

УДК 621.165

**О.В. КОТУЛЬСКАЯ<sup>1</sup>, Т.Н. ПАРАМОНОВА<sup>1</sup>, Н.В. ЛЫХВАР<sup>1</sup>, А.Ю. КОЗЛОКОВ<sup>2</sup>**<sup>1</sup>*Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков*<sup>2</sup>*Харьковская ТЭЦ-5, Украина***О СОХРАНЕНИИ РЕСУРСА ТЕПЛОФИКАЦИОННОЙ ТУРБИНЫ Т-250/300-240 ПРИ РАБОТЕ НА ПЕРЕМЕННЫХ НАГРУЗКАХ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ ИХ ИЗМЕНЕНИЯ**

*Представлено расчетное исследование распределения параметров пара по проточной части турбины Т-250/300-240 на режимах глубокой разгрузки с использованием скользящего давления при постоянной температуре острого пара. Расчеты сделаны для режимов, определяющих безопасную эксплуатацию котла. Проведенное исследование позволяет расширить регулировочный диапазон изменения мощности и уменьшить время разгрузки и нагружения турбины без увеличения уровня термических напряжений и срабатывания остаточного ресурса турбины.*

**Ключевые слова:** турбина, ресурс, ротор, температура, давление, скользящие параметры.

На условия эксплуатации генерирующего оборудования энергоблоков Харьковской ТЭЦ-5 в значительной мере влияет работа по заказам Энергобанка, когда станция поставляет электроэнергию в объединенную энергетическую систему Украины по заданному графику нагрузки. При этом в ночные часы наблюдается ежесуточное снижение мощности энергоблока с 300 до 140 МВт (при работе в конденсационном режиме) или с 250 до 140 МВт (при работе в теплофикационном режиме). Нагружение и разгрузка блока зачастую осуществляется с темпом изменения мощности, который превышает допустимый, заданный заводом-изготовителем для переходных режимов. Уменьшение временного интервала при переходе от номинального значения до минимально допустимого за счет регулирования диапазона в сторону уменьшения нагрузки, может вызвать пластические деформации в наиболее напряженных (критических) точках ротора. О чем свидетельствуют как расчетные данные по определению интенсивности напряжений [1], так и появление трещин в таких элементах ротора как галтели на дисках регулирующей ступени, термокомпенсационные канавки диафрагменных и передних концевых уплотнений.

Одним из приемов сохранения ресурса турбины при глубоких разгрузках является работа на скользящих параметрах [2, 3], суть которой заключается в том, что при полностью открытых регулирующих клапанах снижение давления на входе в турбину производится с помощью котла при поддержании температуры острого пара на уровне номинального значения.

Данная технология работы на скользящем дав-

лении широко применяется на блоках с барабанными котлами и осваивается на блоках с прямоточными котлами [2, 3]. Основное внимание при этом уделяется состоянию элементов котла и очень мало внимания уделяется непосредственно работе турбины. При этом считается, что при постоянной температуре на входе в турбину распределение температуры пара по проточной части также остается неизменным, несмотря на существенное снижение расхода пара.

На Харьковской ТЭЦ-5 ОАО «ЛьвовОРГРЭС» была проведена работа по переводу блока № 3 на скользящие параметры свежего пара [4]. При проведении испытаний не было дано оценки изменения теплового состояния турбины Т-250/300-240.

В данной работе представлено исследование распределения параметров пара по проточной части турбины Т-250/300-240 на режимах глубокой разгрузки с использованием скользящего давления при постоянной температуре  $T_{оп} = 540$  °С. Расчетные исследования проводились с помощью программного комплекса, созданного в ИПМаш на основе математической модели турбоустановки [5].

Полученные значения температур по всему тракту течения пара в цилиндре высокого давления (ЦВД) для теплофикационного ( $N_3 = 250$  МВт) и конденсационного режимов ( $N_3 = 300$  МВт) при  $T_{оп} = 540$  °С,  $P_0 = 240$  кгс/см<sup>2</sup> полностью совпадают (рис. 1), что позволяет проводить дальнейшие исследования для одного из этих режимов.

