

УДК 621.165

**А.И. ЯКОВЛЕВ**, академик АН ВО, д-р техн. наук; проф. Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков  
**О.М. КОБЦЕВ**, начальник бюро, главный конструктор проекта Филиала Харьковского ЦКБ «Энергопрогресс» ООО «Котлотурбопром», г. Харьков  
**Т.Н. ПУГАЧЕВА**, канд. техн. наук; доц. УИПА, г. Харьков  
**В.В. ПАНОВ**, аспирант Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»; инженер Филиала Харьковского ЦКБ «Энергопрогресс» ООО «Котлотурбопром», г. Харьков

### **АНАЛИЗ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ И ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК ЧЕРНИГОВСКОЙ ТЭЦ В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ПРОИЗВОДСТВЕННОМ ПАРЕ И ОБОСНОВАНИЕ УСТАНОВКИ ПРИКЛЮЧЁННОЙ ТУРБИНЫ, РАБОТАЮЩЕЙ ОТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТБОРОВ ДРУГИХ ТУРБИН**

Розглянуте актуальне питання збільшення електричної потужності Чернігівської ТЕС. Проведені розрахунки та аналіз режимів роботи турбінного обладнання ТЕС. Пропонується в умовах зниження споживання пари промислових параметрів встановити нову турбіну, що буде працювати на парі 8–10 ата, що дозволить збільшити виробництво електричної енергії на ТЕС.

Urgent problem of Chernigovskaja HPP electrical power increasing was considered. Calculations and analysis of HPP turbine equipment operational modes were carried out. It is proposed to install the new turbine under the conditions of consumption decreasing of steam with industrial parameters. This new turbine will operate at the steam of 8–10 ata, which allows the increase of electrical power generating at HPP.

Черниговская ТЭС расположена в черте города и покрывает значительную часть тепловой нагрузки отопления и горячего водоснабжения. Для этой цели используются две турбины с производственными и теплофикационными отборами ПТ-50/60-130/7 УТМЗ (ст. № 1 и 2), а также теплофикационная турбина Т-100/120-130-3 УТМЗ.

В настоящее время Черниговская ТЭС рассматривает технико-экономическую возможность по увеличению выработки электроэнергии.

Увеличение выработки электрической мощности можно добиться двумя путями:

- 1) оптимизацией режимов работы существующего оборудования станции;
- 2) установкой новой турбины, причем использование последней целесообразно в том случае, когда исчерпаны экономически оправданные возможности выработки дополнительной электрической мощности существующими турбоагрегатами (ТГ-1, ТГ-2, ТГ-3).

В связи с этим, ХЦКБ был разработан проект по анализу режимов работы основного энергетического оборудования Черниговской ТЭС при покрытии тепловых и электрических нагрузок, а также рассмотрены варианты максимально возможной загрузки турбин по выработке электрической мощности при существующем оборудовании ТЭС и варианты с установкой новой турбины (для существующих и перспективных тепловых нагрузок).

При выборе типа новой турбины учитывался следующий фактор. Для ТЭС с параметрами пара 13,7 МПа (140 ата) характерно наличие турбин типа ПТ для выработки пара 0,69 МПа...1,27 МПа (7...13 ата) на производственные нужды сторонних потребителей. В настоящее время, как правило, наблюдается устойчивая

тенденция снижения потребности в производственном паре. Это приводит к тому, что ЧВД турбины оказывается недогруженной по свежему пару и становится невозможным увеличивать ее электрическую мощность.

В этом случае является целесообразной установка приключенной турбины, питающейся паром из стационарного коллектора 0,69 МПа...1,27 МПа (7...13 ата). Такое техническое решение позволит:

1) вырабатывать дополнительную электрическую мощность в ЧВД турбины типа ПТ за счет загрузки пара производственного отбора и увеличения расхода свежего пара;

2) вырабатывать дополнительную электрическую мощность собственно в приключенной турбине;

3) увеличить тепловую мощность теплофикационных отборов за счет отработанного пара приключенной турбины (если она выбрана с противодавлением). Этот вариант позволяет преодолеть ограничения по тепловой мощности «Т» отборов, связанной с пропускной способностью ЧСД турбин типа ПТ, вследствие чего теплофикационные нагрузки зачастую вынуждены покрываться за счет пиковых источников, что значительно снижает экономичность работы станции.

Расчеты тепловых балансов ТЭЦ показали, что в связи с наличием на существующих турбинах теплофикационных отборов, которые вполне покрывают как существующие, так и перспективные теплофикационные нагрузки, установка дополнительного источника теплофикации не требуется, то есть предполагается установка конденсационной приключенной турбины.

В объеме проекта выполнены детальные расчеты режимов работы турбин и тепловой схемы, рассмотрены балансы покрытия тепловых и электрических нагрузок с одновременной их оптимизацией, определены сравнительные технико-экономические показатели вариантов реконструкции ТЭЦ.

