



**МОДЕРНИЗАЦИЯ  
5-го и 6-го блоков  
турбины К-1000-60/1500-2  
на АЭС «Козлодуй»**

# **I. Модернизация проточной части цилиндра высокого давления**

**Модернизация проточной части  
цилиндров высокого давления**

**Повышение  
мощности**

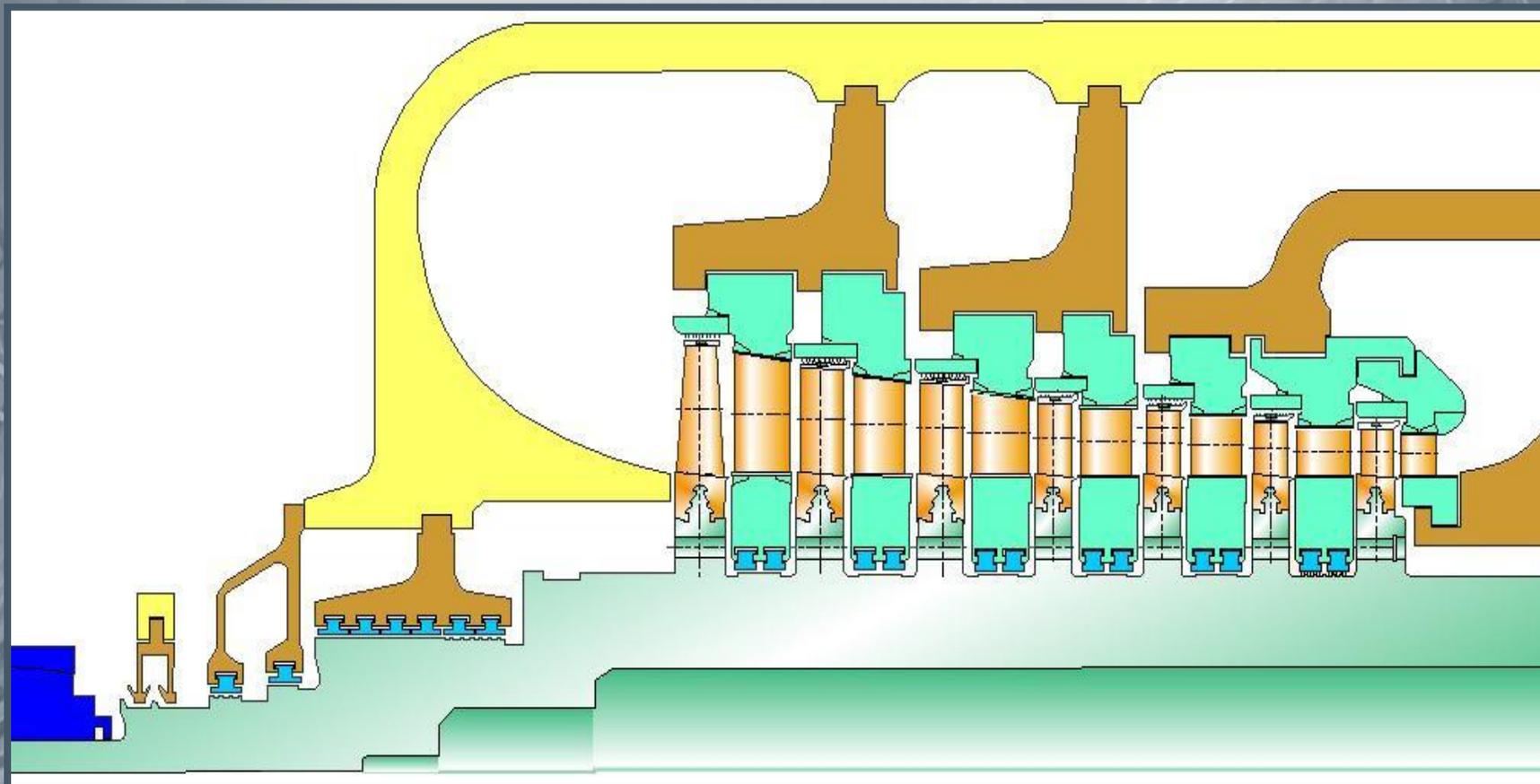
**Повышение  
экономичности**

**Повышение  
надежности**

**Срок  
службы  
до 60 лет**

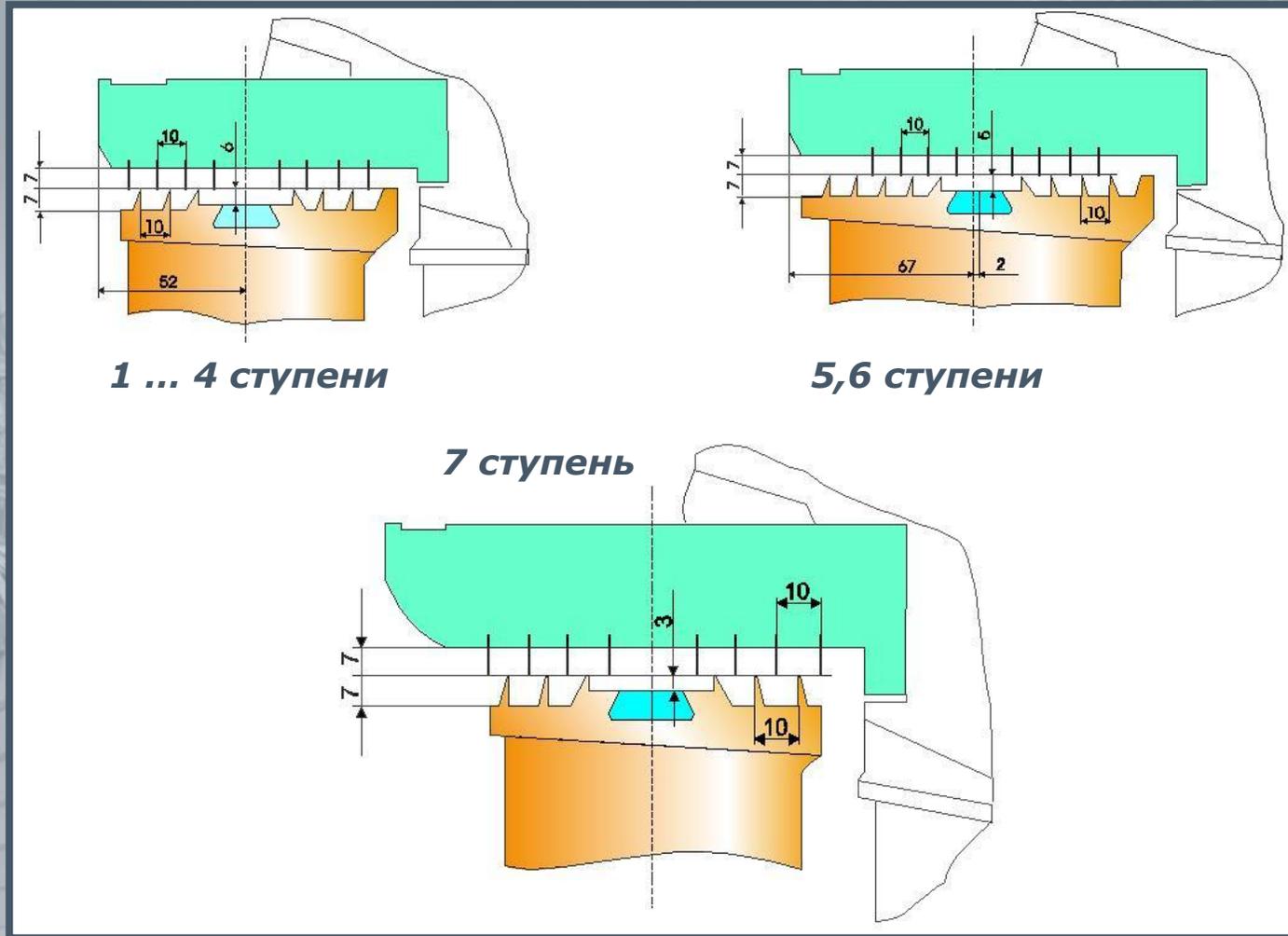
**Межремонтный  
период 6 лет**

# Турбины для энергоблоков АЭС большой мощности



Проточная часть ВД турбины К-1100-5,9/25

# Элементы проточной части ВД турбины К-1100-5,9/25



## **Модернизация 1 ступени ЦВД при повышении тепловой мощности реактора до 104% (3120 МВт)**

**При повышении тепловой мощности реактора до 3120 МВт увеличивается расход свежего пара и необходимо увеличение пропускной способности проточной части турбины**

