

# Модернизация лопаток 5-х ступеней ЧНД турбин К-300-240 (переход на лопатки с цельнофрезерованным бандажом)

Заместитель начальника КТЦ-1  
Филиала ПАО «ОГК-2» - Новочеркасская ГРЭС

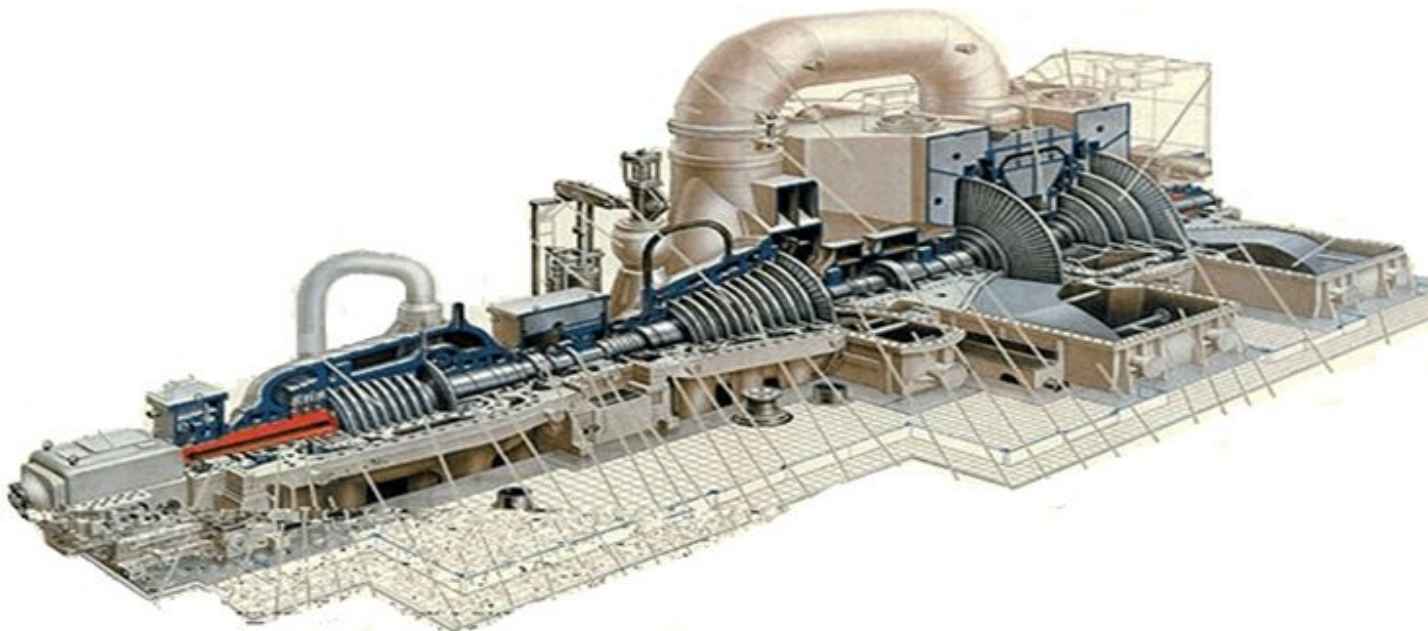
Д.В.Тихонов



# Филиал ПАО «ОГК-2» - Новочеркасская ГРЭС



**Последняя ступень турбин К-300-240 с рабочей лопаткой длиной 1050 мм с трубчатым бандажом была спроектирована в конце 50-х годов и являлась одной из самых передовых конструкции того времени.**





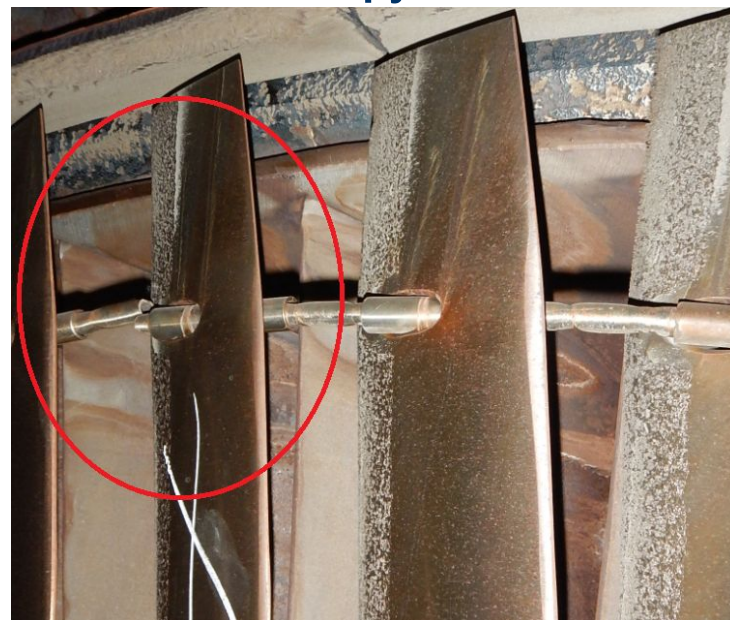
Основным критерием, определяющим необходимость производства замены лопаток 5-ой РНД с трубчатым бандажом, является расстояние от эродированной кромки до края отверстия под трубчатый бандаж ( $a_1$ ), согласно письма ПОАТ ХТГЗ ИП № 1-40-16/Х1 - 1793 от 09.08.1976г минимальный размер составляет 6 мм, наработка лопаток до необходимости производства замены составляет  $\approx 50000$  часов.



