.
  - Частота вращения (1500 об/мин или 3000 об/мин) не имеет принципиального значения для обеспечения прочности.

Показатель	СМ	Alstom
Частота вращения, об/мин	3000	1500
Мощность, МВт	1198,8	1198,2
<b>Надежность:</b>		
Применение в системах смазки и регулирования турбины огнестойкой жидкости.	+	--
Цельнокованные РВД и РНД	+	--
Применение генератора с водяным охлаждением	+	--
Использование ЦВД из нержавеющей стали	+	--
<b>Ремонтопригодность:</b>		
Подвод пара в нижнюю половину ЦВД	+	--
Возможность облопачивания ЛПС ЦНД без подъемных механизмов	+	--
Время монтажа одной последней ступени	3 дня	7 дней
Выносные подшипники	+	--
Необходимая грузоподъемность кранов для монтажа генератора, т	2x150	2x200
<b>Основные массогабаритные характеристики:</b>		
Транспортировка РНД в сборе по ж/д без лопаток только последней ступени	+	--
Длина, м	53	~ 37,7*
Ширина, м	9,6	~ 11,6*
Высота подъема крюка мостового крана (от оси турбины), м	10,8	~ 14,5*
Масса турбины, т	2200	~ 2500*

\*экспертная оценка

\*\* Не соответствует типовому проекту машинного зала

**Вывод: Оборудование ОАО «Силовые машины» имеет преимущества в части эксплуатационных характеристик за счет особенности конструкции быстроходной турбины.**



	ОАО «Силовые машины»	«Alstom»
Мощность на клеммах генератора, МВт	1198,8	1198,2
КПД <sub>брутто</sub> , %	37,46	37,44
Разница в мощности, МВт	+0,6	0
Цена отпускаемой электроэнергии руб./КВт*час (в ценах 2006 г.)	0,59	
Средняя наработка в год исходя из Киум=85%, час	7446	
Прибыль от продажи доп. электроэнергии, тыс. руб./год	2636	0
Массогабаритные характеристики:		
•длина турбины с генератором, м	71,5	~ 55
•ширина турбины, м	9,6	~ 11,6
•масса турбины, т	2200	~ 2500*

\* экспертная оценка

**Вывод:** Ввиду практически одинаковых потребительских характеристик турбоустановок на базе турбин ОАО «Силовые машины» и фирмы «Alstom» основными факторами при составлении предложений являются отличия в затратах на строительство машзала и стоимости всего комплекса оборудования машзала.

- **ОАО «Силловые машины» обладает опытом создания мощных паровых турбин ТЭС и АЭС, располагает проектными решениями, конструкторской и технологической базой для поставки турбин мощностью свыше 1000 МВт для перспективных блоков АЭС с реакторами типа ВВЭР, а также для модернизации действующего оборудования АЭС (паровые турбины, конденсаторы и др.), повышающей его экономичность, надежность и ремонтпригодность.**
- **Мощные быстроходные турбины для АЭС производства ОАО «Силловые машины» не уступают или превосходят по ряду параметров тихоходные турбины компании «Alstom».**
- **Ожидается (по оценкам экспертов), что большинство наиболее значимых высокотехнологичных компонентов турбин будет в течение ряда лет поставляться из Франции, ввиду непреодолимых трудностей в освоении производства СП «Alstom» и ОАО «Атомэнергомаш». В эти годы СП будет сборочным производством, а на российских АЭС будут работать турбины, произведенные за рубежом, что ставит под угрозу независимость российской атомной энергетики.**
- **Поставка оборудования из Франции в течение ряда лет распространится, наряду с турбиной и конденсатором, также на полный комплекс вспомогательного оборудования всего машинного зала, включая генератор, оборудование системы регенерации и СПП.**
- **Стратегия всех государств, имеющих собственных производителей энергооборудования и обладающих значительной долей АЭС в энергетике (в первую очередь, это США, Франция, Япония), предусматривает защиту своей энергетической безопасности и ограничивает использование основного оборудования для АЭС иностранного производства.**
- **Обеспечение защиты энергетической безопасности страны делает актуальной выработку на правительственном уровне мер по поддержке интересов отечественного производителя –**

## Заключение

- **ОАО «Силовые машины», имея опыт создания мощных паровых турбин для ТЭС и АЭС, располагает необходимыми проектными решениями, конструкторскими наработками, технологической базой для проектирования и изготовления турбин мощностью 1000...1600 МВт для перспективных блоков АЭС с реакторами типа ВВЭР.**
- **ОАО «Силовые машины» значительно расширили перечень предлагаемых Заказчикам комплектующего оборудования машзала (модульные конденсаторы, системы регулирования, теплообменные аппараты и др.), инженерных услуг (модернизация, наладка, запчасти).**
- **ОАО «Силовые машины» разработали варианты модернизации действующего оборудования АЭС: паровые турбины, конденсаторы и др., повышающие его экономичность, надежность и ремонтпригодность.**
- **ОАО «Силовые машины» предлагает высокоэкономичные и надежные паровые турбины для АЭС с различными типами реакторов мощностью от 150 до 1800 МВт.**