**Замена сопловых аппаратов и рабочих лопаток 1 ступени ЦВД на новые, с увеличенными площадями проходных сечений**

**Модернизированные элементы устанавливаются в существующий ЦВД без изменений корпусов и роторов**

**Длины новых направляющих и рабочих лопаток выполнены с первоначальной длиной (98 мм и 104 мм), а площади проходных сечений (1136 см<sup>2</sup> и 1889 см<sup>2</sup>) сопловых аппаратов приняты с обеспечением минимальных потерь в СРК турбины (-3%) при сохранении номинальных параметров свежего пара (60 кгс/см абс. и влажность 0.5%)**

**Расчетное значение увеличения электрической мощности турбоустановок К-1000-60/1500-1,2М при повышении тепловой мощности реактора до 3120 МВт составляет 39 МВт**

## **Модернизация проточной части 1-7 ступеней ЦВД при повышении тепловой мощности реактора до 104% (3120 МВт)**

**Необходимо выполнить модернизацию проточной части 1-7 ступеней ЦВД с сохранением существующего ротора (вала), внутреннего корпуса и обойм диафрагм**

**При модернизации заменяются только рабочие лопатки и диафрагмы 1-7 ступеней (стороны регулятора и стороны генератора)**

**Модернизированная проточная часть ЦВД обеспечивает повышение КПД цилиндра на 2.9% (сравнительно с вариантом модернизации только 1 ступени ЦВД)**

**Повышение электрической мощности турбоустановки с модернизированной проточной частью 1-7 ступеней ЦВД при тепловой мощности реактора 3120 МВт составляет:**

- 1. По сравнению с вариантом модернизации только 1 ступени ЦВД – 9.55 МВт;**
- 2. По сравнению с немодернизированной проточной частью ЦВД (1 ступень в исходном, первоначальном исполнении) – 19.12 МВт.**

**Указанные значения повышений электрической мощности обеспечиваются во всем диапазоне изменения температуры охлаждающей воды**

# Модернизация турбины К-1100-60/1500-2М

## Значения электрической мощности вариантов турбоустановки К-1100-60/1500-2М

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Среднемесячная температура охлаждающей воды, °С	17,9	15,0	19,1	22,9	28,4	28,7	31,1	31,1	27,5	25,0	21,1	19,2
Вариант 1, №, МВт	1096,21	1100,00	1094,18	1085,87	1067,50	1066,32	1055,43	1055,43	1070,92	1079,97	1090,26	1094,00
Вариант 2, №, МВт	1077,09	1080,88	1075,06	1066,75	1048,38	1047,20	1036,31	1036,31	1051,80	1060,85	1071,14	1074,88
Вариант 3, №, МВт	1086,66	1090,45	1084,63	1076,32	1057,95	1056,77	1045,88	1045,88	1061,37	1070,42	1080,71	1084,45
<b>Вариант 1</b>	– с учетом модернизации проточной части 1-7 ступеней ЦВД.											