В 2004 году по проекту, разработанному ХЦКБ, была проведена реконструкция турбины ПТ-50/60-130/7 ТМЗ ст. №1 для перевода на режим работы с ухудшенным вакуумом. С целью определения оптимальной схемы работы турбинного оборудования и наилучших экономических показателей, в проекте рассмотрена работа ТГ-1 как на режиме с нормальным, так и с ухудшенным вакуумом.

Результаты расчетов приведены в таблице 1 и 2.

Общие капитальные затраты на изготовление и установку турбины с генератором, а также на расширение системы технического водоснабжения (циркуляционной системы) составят порядка 200 млн. грн. На рисунке приведена зависимость срока окупаемости затрат на установку приключенной турбины для рассмотренных вариантов в зависимости от отпускной цены на электроэнергию.

По результатам проведенных технико-экономических расчетов следует рекомендовать к внедрению вариант 2б, предусматривающий установку приключенной турбины и работу ТГ-1 на ухудшенном вакууме.

Технические параметры приключенной турбины, исходя из возможных вариантов ее работы, должны быть следующими:

- а) давление пара производственного отбора 8–10 ата;
- б) температура пара – 200–250 °С;
- в) максимальный расход пара – 170–180 т/ч.

Таблица 1

Сравнение возможных вариантов работы ТЭЦ в отопительный период

Наименование	Отопительный период																	
	Существующие тепловые нагрузки						Перспективные тепловые нагрузки											
	Существующее оборудование			Установка приключенной турбины			Существующее оборудование			Установка приключенной турбины								
Вар. 1а	Вар. 1б	Вар. 2а	Вар. 1в	Вар. 2б	Вар. 3а	Вар. 4а	Вар. 3б	Вар. 4б	Вар. 1а	Вар. 1б	Вар. 2а	Вар. 1в	Вар. 2б	Вар. 3а	Вар. 4а	Вар. 3б	Вар. 4б	
–	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	( $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	(ТГ-1 на ухудшенном вакууме, $N_{Э}^{max}$ )	
158,5	228,2	205,9	254,7	256,7	226,7	219,4	249,6	250,7	0	69,7	47,4	96,2	98,2	68,2	60,9	91,1	92,2	
0	0	0	13,3	26,0	0	0	11,8	16,5	0	0	0	0	0	0	0	13,7	24,7	
Максимальная электрическая мощность приключенной турбины за период $N_{Э}^{max}$ прикл. турб., МВт	0	0	0	15,1	31,3	0	13,7	24,7	0	0	0	0	0	0	0	13,7	24,7	
Расчётная тепловая нагрузка ТЭЦ при $t_{Н.В.}^{расч} = -23 \text{ } ^\circ\text{C}$ , $Q_T^{расч}$ , Гкал/ч	176																	
Средняя тепловая нагрузка ТЭЦ за период $Q_T^{cp}$ , Гкал/ч	103,5																	
Средний удельный расход топлива на отпущенную электроэнергию за период $b_{Э}^{cp}$ , г/(кВт·ч)	373,3	389,9	387,17	390,9	388,32	341,18	332,19	344,75	339,5	389,9	387,17	390,9	388,32	341,18	332,19	344,75	344,75	339,5

Таблица 2

Сравнение возможных вариантов работы ТЭЦ в летний период

Наименование	Летний период					
	Существующие тепловые нагрузки			Перспективные тепловые нагрузки		
	Существующее оборудование		Установка приключенной турбины	Существующее оборудование		Установка приключенной турбины
	Вар. 1а	( $N_3^{max}$ )	( $N_3^{max}$ )	( $N_3^{max}$ )	( $N_3^{max}$ )	( $N_3^{max}$ )
Средняя электрическая мощность за период $N_3^{cp}$ , МВт	82	215,4	240,3	214,3	239,2	
Увеличение выработки электроэнергии за период в сравнении с базовым вариантом (Вар. 1а), $\Delta N_3$ , МВт	0	133,4	158,3	132,3	157,2	
Средняя электрическая мощность приключенной турбины за период $N_3^{cp}$ прикл. турб., МВт	0	0	12,0	0	12,0	
Максимальная электрическая мощность приключенной турбины за период $N_3^{max}$ прикл. турб., МВт	0	0	12,0	0	12,0	
Средняя тепловая нагрузка ТЭЦ за период $Q_T^{cp}$ , Гкал/ч	31			52		
Средний удельный расход топлива на отпущенную электроэнергию за период $b_3^{cp}$ , г/(кВт·ч)	449,99	451,15	447,57	433,81	431,87	

Предполагаемая приключенная турбина – конденсационная без теплофикационных отборов типа К-30-0,9. Такая турбина является нетиповой и может быть спроектирована и изготовлена турбинными заводами или специализированными предприятиями.

