

**РАО «ЕЭС России»**

**Филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» -  
«Фирма ОРГРЭС»**

**Фирма по наладке, совершенствованию  
технологии и эксплуатации электростанций и сетей**

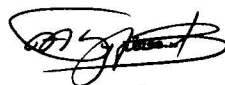
**Утверждаю:  
Главный инженер  
Купченко В.А.**

 2004 г.

**ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ**


**по результатам тепловых испытаний  
турбины ЛМЗ типа ПТ-65/75-130/13 ст. № 6 ТЭЦ-16 АО «Мосэнерго»,  
проведённых через два года после установки  
надбандажных уплотнений сотового типа  
производства ФГУП «НПП «Мотор»**

**Зам. начальника ЦИТО**



**Буринов М.А.**

**Руководитель работы**



**Сахаров А.М.**

**Исполнители:**



**Фатьков О.В.**



**Александров С.В.**

**Москва, 2004г.**

## **1. Общая часть.**

Тепловые испытания турбины были проведены в период с 9 по 21 сентября 2004 года.

Предыдущие два этапа испытаний, проведенные в 2002 году, преследовали цель выявить единовременный экономический эффект установки надбандажных уплотнений сотового типа в первых девяти ступенях ЦВД.

Целью настоящего, третьего этапа испытаний является оценка стабильности достигнутого ранее эффекта в течение межремонтного периода.

Для проведения такой оценки был принят метод сравнения величин расхождения внутреннего относительного КПД ЦВД в опытах с включёнными и отключёнными ПВД по результатам второго и третьего этапов.

Целесообразность такого сравнения базируется на том факте, выявленном при проведении анализа результатов испытания ряда турбоагрегатов [1], что температура пара за исследованным цилиндром (отсеком) турбины в опытах с отключёнными ПВД превышала температуру в опытах с включёнными ПВД. Причиной этого явилось то обстоятельство, что часть высокотемпературных протечек через надбандажные уплотнения сбрасывается в ПВД вместе с паром соответствующего отбора. В том случае, когда ПВД отключены, высокотемпературные надбандажные протечки смешиваются с основным потоком пара и повышают температуру пара за цилиндром.

Таким образом, очевидно, что по разнице температур пара за ЦВД, (а, следовательно, и по КПД ЦВД, как функции этой температуры) в опытах с включёнными и отключёнными ПВД можно судить о величине (доле) суммарных протечек, т.е. об эффективности надбандажных уплотнений и, в конечном итоге, о герметичности проточной части ЦВД.

Следует отметить, что предложенный способ оценки в отличие, например, от метода непосредственного сравнения абсолютных значений внутреннего относительного КПД, имеет ряд неоспоримых преимуществ, главным из которых является практическое исключение накопленной погрешности применяемых средств измерения. Это связано с тем, что в каждом из этапов испытания применяются одни и те же приборы.

## **2. Программа испытаний**

Программа испытаний была разработана в соответствии с предложенной в п. 1 методикой оценки стабильности во времени полученного экономического эффекта.

В рамках настоящего испытания были запланированы две серии по 4 опыта в каждой, первая из которых была проведена с включёнными ПВД, вторая - без ПВД.

Опыты проводились при нормальной тепловой схеме турбоустановки с отключёнными регуляторами давления в производственном и теплофикационном отборах. Расхождения расходов питательной воды и свежего пара были минимальными.

Средняя продолжительность стабильного режима в каждом опыте составляла порядка 40 мин.

## **3. Состояние проточной части ЦВД турбины.**

С момента проведения второго этапа испытаний (после капитального ремонта) наработка турбины составила около 17,5 тыс. часов. Число пусков за данный отрезок времени – 8.

Судя по эксплуатационным данным, представленным станцией, в рассматриваемый межремонтный период фактов, которые могли бы сколь-нибудь повлиять на состояние проточной части, не зафиксировано. Это обстоятельство подтверждается практическим совпадением значений давлений в камерах регенеративных отборов и температуры питательной воды за группой ПВД во втором и третьем этапах испытаний (рис.3, 4 и 5 Приложения).