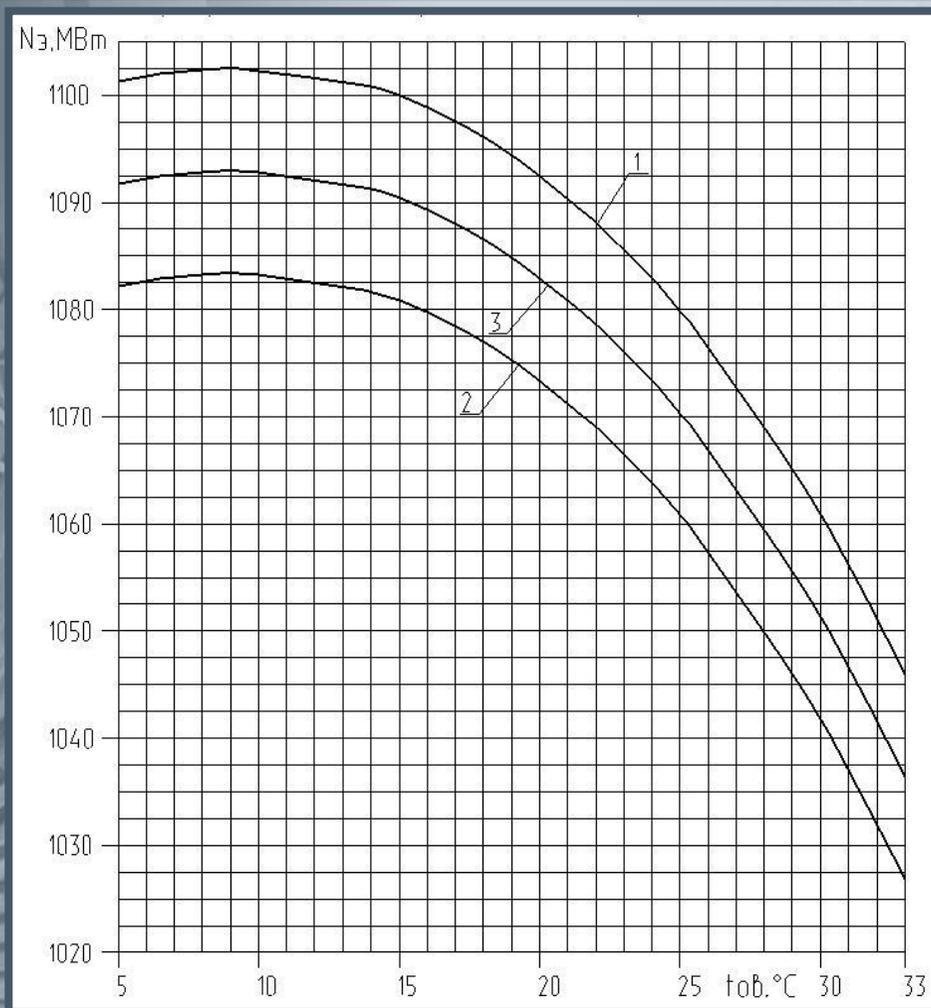
**Вариант 2** – немодернизированная турбина (в комплектации поставки для бл. №3).

**Вариант 3** – турбина с модернизированной 1-й ступенью ЦВД (для  $Q_r = 3120$  МВт).

**Расчетные значения электрической мощности определены при следующих номинальных условиях:**

- тепловая мощность реактора 3120 МВт;
- параметры свежего пара перед турбиной 60 кгс/см<sup>2</sup> абс.,  $X=0,995$ ;
- температура промперегрева (за СПП) 250°С;
- расход охлаждающей воды на конденсаторы 169800 м<sup>3</sup>/ч.

# Модернизация турбины К-1100-60/1500-2М



**Зависимость электрической мощности турбоустановки от температуры охлаждающей воды при различных вариантах модернизации**