Для оценки изменения температурного состояния ротора высокого давления было исследовано два варианта работы турбины:

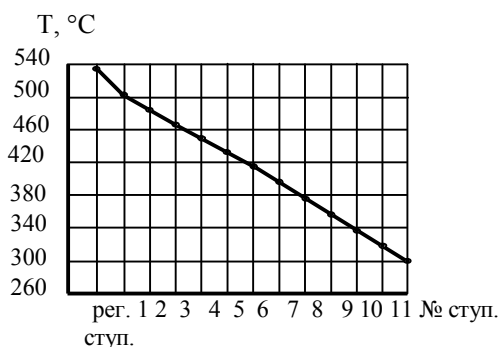


Рис. 1. Изменение температуры пара в проточной части ЦВД при работе на номинальных параметрах

- изменение мощности проводилось с помощью прикрытия регулирующих клапанов (табл. 1);
- изменение мощности выполнялось при скользящем давлении, когда снижение давления происходит в котле за счет уменьшения расхода топливного газа. При этом регулирующие клапаны полностью открыты, что исключает дросселирование пара на входе в турбину (табл. 2).

Тепловой расчет турбины на скользящих параметрах проведен для режимов, выбранных ЛьвовОРГРЭС при наладке котла ТГМП-344.

Таблица 1  
Параметры пара при работе на переменных режимах

Номер режима	Мощность, $N_3$ , МВт	Расход через турбину, $G_0$ , т/ч
1	301,3	955
2	249,6	762
3	204,9	616
4	139,8	412
5	136,7	411,8

Таблица 2  
Параметры пара при работе на скользящих параметрах

Номер режима	Мощность, $N_3$ , МВт	Расход через турбину, $G_0$ , т/ч	Давление на входе в турбину, $P_0$ , кгс/см <sup>2</sup>
1	301,3	955	235,36
2	237,8	720	235,36
3	202,3	616	159,91
4	186,3	550	179,46
5	128,7	365	119,64

Анализ изменения температуры пара в ступенях проточной части цилиндра высокого давления при переменных режимах (рис. 2) показал, что снижение мощности до 137 МВт сопровождается появлением температурного перепада  $\Delta T = 105^\circ\text{C}$ , что приводит к опасным термоударам на поверхностях

элементов диска регулирующей ступени, внутреннего уплотнения и переднего концевого уплотнения.

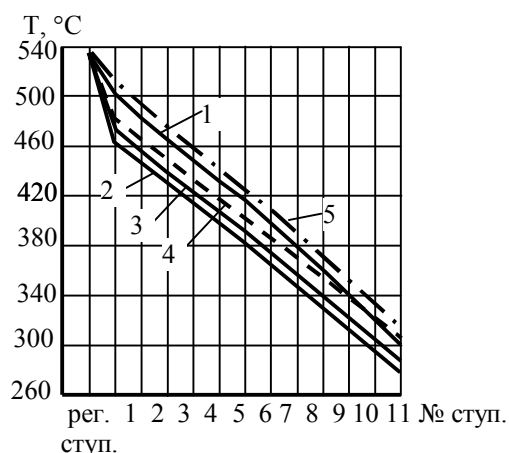


Рис. 2. Изменение температуры пара в проточной части ЦВД при переменных режимах работы

Переход на работу при скользящем давлении и уменьшении мощности до 129 МВт вызывает появление температурного перепада  $\Delta T = 55^\circ\text{C}$  (рис. 3). Этот температурный перепад не приводит к пластическим деформациям на поверхности металла в критических точках ротора и не вызывает срабатывания ресурса по факту малоциклового усталости. Поэтому перевод блока на работу при скользящем давлении можно начинать при более высокой мощности (265-275 МВт), если на это не накладывает ограничение работа котла.

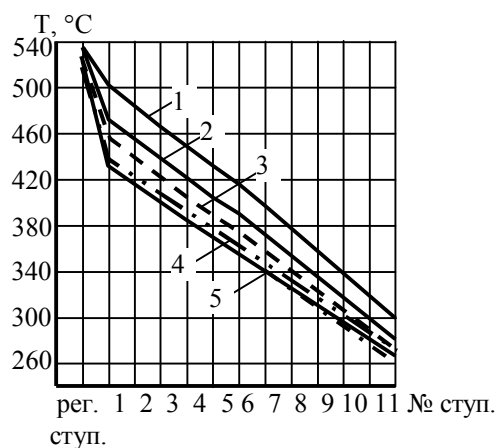


Рис. 3. Изменение температуры пара в проточной части ЦВД при работе на скользящих параметрах

### Выводы

1. Проведенное исследование изменения температуры пара по проточной части ЦВД турбины Т-250/300-240 при работе блока на скользящем давлении показало, что регулировочный диапазон изменения мощности может быть расширен. Нижнее

значение регулировочного диапазона может составлять 129 МВт вместо принятого в настоящее время 150 МВт. При этом температурное состояние проточной части существенно не изменяется.