#### **4. Схема измерений.**

Измерительные каналы расходомеров на линиях свежего пара поверялись с помощью образцового калибратора ф. «SI-Instruments». Давления до и после ЦВД измерялись приборами МТИ кл. 0,6, с предварительной их поверкой на масляном прессе.

Температуры, с помощью которых рассчитывался внутренний КПД ЦВД, измерялись штатными термомпарами, поверенными в соответствии с требованиями ГОСТов.

Для обеспечения максимальной точности конечного результата, измерения практически всех параметров, фиксируемых в испытаниях второго и третьего этапа, проводились одними и теми же приборами с предварительной их калибровкой.

#### **5. Обработка результатов и выводы.**

За основу при обработке результатов были положены среднеарифметические значения измеряемых величин с учётом всех необходимых поправок, учитывающих, в частности, полученные при индивидуальных калибровках.

При расчёте внутреннего относительного КПД ЦВД в качестве исходных были приняты следующие параметры: температура пара перед турбиной – по показаниям «защитных» термомпар, за ЦВД – среднее между замерами термомпарами, установленными в обоих выхлопных патрубках, показания которых были весьма близки между собой (максимальное расхождение, в среднем, не превышало 1 - 1,5 °С). Значения давлений были приняты по показаниям манометров, установленных перед стопорным клапаном и на выхлопе цилиндра, которые хорошо увязывались с соответствующими данными приборов, смонтированных в аналогичных точках процесса расширения.

Для возможности сравнения полученных результатов, данные, использованные для построения графиков (п 7.4 Приложения) были приведены к одинаковым параметрам и условиям, принятым за номинальные:

- давление свежего пара - 130 кгс/см<sup>2</sup>;
- температура свежего пара – 555 °С;
- расход питательной воды равен расходу свежего пара.

Величины внутреннего КПД определялись с помощью компьютерной программы ЕЗ\_00 (разработана ЛМЗ на основании таблиц воды и водяного пара 2000 г.).

Сравнение величины расхождения внутреннего относительного КПД ЦВД в опытах с включенными ПВД и без них, полученной по результатам третьего этапа испытаний, с аналогичной величиной из второго этапа испытаний, позволяет говорить о том, что она практически не изменилась (рис.6 Приложения). Этот факт является свидетельством тому, что величина суммарной протечки через надбандажные уплотнения осталась неизменной, и, следовательно, достигнутый экономический эффект за счёт установки надбандажных уплотнений сотового типа в течение межремонтного периода остался стабильным.

#### **6. Заключение**

**Итогом настоящих тепловых испытаний турбины ПТ- 65/75-130 ЛМЗ (ст. №6) ТЭЦ-16 АО «Мосэнерго», проведённых в рамках исследования эффективности внедрения надбандажных уплотнений сотового типа стало подтверждение стабильности во времени экономического эффекта, полученного непосредственно после капитального ремонта.**

#### **Перечень использованных материалов:**

1. Сахаров А.М. «Тепловые испытания паровых турбин», Москва. Энергоатомиздат. 1990 г.