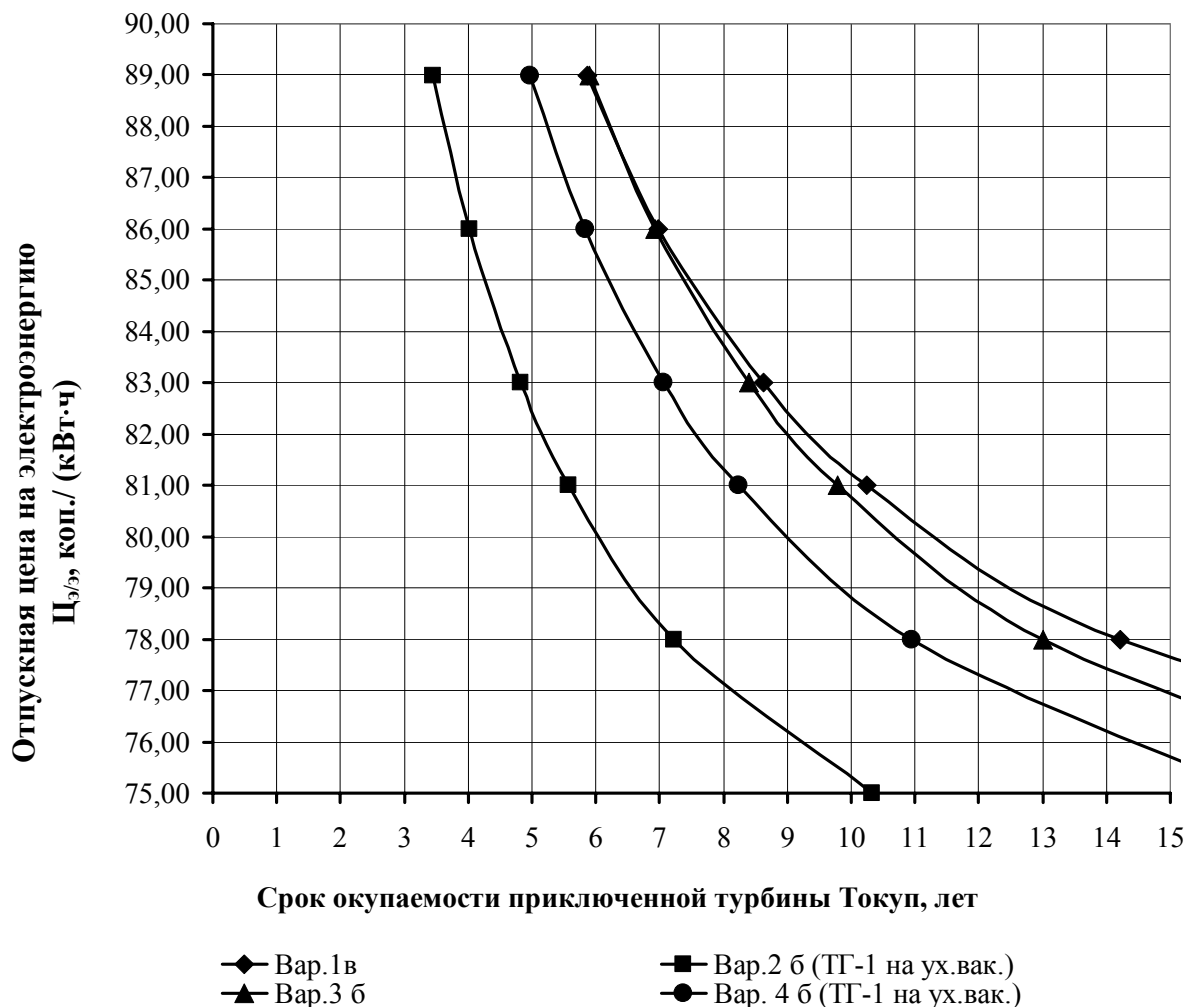


Рис. Срок окупаемости установки приключенной турбины в зависимости от отпускной цены на электроэнергию

**Список литературы: 1.** ТС107-016. Анализ тепловой схемы и тепловых нагрузок Черниговской ТЭЦ с выбором типа приключенной турбины, работающей от промышленных отборов ТГ-1 и ТГ-2 // Филиал ХЦКБ «Энергопрогресс» ООО «Котлотурбопром». – 2010. **2.** ГКД 34.09.108-98. Розподіл витрати палива на теплових електростанціях на відпущену електричну і теплову енергію при їх комбінованому виробництві. Методика // НДІЕнергетики. – Київ., 1998.

© Яковлев А.И., Кобцев О.М., Пугачева Т.Н., Панов В.В., 2011  
 Поступила в редколлегию 15.02.11