Так же в процессе эксплуатации лопаток с трубчатым бандажом 5-х ступеней при осмотре наблюдаются частые обрывы бандажей по 4÷5 шт. в месяц на каждой ступени, большое количество обрывов бандажей негативно влияет на состояние вибрации подшипников ТГ.

Среднее значение замен в 2018 году на каждой 5-ой ступени НД с трубчатым бандажом НД было заменено по 25-30 бандажей

**\*Стоимость замены одного бандажа с МТР составляет 11580 руб.**



**Принципиальна новая конструкция последней ступени ЦНД с рабочей лопаткой 1030 мм показывает надежную эксплуатацию к примеру на ФПАО ОГК -2 Новочеркасской ГРЭС в 1989 установлены рабочие лопатки 5-ой ступени на 3-ем потоке ТГ-1, наработка этой ступени на 01.01.19 составляет 161943 часов.**

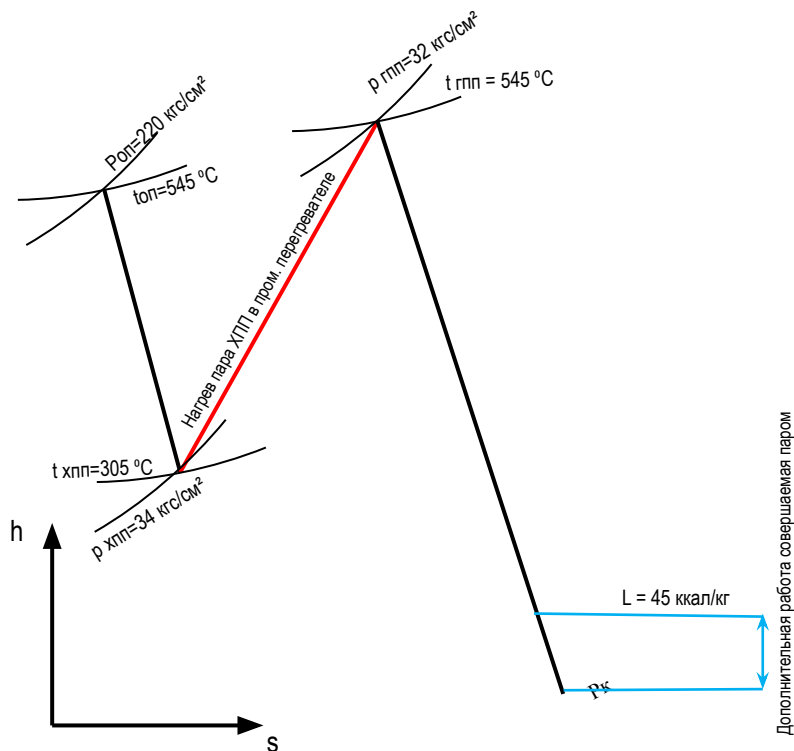




**Данная ступень с цельнофрезерованным бандажом имеет наработку 161943 часов на 01.01.19, дефектов препятствующих дальнейшей эксплуатации нет.**

При проектировании ступени с рабочими лопатками 5-х ступеней ЦНД с цельнофрезерованным бандажом и диафрагмой (черт Б-822-62-(01)) СБА, Б-822-75-(01) был использован ряд следующих принципиальных положений:

1. Повышенная степень реактивности в корневой зоне.
2. Большой расчетный перепад энтальпий (не менее 45 ккал/кг)





Рабочие лопатки 5-х ступеней ЦНД с цельнофрезерованным бандажом (черт. Б-482-20-23, Б-482-20-14) длиной 1030 мм и диафрагмы (черт. Б-822-65-(01) СБА, Б-822-75-(01) СБА) длиной 1000 мм устанавливаются вместо ступени с рабочей лопаткой 1050 мм с трубчатым бандажом, без необходимости доработки других элементов конструкции турбины.