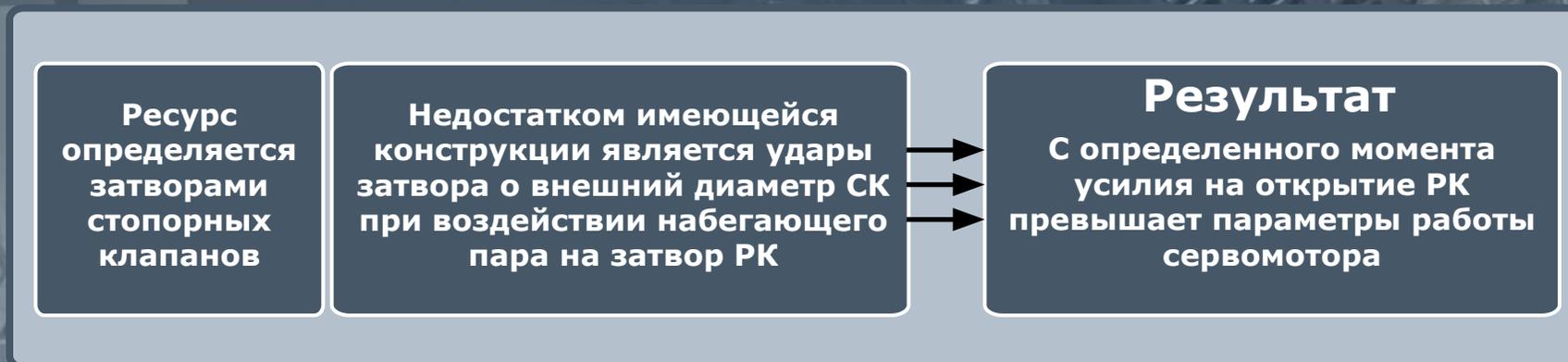
**$Q_r = 3120 \text{ МВт}$**

**1 — с модернизацией  
1-7 ст. ЦВД**

**2 — немодернизированная  
турбина**

**3 — с модернизацией  
1 ст. ЦВД  
для  $Q_r = 3120 \text{ МВт}$**

## II. Модернизация стопорно-регулирующих клапанов (СРК)

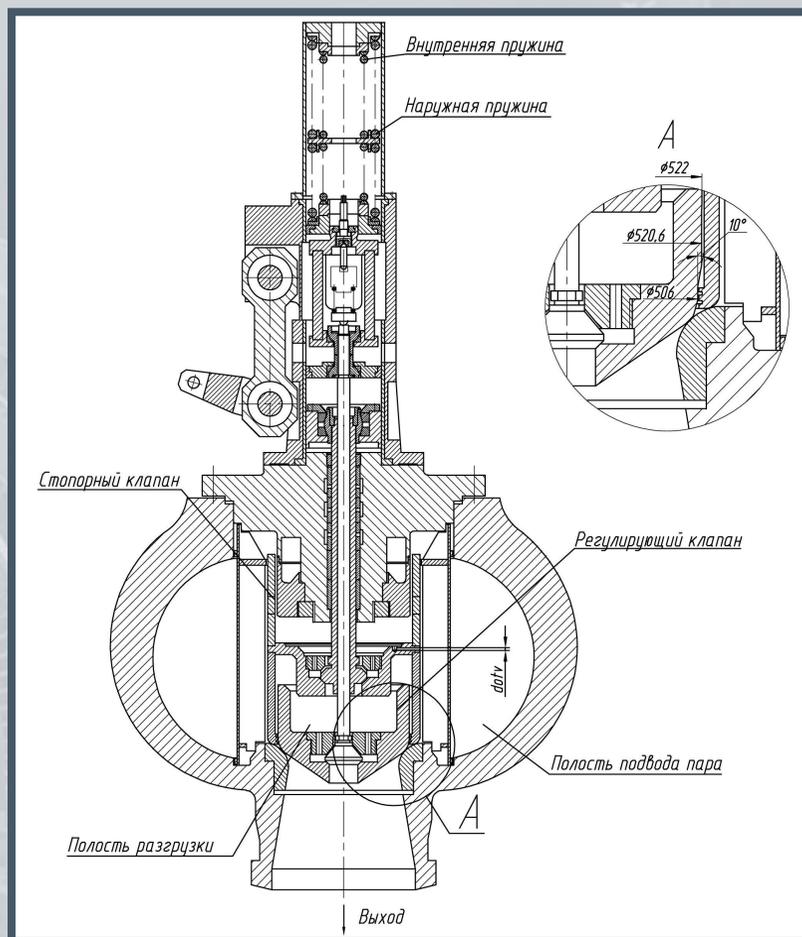


**Предлагается изменить конструкцию затвора РК. Профильный конус на наружном диаметре затвора заменяется четырьмя профильными вставками, а сам затвор РК делается в виде цилиндра.**

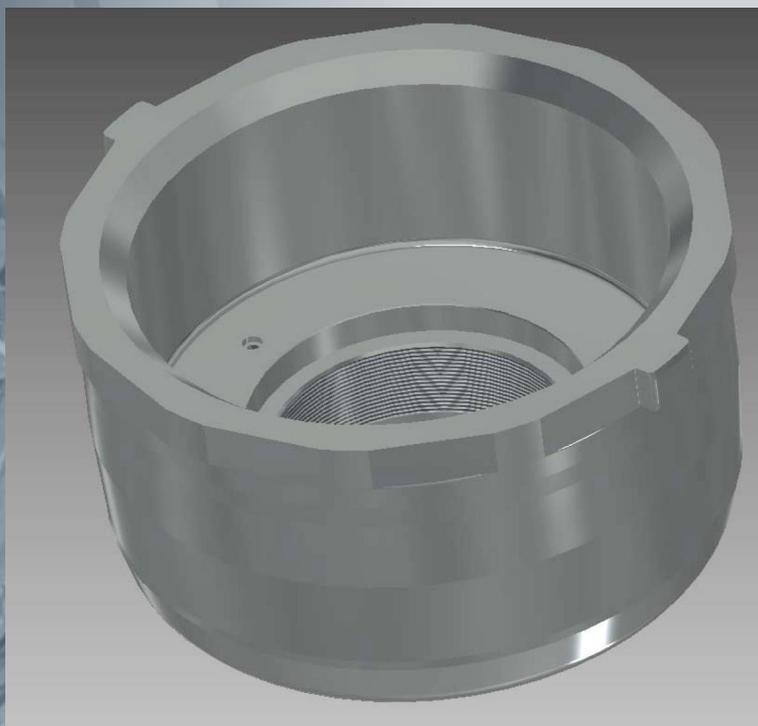
**Цель модернизации – продление ресурса работы СРК за счет уменьшения износа внутреннего диаметра затвора СК**