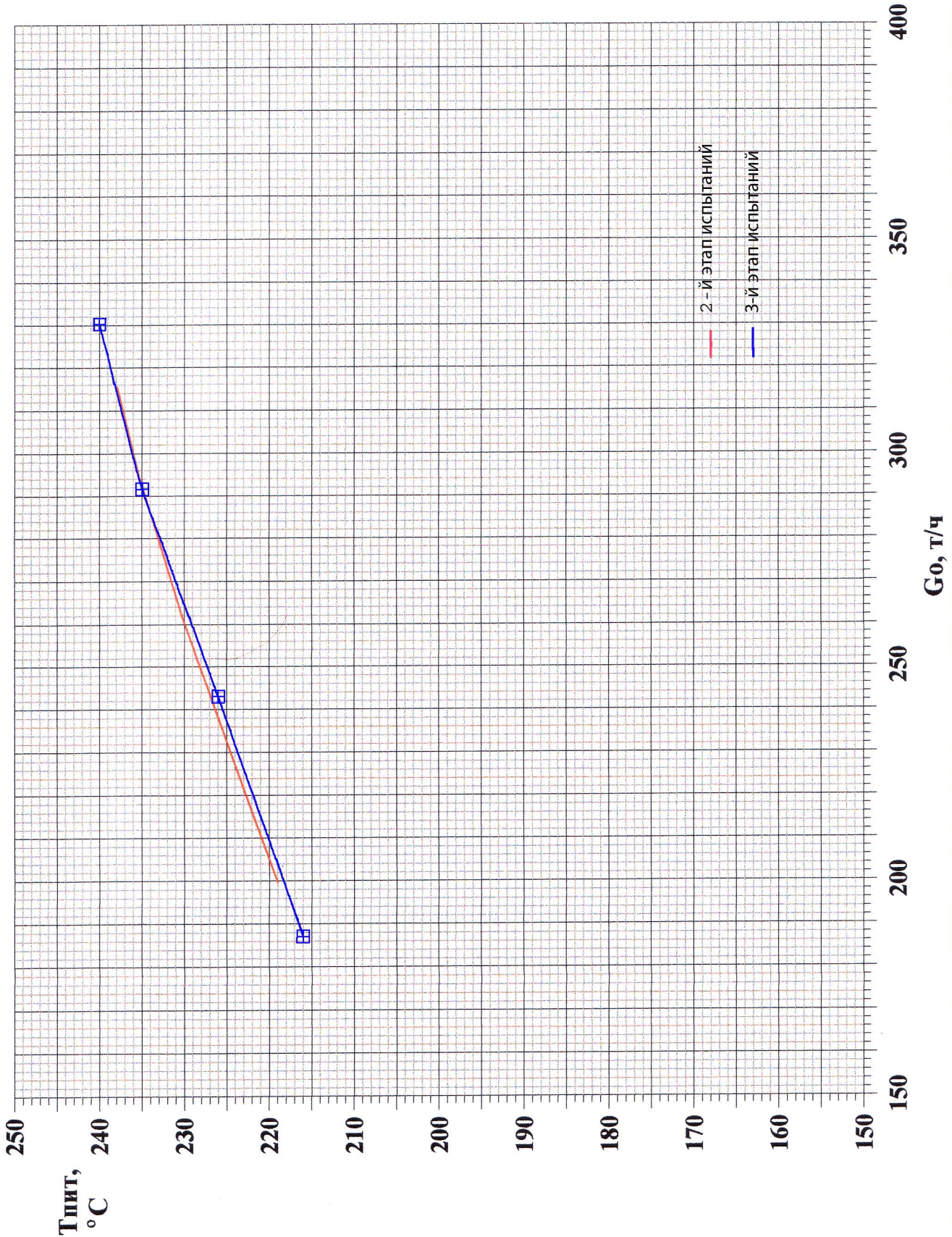
## 7. Приложение

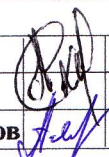
7.1. Сводная таблица результатов испытаний

1	№ опыта	Ед. изм.	1		2		3		4		5		6		7		8		
			08.сен	08.сен	08.сен	08.сен	08.сен	08.сен	21.сен	21.сен	21.сен	21.сен	21.сен	21.сен	21.сен	21.сен	21.сен	21.сен	
2	Дата опыта, 2004г.		С ПВД																
3	Условия опыта		Без ПВД																
4	Свежий пар перед стопорным клапаном	расход	315,5	294,6	260,3	199,65	285,3	237,9	200,7	176,62									
5		давление	127,2	129,6	130,8	131,7	129,6	131,2	132,2	131,3									
6		температура	552,7	552,3	551,5	549,0	549,6	549,8	550,0	550,0									
7	Подъём поршня сервомотора ЦВД	дел	211	189	173	143	184	165	145	134									
8	Давление пара за регулируемыми клапанами	№ 1	127,1	127,8	128,9	130,0	127,0	128,4	129,3	127,8									
9		№ 2	127,1	120,6	91,1	56,0	111,3	76,6	57,1	50,7									
10		№ 3	81,9	76,8	68,2	52,9	75,0	63,4	54,2	47,3									
11		№ 4	77,4	73,0	64,3	48,8	71,4	59,8	50,9	44,8									
12	Давление пара в камере рег. ступени ЦВД	в камере I отбора	82,6	77,7	69,4	55,4	-	-	60,0	44,9									
13		в камере II отбора	32,95	31,04	27,42	21,45	33,49	28,04	24,64	21,64									
14		на выхлопе ЦВД	22,34	21,21	18,64	14,71	22,84	19,04	17,34	15,39									
15		в камере III отбора	14,18	13,5	12,08	9,8	14,31	12,21	12,11	10,71									
16		в камере IV отбора	14,18	13,5	12,08	9,8	14,31	12,21	12,11	10,71									
17	Давление пара в камере V отбора	в камере V отбора	9,35	8,88	7,97	6,46	9,34	8,16	7,94	7,13									
18		в камере V отбора	5,628	5,308	4,848	4,008	5,618	5,068	4,878	4,388									
19	Температура пит. воды за ПВД	°C	237,9	235,3	230	219	-	-	-	-									
20	Температура пара на выхлопе ЦВД	°C	290,1	288,8	286,1	280,8	292,9	291,0	300,9	299,8									
21	Внутр. относ. КПД ЦВД	%	76,36	74,31	71,37	66,83	73,43	69	65,23	62,88									



# Температура питательной воды за группой ПВД



Рук.гр.	Сахаров	 10.04
Рук.раб.	Сахаров	
Исполн.	Александров	

Турбоагрегат  
 типа ПТ-65/75-130 ЛМЗ, ст. №6  
 ТЭЦ-16 Мосэнерго

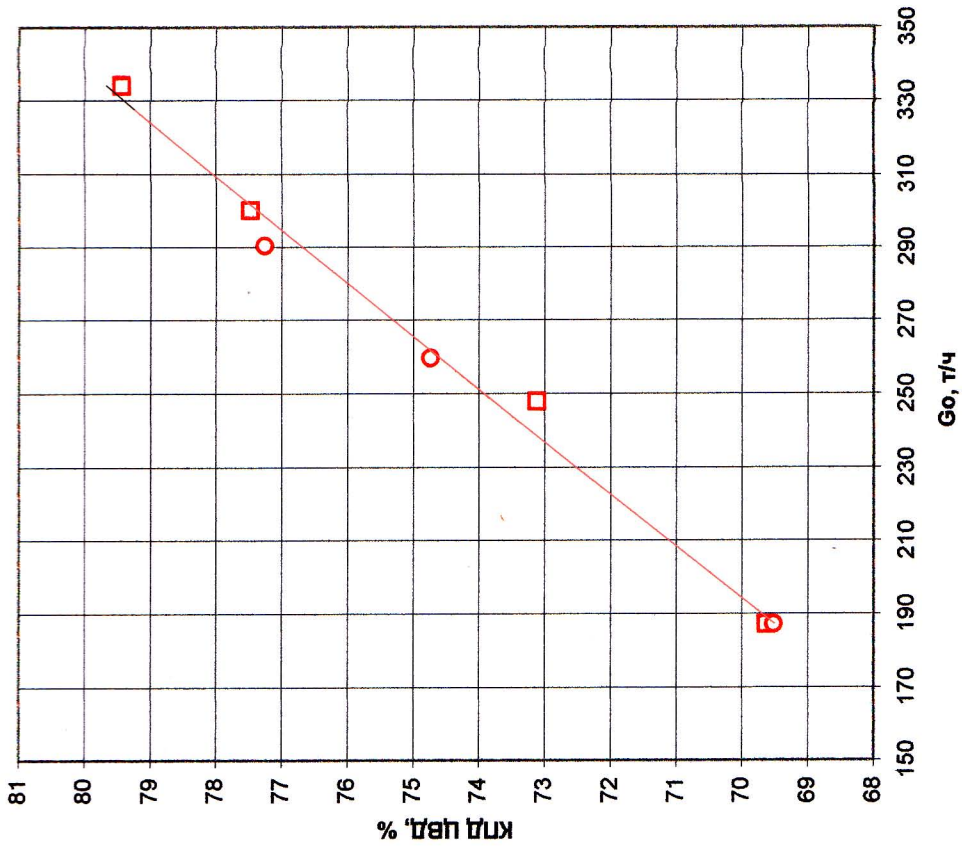
Рис.№5

ОАО ФИЦ "Фирма ОРГРЭС"  
 г. Москва, ЦИТО

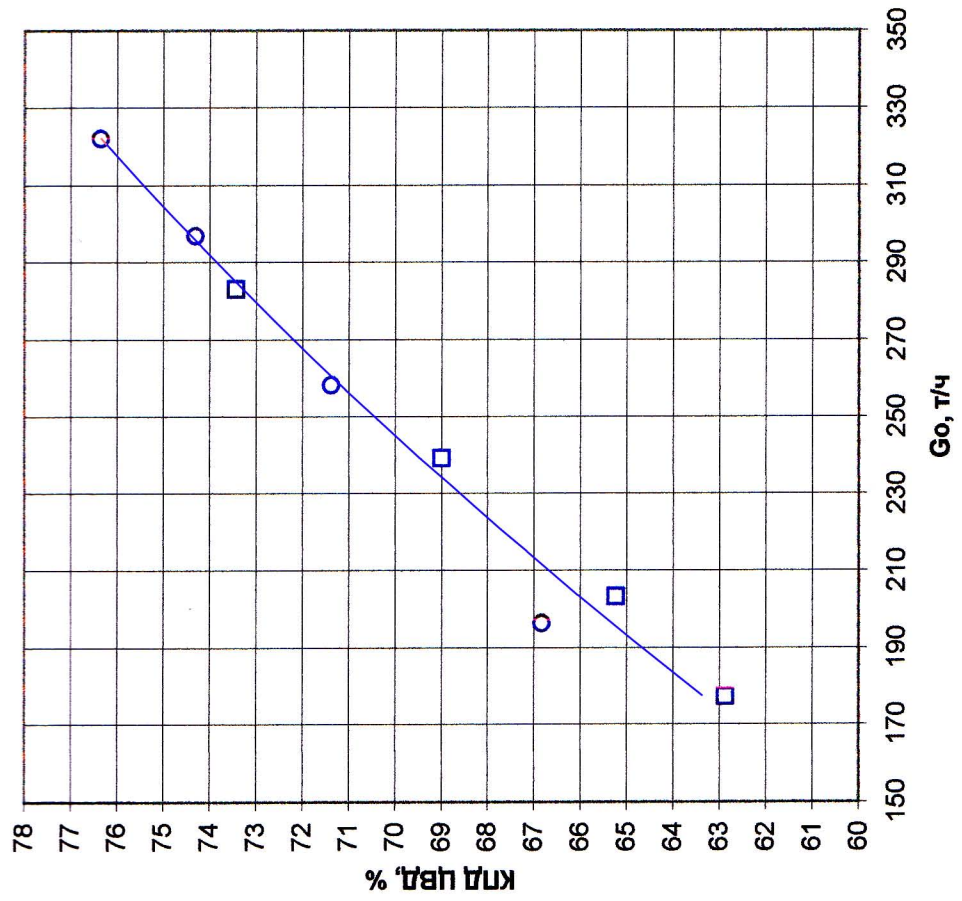


### Внутренний относительный КПД ЦВД

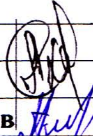
Этап №2



Этап №3



- опыты с включенным ПВД
- опыты с отключенным ПВД

Рук.гр.	Сахаров	 10.04
Рук.раб.	Сахаров	
Исполн.	Александров	

Турбоагрегат  
 типа ПТ-65/75-130 ЛМЗ, ст. №6  
 ТЭЦ-16 Мосэнерго

Рис. № 6  
 ОАО ФИЦ "Фирма ОРГРЭС"  
 г. Москва, ЦИТО