2. Перевод блока на режим работы при скользящем давлении позволяет уменьшить время разгрузки и нагружения турбины при сохранении безопасного уровня термонапряжений, не приводящего к ускоренному срабатыванию ресурса турбины.

### Литература

1. *Повышение энергоэффективности работы турбоустановок ТЭС и ТЭЦ путём модернизации, реконструкции и совершенствования режимов их эксплуатации / Ю.М. Мацевитый, Н.Г. Шульженко, В.Н. Голощатов и др.; под общ. ред. академика Ю.М. Мацевитого; НАН Украины Институт про-*

*блем машиностроения. – К.: Наукова думка, 2008. – 366 с.*

2. *Кириллов И.И. Внедрение скользящего давления - важнейшая задача современной энергетики / И.И. Кириллов, В.И. Иванов // Энергомашиностроение. – 1973. – № 10. – С. 3-7.*

3. *Прокопенко А.Г. Стационарные, переменные и пусковые режимы энергоблоков ТЭС / А.Г. Прокопенко, И.С. Мысак. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 315 с.*

4. *Клуб М.В. Експлуатація прямогокового котла на ковзаному тиску при відключенні ПВТ / М.В. Клуб, Й.С. Мисак, О.Ю. Козлоков // Енергетика та електрифікація. - 2007. - № 11. – С. 16-22.*

5. *Лыхвар Н.В. Моделирование теплоэнергетических установок с использованием интерактивной схемной графики / Н.В. Лыхвар, Ю.Н. Говорущенко, В.А. Яковлев // Проблемы машиностроения. – 1992. – Вып. 38 - С. 76-85.*

Поступила в редакцию 29.05.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, чл.-корр. НАН Украины, зав. отделом А.Л. Шубенко, Институт проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного НАН Украины, Харьков, Украина.

### ПРО ЗБЕРЕЖЕННЯ РЕСУРСУ ТЕПЛОФІКАЦІЙНОЇ ТУРБИНИ Т-250/300-240 ПРИ РОБОТІ НА ЗМІННИХ НАВАНТАЖЕННЯХ У ШИРОКОМУ ДІАПАЗОНІ ЇХНЬОЇ ЗМІНИ

*О.В. Котульська, Т.М. Парамонова, М.В. Лихвар, О.Ю. Козлоков*

Представлено розрахункове дослідження розподілу параметрів пари по проточній частині турбіни Т-250/300-240 на режимах глибокого розвантаження з використанням ковзного тиску при постійній температурі гострої пари. Розрахунки зроблено для режимів, що визначають безпечну експлуатацію котла. Проведене дослідження дозволяє розширити регульовальний діапазон зміни потужності та зменшити час розвантаження та навантаження турбіни без збільшення рівня термічних напруг і спрацьовування остаточного ресурсу турбіни.

**Ключові слова:** турбіна, ресурс, ротор, температура, тиск, ковзаючі параметри.

### ABOUT THE SAVING OF RESOURCE OF COGENERATION TURBINE T-250/300-240 DURING WORK ON THE VARIABLE LOADINGS IN THE WIDE RANGE OF THEIR CHANGE

*O.V. Kotulska, T.N. Paramonova, N.V. Lihvar, N.A. Kozlov*

The research calculation of distributing of steam parameters on channel of turbine T-250/300-240 on the modes of the deep loading with the use of sliding pressure at a stationary temperature direct steam is presented. Calculations are done for the modes determining safe exploitation of boiler. This research allows extending the regulation range of power change and to decrease time of unloading and loading of turbine without increase level of termaltensions and abrasion of remaining resource of turbine.

**Key words:** turbine, resource, rotor, temperature, pressure, sliding pressure

**Котульська Ольга Валеріївна** - вчений інженер відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів Інституту проблем машиностроення ім. А.Н. Подгорного НАН України, Харків, Україна, e-mail: katulska@ipmach.kharkov.ua.

**Парамонова Татяна Николаєвна** - вчений інженер відділу моделювання та ідентифікації теплових процесів Інституту проблем машиностроення ім. А.Н. Подгорного НАН України, Харків, Україна, e-mail: paramonova@ipmach.kharkov.ua.

**Лыхвар Николай Васильевич** - канд. техн. наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу оптимізації процесів та конструкцій турбомашин Інституту проблем машиностроення ім. А.Н. Подгорного НАН України, Харків, Україна.

**Козлоков Николай Юрьевич** - головний інженер, ОАО «Харківська ТЕС-5», Харків, Україна.