# Турбина К-1000-60/1500-2. Модернизация СРК

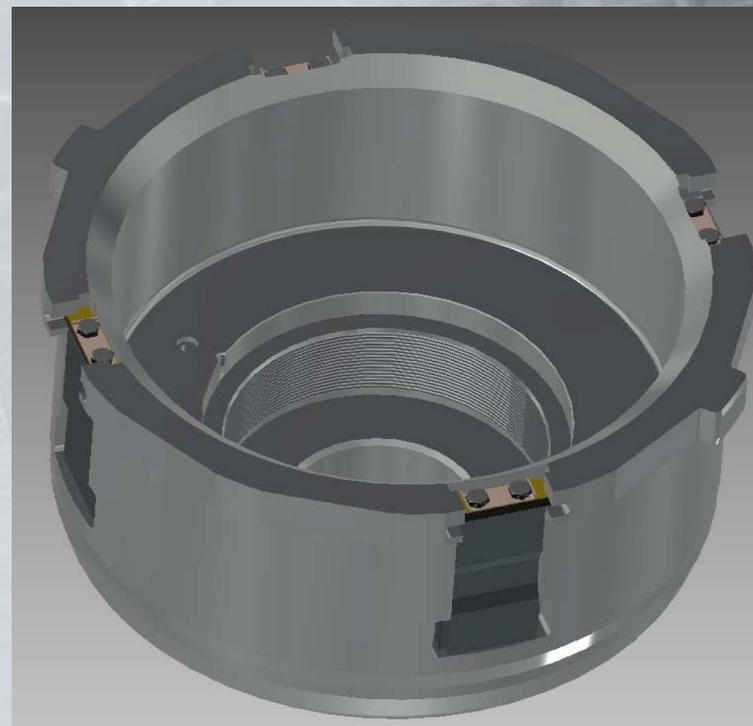
Общий вид СРК К-1000-60/1500-2 до модернизации



# Турбина К-1000-60/1500-2. Модернизация СРК



Общий вид затвора РК  
К-1000-60/1500-2  
до модернизации



Общий вид затвора РК  
К-1000-60/1500-2  
после модернизации

## **Преимущества**

**Преимущества предлагаемой конструкции заключаются в том, что выполнение затвора РК в виде цилиндра, позволяет без профильного конуса обеспечить минимальный зазор между затворами СК и РК на всём ходе РК, улучшается направление затвора РК, уменьшаются усилия ударов затвора РК об СК. Указанные преимущества обеспечивают увеличение долговечности затвора СК. При разработке профилей вставок учитываются особенности эксплуатации турбины, реальные свойства проточной части. Это позволяет оптимизировать действующие паровые усилия на затвор РК.**

## ***Объем работ***

- **Выполнение расчетов и разработка технической документации.**
- **Изготовление и поставка деталей.**
- **Замена штатных затворов регулирующего и стопорного клапанов, на изготовленные на ОАО «Турбоатом» комплектно со вставками и деталями их крепления.**

# III. Модернизация рабочих лопаток 4-х и 5-х ступеней НД

**Лопатки 4-х и 5-х ступеней НД  
Т. К-1000-60/1500-2  
Работают в зоне  
Фазового перехода**

**По опыту эксплуатации дефекты в хвостовиках рабочих лопаток 4-х ступеней проявляются примерно после 50 тыс. часов эксплуатации, рабочих лопаток 5-х ступеней — после 80 тыс. часов эксплуатации**

**ОАО «Турбоатом» разработана и внедрена конструкция рабочих лопаток с цельнофрезерованным полочным бандажом. На роторе лопатки по бандажам замкнуты на круг двумя рядами специальных вставок**

**Исключается клепанное соединение «шип-бандаж» как ненадежный элемент в зоне фазового перехода**

**Уровень динамических напряжений снижается до 40%**

**Увеличивается конструктивное демпфирование колебаний**

**Данная конструкция рабочих лопаток внедрена на многих турбинах АЭС Украины, России, Венгрии, Финляндии, Китая и др. стран**