Расчетные исследования работы К-300-240 (письмо турбоатом от 22.04.2019 № ТА-01-180) показывают, что замены 5-х ступеней НД на трех потоках на ступень с рабочей лопаткой длиной 1030 мм приводит к повышению мощности турбины на 4,5 МВт, уменьшению удельного расхода тепла на 25 ккал/кг, повышению КПД ЦНД на 3,5 %

# Сравнительный анализ показателей при замене 1-ой ступени

Параметр	Лопатки с трубчатым бандажом	Лопатки с цельнофрезерованным бандажом
Моторесурс, ч	50000	> 162000
Затраты на ремонт (затраты на восстановление бандажей) в процессе эксплуатации ступени, тыс. руб.	1750	0
Стоимость замен, тыс. руб	17000	36000*
Экономия топлива, г/кВт*ч	-	1,2
Экономия топлива, тыс.руб/год	-	5300
*Срок окупаемости при замене лопаток с отработанным ресурсом (лопатки с трубчатым бандажом) на ступень с лопатками с цельнофрезерованным бандажом и диафрагмой		2

	Лопатки с трубчатым бандажом, год установки	Год перехода на лопатки с цельфрезерованным бандажом
Энергоблок №2, 1 поток	2013	2020 (КР)
Энергоблок №4, 1 поток	2013	2021 (СР)



АКЦИОНЕРНОЕ ТОВАРИЩЕСТВО  
**ТУРБОАТОМ**

JOINT-STOCK COMPANY  
**TURBOATOM**

гг. Московский 100, м. Киев, 01037, Україна  
 тел.: + 38 (057) 349-22-85, 349-22-82, 349-25-54  
 факс: + 38 (057) 349-21-71, 349-21-65, 349-25-62  
 e-mail: office@turboatom.com.ua, www.turboatom.com.ua

Moskovsky ave. 100, Kharkiv, 01037, Ukraine  
 tel.: + 38 (057) 349-22-85, 349-22-82, 349-25-54  
 fax: + 38 (057) 349-21-71, 349-21-65, 349-25-62  
 e-mail: office@turboatom.com.ua, www.turboatom.com.ua

№№: 22.04.2019 № ТА-01-180  
 №№/№: 05-232/198 от 15.04.2019

**Директору филиала «ОГК-2» -  
Новочеркасская ГРЭС**  
С.Д. Кузнецову

E-mail: schgms@och.ogk2.ru

Уважаемый Сергей Дмитриевич!

Последняя ступень турбины К-300-240 с рабочей лопаткой длиной 1050 мм с трубным биджомом была спроектирована в конце 50-х годов и являлась одной из самых передовых конструкций того времени.

Слабые возможности расчетов последних ступеней тогда не позволили обеспечить оптимальные гидродинамические характеристики в широком диапазоне режимов работы.

Вычислительные возможности ряда экспериментальных исследований этой ступени показали, что при увеличении объемного расхода возникает явление отрыва потока, резкое снижение КПД и переход в режим вибрирования.

В последующие годы АО «Турбоатом» с участием ведущих научных организаций была разработана принципиально новая конструкция последней ступени ЦНД с рабочей лопаткой длиной 1050 мм.

При проектировании этой ступени был использован ряд следующих принципиальных положений:

1. Повышена степень реактивности в верхней зоне, исключены возможности отрицательных ее значений даже при статистическом увеличении объемного расхода через ступень. Вероятно граница степени реактивности выбирается на уровне, где не обуславливаются значительные трудности в обеспечении прочности рабочих лопаток.
2. Большой расчетный перепад давлений (не менее 45 мм.рт.ст.) достижимый по соотношению прочности и времени при выбранных расчетных радиусах ступеней и умеренной степени реактивности (50-60%) на среднем радиусе лопаток. При уменьшении объемного расхода это способствует более плавному переходу ступеней в вентиляционный режим, характеризующийся повышенными динамическими воздействиями потока на лопатки.
3. «Обратная закрутка» направленных лопаток с уменьшением угла выхода потока из них от корня к периферии, обеспечивающая указанное выше сочетание степеней реактивности у корня и на среднем радиусе, исключено в ступенях подобной конструкции с традиционной «прямой закруткой». «Обратная закрутка» способствует также решению некоторых других вопросов проектирования и улучшения эксплуатационных характеристик последних ступеней.
4. Гидродинамически оптимизация ступени при значительном объемном расходе на выходе из ступени (70 – 80 %) для предотвращения раннего появления вращательного вихря потока при увеличении объемного расхода пара на выходе из ступени. При этом удается обеспечить равномерную форму линий тока и удовлетворительную равномерность распределения скорости выхода потока из ступени также и на номинальном режиме.

5. Эти обстоятельства, а также конструктивные особенности ступени позволили обеспечить ее высокоэкономичную и надежную работу в широком диапазоне режимов.

Рабочие лопатки 5-х ступеней ЦНД с термообработанным биджомом (черт.Б-482-20-23, Б-482-20-14) длиной 1050мм и диффузием (черт. Б-822-65-(01) СБА, Б-822-75-(01) СБА) длиной 1000мм устанавливаются вместо ступени с рабочей лопаткой 1050мм с трубным биджомом, без необходимости доработки других элементов конструкции турбины.

Расчетные исследования на номинальном режиме работы турбины К-300-240 показывают, что замена 5-х ступеней ЦНД на ступени с рабочей лопаткой длиной 1050мм приводит к повышению мощности турбины на ~4,5 МВт, уменьшению удельного расхода пара на ~25 г/кВт.ч, повышению КПД ЦНД на ~3,5%.

С уважением,  
Генеральный конструктор  
паровых турбин

В.А. Щеголев

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ**