

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

Руководящий документ

**НОРМАТИВНЫЕ ДОКУМЕНТЫ  
ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ  
И КОТЕЛЬНЫХ**

**МЕТОДИКА  
РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ТОПЛИВА,  
ПАРА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ  
ПРИ ПУСКАХ ПОСЛЕ ОСТАНОВОВ  
С РАСХОЛАЖИВАНИЕМ ТУРБИНЫ  
И ПОСЛЕ РЕМОНТОВ  
ЭНЕРГОБЛОКОВ СКД КЭС**

**РД 34.09.116–96**

Москва 1997

РАЗРАБОТАН Всероссийским дважды ордена Трудового  
Красного Знамени теплотехническим  
научно-исследовательским институтом  
(ВТИ)

ИСПОЛНИТЕЛЬ *Н.В.Иванов*

УТВЕРЖДЕН Департаментом науки и техники РАО  
"ЕЭС России" 27 сентября 1996 г.

Начальник *А.П.Берснев*

СОГЛАСОВАН Отделом топливониспользования Депар-  
тамента эксплуатации энергосистем и  
электростанций РАО "ЕЭС России"  
12 сентября 1996 г.

Начальник *В.Ф.Калинов*

Ключевые слова: энергетика, тепловые электростанции,  
нормы, расчет, пуск энергоблоков, расколаживание турбины,  
плановый ремонт, потери

## РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

---

**МЕТОДИКА РАСЧЕТА  
ПОТЕРЬ ТОПЛИВА, ПАРА  
И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ  
ПУСКАХ ПОСЛЕ ОСТАНОВОВ  
С РАСХОЛАЖИВАНИЕМ  
ТУРБИНЫ И ПОСЛЕ  
РЕМОНТОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ СКД КЭС**

**РД 34.09.116-96**

**Введен впервые**

---

*Срок действия установлен  
с 1997-07-01  
до 2007-07-01*

Настоящий руководящий документ распространяется на энергоблоки мощностью 300, 500, 800 и 1200 МВт конденсационных тепловых электростанций и устанавливает правила расчета нормативных или фактических потерь топлива, пара и электроэнергии при пусках после остановов с расхолаживанием турбины под нагрузкой и после ремонтов по планируемому или фактическому графику пусков и расхолаживаний с учетом технологических особенностей пусков.

Настоящий руководящий документ обязателен для применения при расчете норм потерь, анализе экономичности пусков для определения оптимальности их технологии, а также при оценке эффективности мероприятий, сокращающих длительность пусков.

---

**Издание официальное**

Настоящий отраслевой руководящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения РАО "ЕЭС России" или ВТИ

Положения настоящего отраслевого нормативного документа обязательны для применения расположенными на территорию Российской Федерации предприятиями и объединениями предприятий, имеющими в своем составе (структуре) тепловые электростанции и когельные, независимо от форм собственности и подчинения.

## 1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 *Термин* "пусковые потери" обозначает непроизводительные затраты топлива, пара от постороннего источника и электроэнергии на привод механизмов собственных нужд до включения турбогенератора в сеть в период пуска, перерасходы топлива в нестационарных режимах нагружения турбины, при стабилизации теплового состояния энергоблока и расхолаживании турбины под нагрузкой при останове энергоблока.

1.2 *Потери* при пусках после остановов с расхолаживанием турбины определяют как сумму потерь при пуске из холодного состояния, рассчитываемых в соответствии с РД 34.09.156–94 "Методика расчета потерь топлива, электроэнергии и пара при пусках энергоблоков мощностью 160–1200 МВт тепловых электростанций", и потерь в режиме расхолаживания. Последние включают величины, не отраженные в действующей системе анализа эффективности топливоиспользования и нормирования технико-экономических показателей, и связаны:

- а) с пониженными параметрами пара в процессе расхолаживания;
- б) со снижением КПД котла при его работе на растопочной нагрузке на конечном этапе расхолаживания;
- в) с затратами пара от постороннего источника на обогрев фланцев и шпилек цилиндров высокого и среднего давлений;
- г) со сбросом пара в конденсатор помимо турбины для поддержания электрической нагрузки ниже значения, определенного техничным котла на конечной стадии расхолаживания.

1.3 *Потери* при пусках после ремонтов определяют суммой потерь в периоды нагружения турбины и стабилизации теплового состояния, определяемых по РД 34.09.156–94, и потерь в процессе технологических операций, предусмотренных при выводе энергоблока из ремонта в период до включения турбогенератора в сеть. Последние связаны с проведением следующих операций:

- № 1 — опрессовка и гидравлические испытания котла;
- № 2 — холодная отмывка котла;
- № 3 — горячая отмывка котла;
- № 4 — подъем параметров, проверка и настройка предохранительных клапанов;

№ 5 — изолирование турбины, сушка изоляции, балансировка роторов и замер вибраций;

№ 6 — определение характеристик регулирования и электрические испытания энергоблока.

В длительность указанных операций включается время выхода энергоблока на требуемые параметры и собственно время проведения этих операций.

1.4 При определении потерь  $\Delta B_i$ , т усл.топл., экспериментальным путем в режимах расхолаживания и для каждого этапа пуска измеряют величины, входящие в формулу:

$$\Delta B_i = \Delta B_i^T + \Delta B_i^П + \Delta B_i^З - \Delta B_i^{\text{пол}}, \quad (1)$$

где  $\Delta B_i^T$ ,  $\Delta B_i^П$  и  $\Delta B_i^З$  — израсходованные на  $i$ -м этапе пуска или расхолаживания топливо, пар от постороннего источника и электроэнергия на собственные нужды (в едином эквиваленте — условном топливе) соответственно, т усл.топл.;

$\Delta B_i^{\text{пол}}$  — топливо, эквивалентное полезной (отданной в сеть в процессе расхолаживания, нагружения и стабилизации при пуске) электроэнергии, т усл.топл.

Для этапов пуска без включенного в сеть турбогенератора значение  $\Delta B_i^{\text{пол}}$  равно нулю. Для режимов расхолаживания, нагружения и стабилизации при пуске  $\Delta B_i^З = 0$ , так как затраты электроэнергии на собственные нужды входят в величину  $\Delta B_i^{\text{пол}}$ .

Потери в целом за пуск или расхолаживание равны сумме потерь на всех этапах пуска или расхолаживания.

Топливную составляющую потерь  $\Delta B_i^T$ , т усл.топл., определяют по формуле:

$$\Delta B_i^T = \frac{G_i^{\text{н т}} Q_{\text{н}}^r \cdot 10^{-3}}{Q_{\text{г}}^r}, \quad (2)$$

где  $G_i^{\text{н т}}$  — количество сожженного на  $i$ -м этапе натурального топлива, т;

$Q_{\text{н}}^r$  — низшая теплота сгорания натурального топлива, КДж/кг;

$Q_{\text{г}}^r$  — низшая теплота сгорания условного топлива, равная  $29,3 \cdot 10^3$  КДж/кг.

Потери пара, полученного от постороннего источника,  $\Delta B_i^П$ , т усл. топл., определяют по формуле:

$$\Delta B_i^n = \frac{G_i^n (i_n - i_k) \xi_n}{\eta_k^n Q_y^r} \quad (3)$$

где  $G_i^n$  — потребление пара от постороннего источника на  $i$ -м этапе  
т;

$i_n$  и  $i_k$  — энтальпии пара и конденсата после его использования,  
КДж/кг;

$\xi_n$  — коэффициент ценности тепла стороннего пара;

$\eta_k^n$  — КПД (нетто) котла, вырабатывающего потребляемый пар.

Потери электроэнергии, потребляемой на привод механизмов собственных нужд,  $\Delta B_i^3$ , т усл.топл., рассчитываются по формуле

$$\Delta B_i^3 = \Xi_i^{cн} b_0^3 \cdot 10^{-6} \quad (4)$$

где  $\Xi_i^{cн}$  — затраты электроэнергии на собственные нужды на  $i$ -м этапе, кВт·ч;

$b_0^3$  — среднемесячный удельный расход условного топлива энергоблока на 1 кВт·ч отпущенной электроэнергии, г/кВт·ч.

Количество топлива, необходимого для производства электроэнергии, отпущенной при расхолаживании и пуске на  $i$ -м этапе, но для стационарных условий работы при номинальных параметрах  $\Delta B_i^{пол}$ , т усл.топл., определяют по формуле

$$\Delta B_i^{пол} = \left( \frac{10^3}{60} N_i^{ср} \tau_i - \Xi_i^{cн} \right) b_i^{3,н} \cdot 10^{-6} \quad (5)$$

где  $N_i^{ср}$  — средняя за  $i$ -й период электрическая нагрузка, МВт;

$\tau_i$  — длительность  $i$ -го периода расхолаживания или пуска, мин;

$b_i^{3,н}$  — удельный расход условного топлива на отпущенную электроэнергию при средней на  $i$ -м этапе электрической нагрузке, г/кВт·ч (определяется по нормативам).

При определении потерь в режиме расхолаживания весь период расхолаживания разделяют на этапы с изменением одного из параметров (давления, температуры свежего пара, температуры пара промежуточного перегрева, электрической мощности) от одного статического уровня до другого.

1.5 При расчетном определении потерь для каждого этапа расхолаживания или пуска применяют формулу

$$\Delta B_i = \sum_{j=1}^3 \sum_{l=1}^n K_i^{j,l} \tau_i^{j,l}, \quad (6)$$

где  $K_i^{j,l}$  — коэффициент потерь условного топлива на  $i$ -м этапе по  $j$ -й составляющей (топливо, пар, электроэнергия) для потребителя  $l$ , т усл. топл /мин;

$\tau_i^{j,l}$  — длительность расходования условного топлива в пределах  $i$ -го этапа по  $j$ -й составляющей для потребителя  $l$ , мин.

Для расчетов используют планируемые или фактически реализуемые графики пуска или расхолаживания и коэффициенты потерь всех составляющих. Коэффициенты потерь условного топлива для каждой составляющей устанавливают на основе экспериментальных данных для энергооборудования разного типа с помощью формул (2)–(5) и фактической длительности отдельных этапов пуска. В настоящей методике коэффициенты потерь для отдельных составляющих приняты по обобщенным для энергоблоков мощностью 300–1200 МВт данным, приведенным в РД 34.09.156–94, и уточнены в соответствии с технологическими особенностями пусков после ремонтов.

1.6 Расчет отдельных составляющих потерь должен соответствовать требованиям, предъявляемым к учету пусковых потерь при нормировании удельного расхода топлива на электростанциях и отчетности о тепловой экономичности. Составляющие потерь разделяют на части, которые условно относят к котельной и турбинной установкам, и выражают в натуральном исчислении: т усл. топл., ГДж, кВт·ч.

1.7 Настоящая методика дает возможность рассчитать потери для пусков дубль-блоков после остановов с расхолаживанием турбины; и ремонтов по моноблочной схеме (когда пусковые операции проводят одновременно на обоих корпусах котла) и при пусках с последовательной растопкой корпусов.

С учетом погрешности определения расчетных коэффициентов потерь, разброса обобщенных данных относительно средних значений и допущений, принятых при разработке методики, погрешность расчетов в ней оценивается в  $\pm 1\%$ .

## 2 РАСЧЕТ ПОТЕРЬ ТОПЛИВА, ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ И ПАРА

### 2.1 Расчет потерь при пусках после остановов с расхолаживанием турбины

2.1.1 Потери условного топлива  $\Delta B_i^{\text{пар}}$ , т усл. топл., на каждом этапе расхолаживания за счет отклонения параметров пара от номинальных значений определяют по формуле

$$\Delta B_i^{\text{пар}} = b_i^{\text{н}} (N_i^{\text{ср}} - N_i^{\text{сн}} - N_i^{\text{ПЭН}}) (\alpha Q_i) \tau_i \frac{10}{60} \quad (7)$$

где  $N_i^{\text{ср}}$ ,  $N_i^{\text{сн}}$  и  $N_i^{\text{ПЭН}}$  — средние мощности на клеммах генератора, механизмов собственных нужд на  $i$ -м этапе без учета затрат на привод питательного электронасоса (ПЭН) и мощность, потребляемая ПЭНом (блоки 300 МВт), соответственно, МВт;

$\alpha Q_i$  — поправки к расходу тепла на отклонение давления ( $\alpha Q_1$ ), температуры свежего пара ( $\alpha Q_2$ ) и температуры пара промежуточного перегрева ( $\alpha Q_3$ ) от номинальных значений, %;

$\tau_i$  — длительность  $i$ -го этапа, мин.

Цифровые значения в формуле (7) — размерные коэффициенты

$$\left. \begin{aligned} \alpha Q_1 &= K_{p_0} \Delta p_0 \cdot 10; \\ \alpha Q_2 &= K_{t_0} \Delta t_0; \\ \alpha Q_3 &= K_{t_{\text{пп}}} \Delta t_{\text{пп}}; \\ \alpha Q_i &= \alpha Q_1 + \alpha Q_2 + \alpha Q_3; \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

где  $K_{p_0}$ ,  $K_{t_0}$ ,  $K_{t_{\text{пп}}}$  — поправки на единицу отклонения от номинальных значений давления, температуры свежего пара и пара промежуточного перегрева соответственно %;

$\Delta p_0$ ,  $\Delta t_0$  и  $\Delta t_{\text{пп}}$  — средние на  $i$ -ом этапе отклонения от номинального значения давления свежего пара, МПа, температуры свежего пара и пара промежуточного перегрева, °С

В соответствии с "Инструкцией по составлению технического отчета о тепловой экономичности работы электростанций" для энергоблоков СКД КЭС

$$K_{p_0} = \pm 0.03 \%; \quad K_{t_0} = \pm 0.03 \%; \quad K_{t_{\text{пп}}} = \pm 0.025 \%.$$

Значения  $b_i^{\text{н}}$ ,  $N_i^{\text{сн}}$  и  $N_i^{\text{ПЭН}}$  определяют по нормативным характеристикам,  $N_i^{\text{ср}}$  и  $\tau_i$  — по реализуемому или планируемому графикам расколаживания

На этапах расколаживания, где заданные значения давления свежего пара и нагрузки на турбине поддерживаются с помощью сброса пара че-



рез быстродействующую редуционно-охлаждающую установку (БРОУ) в конденсатор, формула (7) трансформируется в формулу

$$\Delta B_i^{\text{пар}} = \frac{1}{60} \Delta B_{N_i^{\text{сп}}} (\alpha Q_j) 10^{-2} \tau_i, \quad (9)$$

где  $\Delta B_{N_i^{\text{сп}}}$  — расход топлива, обеспечивающий среднюю нагрузку на  $i$ -м этапе, т усл. топл./ч,

$$\Delta B_{N_i^{\text{сп}}} = (N_{\text{мин}}^{\text{T}} - N_{\text{мин}}^{\text{с.н.}} - N_{\text{мин}}^{\text{ПЭН}}) b_i^{\lambda, N_{\text{мин}}^{\text{T}}} \cdot 10^{-3} \left[ \frac{N_i^{\text{сп}} (1 + \alpha Q_j \cdot 10^{-2})}{N_{\text{мин}}^{\text{T}}} \right], \quad (10)$$

где  $N_{\text{мин}}^{\text{T}}$  — нагрузка энергоблока, соответствующая техническому котла (30 % для моноблоков и 15 % для дубльблоков), МВт;

$N_{\text{мин}}^{\text{с.н.}}$  и  $N_{\text{мин}}^{\text{ПЭН}}$  — мощность агрегатов собственных нужд и потребляемая ПЭНом при  $N_{\text{мин}}^{\text{T}}$  МВт;

$b_i^{\lambda, N_{\text{мин}}^{\text{T}}}$  — нормативный удельный расход топлива при  $N_{\text{мин}}^{\text{T}}$ , г/кВт·ч.

2.1.2 Потери условного топлива  $\Delta B_i^{\text{БРОУ}}$ , т усл. топл., связанные с сбросом пара через БРОУ на конечных этапах расхолаживания, определяют по формуле

$$\Delta B_i^{\text{БРОУ}} = (N_{\text{мин}}^{\text{T}} - N_{\text{мин}}^{\text{с.н.}} - N_{\text{мин}}^{\text{ПЭН}}) b_i^{\lambda, N_{\text{мин}}^{\text{T}}} \frac{10^{-3}}{60} \left[ 1 - \frac{N_i^{\text{сп}} (1 + \alpha Q_j \cdot 10^{-2})}{N_{\text{мин}}^{\text{T}}} \right] \tau_i. \quad (11)$$

2.1.3 Потери условного топлива  $\Delta B_i^{\text{обогр}}$ , т усл. топл., связанные с подачей пара на обогрев фланцев и шпилек ЦВД и ЦСД турбины, определяют по формуле

$$\Delta B_i^{\text{обогр}} = \frac{N_i^{\text{сп}}}{N_{\text{ном}}^{\text{T}}} (\Delta W_{\text{ЦСД}} \cdot \tau_i^{\text{ЦСД}} + \Delta W_{\text{ЦВД}} \cdot \tau_i^{\text{ЦВД}}) b_i^{\lambda, N_{\text{ном}}^{\text{T}}} \frac{10^{-3}}{60}, \quad (12)$$

где  $N_{\text{ном}}^{\text{T}}$  — номинальная мощность энергоблока, МВт;  
 $\Delta W_{\text{ЦСД}}$  и  $\Delta W_{\text{ЦВД}}$  — снижение мощности турбины при включении обогрева фланцев и шпилек ЦСД и ЦВД при номинальной нагрузке соответственно, МВт (приведено в таблице А.1 приложения А);

$\tau_i^{\text{ЦСД}}$  и  $\tau_i^{\text{ЦВД}}$  — длительность подачи пара на обогрев шпилек и фланцев ЦСД и ЦВД турбины на  $i$ -м этапе расхолаживания соответственно, мин.

При  $N_i^{\text{ср}} < N_{\text{мин}}^{\text{т}}$  принимаем  $b_i^{\text{э,н}} = b_i^{\text{э,н}_{\text{мин}}}$ .

2.1.4 Потери условного топлива  $\Delta B_i^{\text{КПД}}$ , т усл. топл., связанные со снижением КПД котла при его работе на растопочной минимальной нагрузке, на конечных этапах расхолаживания определяют по формуле

$$\Delta B_i^{\text{КПД}} = (N_{\text{мин}}^{\text{т}} - N_{\text{мин}}^{\text{сн}} - N_{\text{мин}}^{\text{ПЭН}}) b_i^{\text{э,н}_{\text{мин}}} \frac{\Delta \eta_{\text{к}}^{\text{бр}}}{\eta_{\text{к}}^{\text{бр}}} \tau_i \frac{10^{-3}}{60}, \quad (13)$$

где  $\Delta \eta_{\text{к}}^{\text{бр}}$  — снижение КПД котла (брутто) на растопочной нагрузке (принимается равным 5 %);

$\eta_{\text{к}}^{\text{бр}}$  — КПД котла (брутто), определенный по нормативной характеристике, %.

2.1.5 Для энергоблоков 300 МВт отдельно нормируются затраты электроэнергии на привод ПЭНа  $\mathcal{E}_i^{\text{ПЭН}}$ , МВт·ч, которые определяют по формуле

$$\mathcal{E}_i^{\text{ПЭН}} = N_i^{\text{ПЭН}} \cdot \frac{\tau_i}{60}. \quad (14)$$

При  $N_i^{\text{ср}} < N_{\text{мин}}^{\text{т}}$  принимаем  $N_i^{\text{ПЭН}} = N_{\text{мин}}^{\text{ПЭН}}$ .

2.1.6 Для приведения в соответствие потерь с действующей системой нормирования технико-экономических показателей их разделяют на составляющие, условно отнесенные к котлу и турбине. Затраты электроэнергии на привод ПЭН включают в затраты электроэнергии на собственные нужды, условно отнесенные к котлу  $\mathcal{E}_{\text{к,пуск}}^{\text{сн}}$ , МВт·ч, т.е.

$$\mathcal{E}_i^{\text{ПЭН}} = \mathcal{E}_{\text{к,пуск}}^{\text{сн}}. \quad (15)$$

Потери условного топлива, связанные со сбросом пара через БРОУ и со снижением КПД котла, относят к затратам топлива на котел ( $B_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ , т усл. топл.)

$$\Delta B_i^{\text{БРОУ}} + \Delta B_i^{\text{КПД}} = B_{\text{пуск}}^{\text{топл}}. \quad (16)$$

Потери условного топлива, связанные с пониженными параметрами пара и обогревом фланцев и шпилек ЦСД и ЦВД турбины, формируют дополнительные затраты тепла на турбину  $\Delta Q_{\text{э,пуск}}$ , ГДж, т.е.

$$(\Delta B_i^{\text{пар}} + \Delta B_i^{\text{обогр}}) \cdot Q_{\text{г}} \cdot 10^{-3} = \Delta Q_{\text{э,пуск}}. \quad (17)$$

2.1.7 Для определения суммарных потерь условного топлива на остатков энергоблока с расхолаживанием турбины и последующий пуск к пересчитанным выше прибавляют потери на пуск энергоблока из холодного состояния независимо от длительности простоя. Последние в соответствии с РД 34.09.156–94 определяют как сумму потерь по шести этапам:

- 1 простой энергоблока;
- 2 подготовка к пуску;
- 3 растопка до толчка ротора;
- 4 разворот турбины;
- 5 нагружение турбины;
- 6 стабилизация теплового состояния.

Для этапов 1–4 при расчете потерь  $\Delta B_i$ , т усл. топл., принимают формулу, общую для всех типов энергоблоков:

$$\Delta B_i = (K_i^r + K_i^z + K_i^n) \tau_i + K_i^{\text{ПЭН}} \tau_i^{\text{ПЭН}} + K_i^{\text{ПТН}} \tau_i^{\text{ПТН}} + K_i^{\text{ТВД}} \tau_i^{\text{ТВД}} + K_i^{\text{Д}} \tau_i^{\text{Д}}, \quad (18)$$

где  $K_i^r, K_i^z, K_i^n, K_i^{\text{ПЭН}}, K_i^{\text{ПТН}}, K_i^{\text{ТВД}}$  и  $K_i^{\text{Д}}$  — коэффициенты потерь по топливной составляющей, электроэнергии собственных нужд без учета затрат на привод ПЭН, пара от постороннего источника без учета затрат на привод питательного турбонасоса (ПТН), турбовоздуходувки (ТВД) и деаэрацию (Д) питательной воды, электроэнергии на привод ПЭН, пара на привод ПТН и ТВД, пара на деаэрацию питательной воды соответственно, т усл. топл./мин;

$\tau_i, \tau_i^{\text{ПЭН}}, \tau_i^{\text{ПТН}}, \tau_i^{\text{ТВД}}$  и  $\tau_i^{\text{Д}}$  — длительность  $i$ -го этапа и расходования электроэнергии и пара в пределах этого этапа для пересчитанных выше потребителей соответственно, мин.

Значения коэффициентов потерь, используемых в настоящей методике, приведены в справочном приложении А. Длительность этапов пуска и расходования пара и электроэнергии для потребителей определяют по реализуемому или планируемому графику пуска.

Для нагружения и стабилизации (этапы 5 и 6) при расчете потерь  $\Delta B_i$ , т усл. топл., применяют формулу

$$\Delta B_i = K_{\text{нагр (стаб)}} \cdot \tau_{\text{нагр (стаб)}}, \quad (19)$$

где  $K_{\text{нагр (стаб)}}$  — коэффициенты потерь топлива из-за нестационарности режимов при нагружении или стабилизации теплового состояния, т усл. топл./мин;

$\tau_{\text{нагр (стаб)}}$  — длительность нагружения или стабилизации, мин.

Длительность этапа нагружения принимают по графику пуска. Длительность стабилизации, по обобщенным данным, составляет 420 мин.

2.1.8 При распределении потерь при пуске по составляющим, условно отнесенным к котлу и турбине, применяют формулы:

$$\mathcal{E}_{\text{к,пуск}}^{\text{с.н}} = \frac{(0,5K_i^2 \cdot \tau_i + K_i^{\text{ПЭН}} \cdot \tau_i^{\text{ПЭН}}) \cdot 10^3}{b_0^2}; \quad (20)$$

$$Q_{\text{к,пуск}}^{\text{с.н}} = (0,5K_i^{\text{П}} \cdot \tau_i + K_i^{\text{ПТН}} \cdot \tau_i^{\text{ПТН}} + K_i^{\text{ТВД}} \cdot \tau_i^{\text{ТВД}}) Q_y^r \cdot 10^{-3}; \quad (21)$$

$$\mathcal{E}_{\text{т,пуск}}^{\text{с.н}} = \frac{0,5 \cdot K_i^2 \cdot \tau_i \cdot 10^3}{b_0^2}; \quad (22)$$

$$Q_{\text{т,пуск}}^{\text{с.н}} = (0,5K_i^{\text{П}} \cdot \tau_i + K_i^{\text{Д}} \cdot \tau_i^{\text{Д}}) Q_y^r \cdot 10^{-3}, \quad (23)$$

где  $\mathcal{E}_{\text{т,пуск}}^{\text{с.н}}$  — затраты электроэнергии на собственные нужды, условно отнесенные к турбине, МВт·ч;  
 $Q_{\text{к,пуск}}^{\text{с.н}}$  и  $Q_{\text{т,пуск}}^{\text{с.н}}$  — затраты пара от постороннего источника, условно отнесенные к котлу и турбине соответственно, ГДж.

Для этапов пуска 3 и 4:

$$V_{\text{пуск}}^{\text{топл}} = K_i^{\text{Т}} \cdot \tau_i. \quad (24)$$

Для этапов нагружения и стабилизации суммарно:  
 для газомазутных энергоблоков

$$V_{\text{пуск}}^{\text{топл}} = 0,5 (K_{\text{нагр}}^{\text{ГМ}} \tau_{\text{нагр}} + K_{\text{стаб}}^{\text{ГМ}} \tau_{\text{стаб}}); \quad (25)$$

для пылеугольных энергоблоков

$$V_{\text{пуск}}^{\text{топл}} = (K_{\text{нагр}}^{\text{ПУ}} - 0,5 K_{\text{нагр}}^{\text{ГМ}}) \tau_{\text{нагр}} + (K_{\text{стаб}}^{\text{ПУ}} - 0,5 K_{\text{стаб}}^{\text{ГМ}}) \tau_{\text{стаб}}. \quad (26)$$

Независимо от типа энергоблока (газомазутный или пылеугольный)

$$\Delta Q_{\text{пуск}} = 0,5 (K_{\text{нагр}}^{\text{ГМ}} \tau_{\text{нагр}} + K_{\text{стаб}}^{\text{ГМ}} \tau_{\text{стаб}}) Q_y^r \cdot 10^{-3}. \quad (27)$$

В формулах (25)—(27) и таблице А.2 приложения А индексы "ГМ" и "ПУ" указывают на значение показателя соответственно для газомазутного или пылеугольного энергоблока.

В формулах (20) и (22)  $b_0^2$  — удельный среднемесячный расход условного топлива по электростанции, г/кВт·ч.

Для дубль-блоков 300 МВт при пуске с последовательной растопкой корпусов суммарные пусковые потери, определенные по формулам (18) и (19), увеличивают на 48,0 т усл. топл., что связано с затратами на растопку второго корпуса котла до его подключения к турбине. Эту величину включают в  $B_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ .

### 2.3 Расчет потерь топлива, электроэнергии и пара при пусках энергоблоков после ремонтов

Началом пуска блока после ремонта считают момент начала подачи воды в котел для проведения операций, регламентированных п 1.3 настоящей методики, с последующим нагружением турбины до стабилизации теплового состояния. Затраты электроэнергии и пара на собственные нужды до этого момента, связанные с проверкой и настройкой отдельных элементов основного и вспомогательного оборудования, в соответствии с "Инструкцией по учету электроэнергии в энергосистемах, И-34-34-006-83" (РД 34.09.101) относят на хозяйственные нужды электростанции.

2.3.1 Потери условного топлива при проведении опрессовки и гидравлических испытаний котла (операция № 1)  $\Delta B_1$ , т усл. топл., определяют по формуле

$$\Delta B_1 = (K_1^? + K_1^п + K_1^{\text{ПЭН}} + K_1^{\text{ПТР}} + K_1^{\text{Д}}) \tau_1. \quad (28)$$

Принято считать что для дубль-блоков 300 МВт рассматриваемая операция проводится одновременно на обоих корпусах котла.

Для всех операций затраты по составляющим распределяют по формулам (21)—(23).

2.3.2 Потери условного топлива при проведении холодной отмывки котла (операция № 2)  $\Delta B_2$ , т усл. топл., определяют также по формуле (28).

2.3.3 Потери условного топлива при проведении горячей отмывки котла (операция № 3)  $\Delta B_3$ , т усл. топл., определяют по формуле

$$\Delta B_3 = (K_3^Г + K_3^? + K_3^п + K_3^{\text{Д}} + K_3^{\text{ПЭН}} + K_3^{\text{ПТР}} + K_3^{\text{ГВД}}) \tau_3 \quad (29)$$

Коэффициент потерь для топливной составляющей  $K_3^T$ , т усл топл /мин, находят, исходя из условия поддержания температуры среды перед встроенной задвижкой (ВЗ) на уровне 200 °С по формуле

$$K_3^T = \frac{G_{пв}(i_{ВЗ} - i_{пв})}{60 k_{ВЗ} Q_y}, \quad (30)$$

где  $G_{пв}$  — растопочный расход питательной воды (принят 30 % номинального) т/ч,

$i_{ВЗ}$  и  $i_{пв}$  — энтальпия среды перед ВЗ и питательной воды соответственно КДж/кг

$k_{ВЗ}$  — доля тепла топлива, воспринимаемая в тракте до ВЗ (в среднем 0,6 для блоков 300 и 500 МВт и 0,75 для блоков 800 и 1200 МВт).

Значения  $K_3^T$  при 30%-ном расходе питательной воды приведены в таблице А.3 приложения А

2.3.4 Потери условного топлива при подъеме параметров, проверке и настройке предохранительных клапанов (операция № 4)  $\Delta B_4$ , т усл. топл., определяют по формуле (29) в которой принимают  $K_4^D = 0$ , так как деаэрация питательной воды осуществляется собственным паром из растопочного расширителя.

2.3.5 Потери условного топлива в процессе сушки изоляции балансировки ротора и замера вибрации  $\Delta B_5$ , т усл. топл., находят по формуле

$$\Delta B_5 = (K_5^3 + K_5^п + K_5^{ПЭН} + K_5^{ПН} + K_5^{ТВД})(\tau_5' + \tau_5'') + (K_5^{T'} + K_5^D)\tau_5 + K_5^{T''}\tau_5'', \quad (31)$$

где  $\tau_5'$  и  $\tau_5''$  — соответственно суммарная длительность всех растопок и работы на холостом ходу, мин,

$K_5^{T'}$  и  $K_5^{T''}$  — коэффициенты потерь по топливной составляющей при растопке и работе на холостом ходу, т усл топл /мин

Технология проведения рассматриваемой операции № 5 предусматривает несколько растопок котла до выхода на холостой ход и работу на холостом ходу для выполнения регламентных работ

Для дубль-блоков 300 МВт в работе могут быть один или оба корпуса котла

Для этой операции формулы (20)–(24) трансформируются в соответствии с формулой (31) и примут вид

$$\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{сн}} = \frac{(0,5K_5^2 + K_5^{\text{ПЭН}})(\tau_5^t + \tau_5^g)10^3}{b_0^2}, \quad (32)$$

$$Q_{\text{пуск}}^{\text{сн}} = (0,5K_5^{\text{п}} + K_5^{\text{ПТН}} + K_5^{\text{ТВД}})(\tau_5 + \tau_5^g) Q_5^r \cdot 10^{-3}, \quad (33)$$

$$\mathcal{E}_{\text{т,пуск}}^{\text{сн}} = \frac{0,5K_5^2(\tau_5^t - \tau_5^g)10^3}{b_0^2}, \quad (34)$$

$$Q_{\text{т,пуск}}^{\text{сн}} = [0,5K_5^{\text{Д}}(\tau_5^t + \tau_5^g) + K_5^{\text{Д}} \tau_5] Q_5^r \cdot 10^{-3}, \quad (35)$$

$$B_{\text{пуск}}^{\text{топ1}} = K_5^{\text{т}'} \tau_5^t + K_5^{\text{т}''} \tau_5^g \quad (36)$$

2 3 6 Определение характеристик регулирования и электрические испытания (операция № 6) проводят при работе турбины на холостом ходу. Потери условного топлива  $\Delta B_6$ , т усл. топл., находят по формуле

$$\Delta B_6 = (K_6^2 + K_6^{\text{п}} + K_6^{\text{ПЭН}} + K_6^{\text{ПТН}} + K_6^{\text{т}}) \tau_6 \quad (37)$$

Проведение этой операции на дубль-блоке 300 МВт возможно также при использовании одного или обоих корпусов котла.

Потери условного топлива при нагружении энергоблока  $\Delta B_{\text{нагр}}$ , т усл. топл., и стабилизации теплового состояния  $\Delta B_{\text{стаб}}$ , т усл. топл., определяют по формуле (19).

2 3 7 В том случае, когда операции № 5 и 6 проводят на одном корпусе котла дубль блока 300 МВт, при определении общих пусковых потерь к сумме величин, рассчитанных по пп. 2 3 1—2 3 7 следует прибавить 48,0 т усл. топл., что равно потерям на растопку второго корпуса котла до подключения его к турбине. Эту величину включают в  $B_{\text{пуск}}^{\text{топ1}}$ .

2 3 8 В зависимости от категории ремонта (капитальный, средний, текущий) и объема ремонтных работ не все перечисленные операции могут проводиться при пуске. Естественно, что они не должны учитываться при расчете пусковых потерь.

2 3 9 В приложениях Б и В приведены примеры расчета потерь топлива, пара и электроэнергии при пусках после останова с расхолаживанием турбины и после капитального ремонта.

Приложение А  
(справочное)

Таблица А 1 — Снижение мощности турбины при номинальной нагрузке и включении обогрева фланцев и шпилек ЦВД и ЦСД

| Снижение мощности       | Мощность энергоблока, МВт |     |      |      |
|-------------------------|---------------------------|-----|------|------|
|                         | 300                       | 500 | 800  | 1200 |
| $\Delta W_{\text{ЦСД}}$ | 2,0                       | 3,3 | 5,4  | 8,0  |
| $\Delta W_{\text{ЦВД}}$ | 4,0                       | 6,6 | 10,6 | 16,0 |

Таблица А 2 — Коэффициенты потерь условного топлива на разных этапах пуска энергоблоков 300–1200 МВт из холодного состояния

| Коэффициент потерь            | Мощность энергоблока, МВт                                   |                             |   |                             |
|-------------------------------|---|-----------------------------|---|-----------------------------|
|                               | 300   | 500                         | 800   | 1200                        |
| $K_1^3$                       | $6,45 \cdot 10^{-6} b_0^2$                                  | $10,6 \cdot 10^{-6} b_0^2$  | $17,0 \cdot 10^{-6} b_0^2$                                    | $25,5 \cdot 10^{-6} b_0^2$  |
| $K_2^2$                       | $77,0 \cdot 10^{-6} b_0^2$                                  | $125,0 \cdot 10^{-6} b_0^2$ | $186,6 \cdot 10^{-6} b_0^2$                                   | $280,0 \cdot 10^{-6} b_0^2$ |
| $K_2^{\text{II}}$             | $20,0 \cdot 10^{-3}$  | $21,0 \cdot 10^{-3}$        | $27,3 \cdot 10^{-3}$  | $41,0 \cdot 10^{-3}$        |
| $K_{2-4}^{\text{ПОН}}$        | $\frac{92,0 \cdot 10^{-6} b_0^2}{74,0 \cdot 10^{-6} b_1^2}$ | —                           | —   | —                           |
| $K_{2-4}^{\text{ПТН}}$        | —   | $62,5 \cdot 10^{-3}$        | $100,0 \cdot 10^{-3}$   | $150,0 \cdot 10^{-3}$       |
| $K_{2-4}^{\text{Д}}$          | $\frac{52,5 \cdot 10^{-3} b_0^2}{26,2 \cdot 10^{-3} b_0^2}$ | $87,2 \cdot 10^{-3}$        | $140,0 \cdot 10^{-3}$   | $210,0 \cdot 10^{-3}$       |
| $K_{3,4}^2$                   | $110,0 \cdot 10^{-6} b_0^2$                                 | $180,0 \cdot 10^{-6} b_0^2$ | $\frac{186,6 \cdot 10^{-6} b_0^2}{274,6 \cdot 10^{-6} b_0^2}$ | $280,0 \cdot 10^{-6} b_0^2$ |
| $K_{3,4}^{\text{II}}$         | $34,0 \cdot 10^{-3}$  | $44,0 \cdot 10^{-3}$        | $51,0 \cdot 10^{-3}$  | $76,5 \cdot 10^{-3}$        |
| $K_{3,4}^{\text{ТВД}}$        | —   | —                           | $\frac{56,0 \cdot 10^{-3} b_0^2}{0}$                          | $84,0 \cdot 10^{-3}$        |
| $K_3^{\text{I}}$              | $\frac{0,180}{0,176}$                                       | 0,299                       | 0,479   | 0,718                       |
| $K_4^{\text{I}}$              | $\frac{0,225}{0,220}$                                       | 0,373                       | 0,598   | 0,897                       |
| $K_{\text{нагр}}^{\text{ПУ}}$ | 0,192   | 0,337                       | 0,534   | —                           |
| $K_{\text{нагр}}^{\text{ГМ}}$ | 0,171   | 0,279                       | 0,445   | 0,668                       |
| $K_{\text{стаб}}^{\text{ПУ}}$ | 0,054   | 0,09                        | 0,143   | —                           |
| $K_{\text{стаб}}^{\text{ГМ}}$ | 0,027   | 0,045                       | 0,071   | 0,107                       |



Окончание таблицы А.2

|   |
|---|
| * В числителе даны значения для пусков энергоблоков и дутьевых машин с параллельной растопкой корпусов, а в знаменателе — для дутьевых машин при последовательной растопке корпусов |
| ** В числителе даны значения коэффициентов потерь для энергоблоков оснащенных турбовоздуходувками, а в знаменателе — дутьевыми машинами с электроприводом                           |
| Примечание — Отсутствующие в таблице коэффициенты, регламентированные формулой (18), для этапов пуска принимаются равными нулю  |

Таблица А.3 — Коэффициенты потерь условного топлива в режимах пусков энергоблоков после ремонтов

| Коэффициент потерь | Мощность энергоблока, МВт   |                             |   |                             |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
|                    | 300                         | 500                         | 800   | 1200                        |
| $K_{1,2}^j$        | $77 \cdot 10^{-6} b_2^j$    | $125,0 \cdot 10^{-6} b_2^j$ | $186,6 \cdot 10^{-6} b_2^j$                                   | $280,0 \cdot 10^{-6} b_2^j$ |
| $K_{1,2}^n$        | 0,02                        | 0,021                       | 0,0273  | 0,41                        |
| $K_{1-3,5}^d$      | 0,0525                      | 0,0872                      | 0,140   | 0,240                       |
| $K_{1-6}^{ПЭН}$    | $92,0 \cdot 10^{-6} b_6$    | —                           | —   | —                           |
| $K_{1-6}^{ПТН}$    | —                           | 0,0625                      | 0,1   | 0,15                        |
| $K_3^T$            | 0,121                       | 0,202                       | 0,228   | 0,367                       |
| $K_{3-6}^{ТВД}$    | —                           | —                           | $\frac{0,056 \cdot}{0}$                                       | 0,084                       |
| $K_{3-6}^j$        | $110,0 \cdot 10^{-6} b_6^j$ | $180,0 \cdot 10^{-6} b_6^j$ | $\frac{186,6 \cdot 10^{-6} b_6^j}{274,6 \cdot 10^{-6} b_6^j}$ | $280,0 \cdot 10^{-6} b_6^j$ |
| $K_{3-6}^n$        | 0,034                       | 0,044                       | 0,051   | 0,0765                      |
| $K_4^T$            | 0,417                       | 0,695                       | 1,25  | 1,85                        |
| $K_5^{T'}$         | 0,18                        | 0,299                       | 0,479   | 0,718                       |
| $K_5^{T''}$        | 0,225                       | 0,373                       | 0,598   | 0,897                       |
| $K_6^T$            | 0,225                       | 0,373                       | 0,598   | 0,897                       |

В числителе даны значения коэффициентов потерь для энергоблоков, оснащенных турбовоздуходувками, в знаменателе — дутьевыми машинами с электроприводом

Приложение Б  
(рекомендуемое)

**ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ТОПЛИВА, ПАРА  
И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПУСКЕ ЭНЕРГБЛОКА  
ПОСЛЕ ОСТАНОВА С РАСХОЛАЖИВАНИЕМ ТУРБИНЫ**

В качестве примера рассмотрен пуск пылеугольного энергоблока мощностью 500 МВт. График расхолаживания приведен на рисунке Б.1.

Продолжительность простоя — 50 ч.

Пар на обогрев фланцев и шпилек подается в процессе всего режима расхолаживания.

Составляющие потерь рассчитаны только для одного этапа. Для остальных этапов приведен конечный результат, полученный с помощью аналогичного расчета.

Таблица Б 1

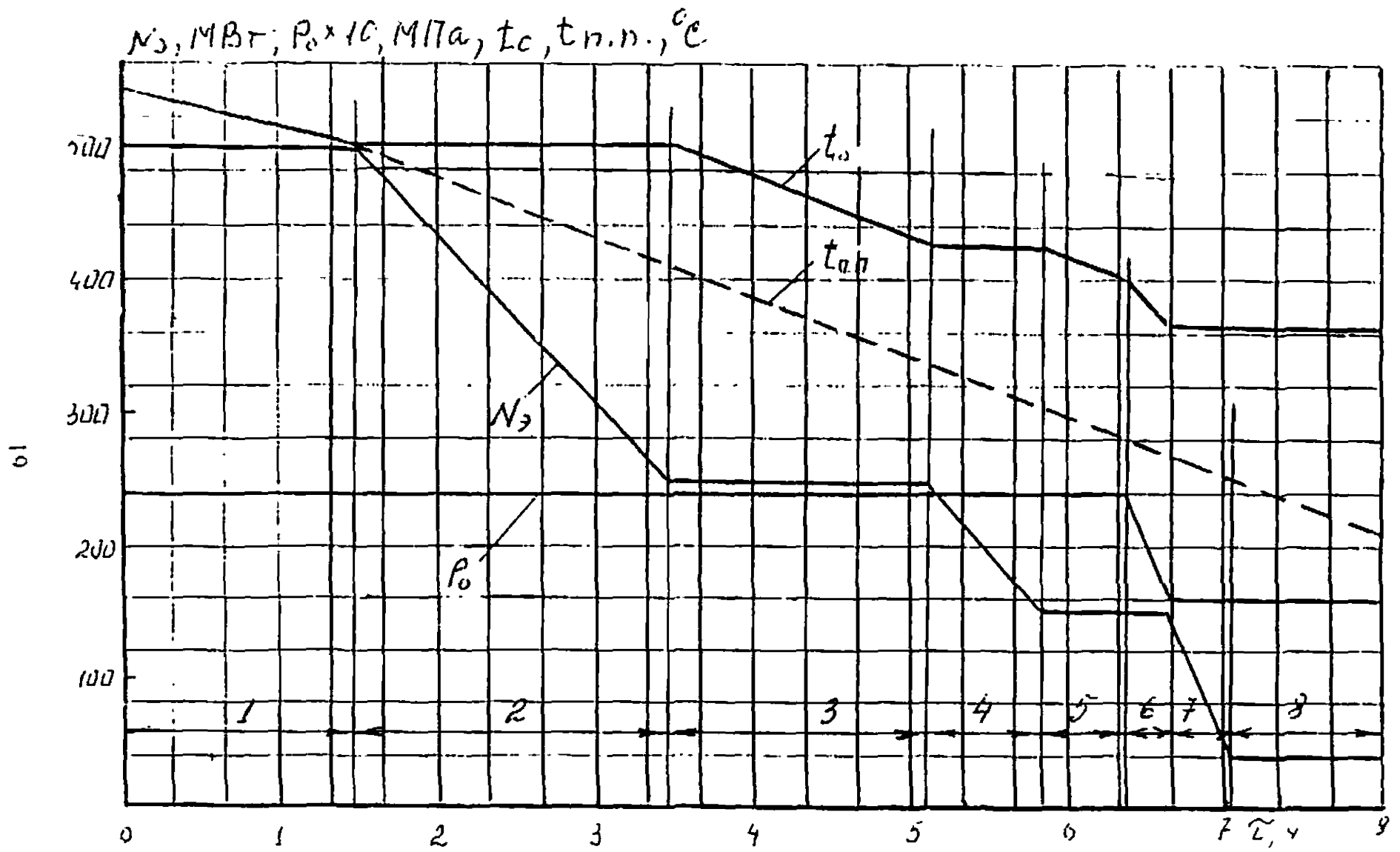
| Параметр                                | Значение | Способ определения,<br>формула расчета |
|---|----------|--|
| 1                                       | 2        | 3                                      |
| <b>РЕЖИМ РАСХОЛАЖИВАНИЯ</b>             |          |  |
| (по этапам расхолаживания, рисунок Б 1) |          |  |
| $N_1^{пр}$ , МВт                        | 500      | Рисунок Б 1                            |
| $\Delta p_1^{сн}$ , МПа                 | 12,0     | Нормативная характеристика             |
| $h_1^{сн}$ , г/кВт ч                    | 325,0    | То же                                  |
| $\tau_1$ , мин                          | 90       | Рисунок Б 1                            |
| $\Delta p_0$ , МПа                      | 0        | То же                                  |
| $\Delta t_0$ , °С                       | 20       | —"                                     |
| $\Delta t_{пл}$ , °С                    | 20       | —"                                     |
| $\alpha Q_1$ , %                        | 1,1      | Формула (8)                            |
| $\Delta B_1^{пар}$ , т усл топл         | 2,62     | Формула (7)                            |
| $\Delta B_2^{пар}$ , т усл топл         | 8,05     | Формула (7)                            |
| $\Delta B_3^{пар}$ , т усл топл         | 9,17     | То же                                  |
| $\Delta B_4^{пар}$ , т усл топл         | 4,11     | —"                                     |
| $\Delta B_5^{пар}$ , т усл топл         | 3,14     | —"                                     |
| $\Delta B_6^{пар}$ , т усл топл         | 1,7      | —"                                     |
| $\tau_7$ , мин                          | 25,0     | Рисунок Б 1                            |
| $N_7^{пр}$ , МВт                        | 95       | То же                                  |
| $N_{мин}^т$ , МВт                       | 150,0    | Нормативная характеристика             |
| $\Delta p_{мин}^{сн}$ , МПа             | 10,2     | То же                                  |
| $h_7^{сн}$ , г/кВт ч                    | 385      | —"                                     |
| $\Delta t_0$ , °С                       | 175      | Рисунок Б 1                            |

Продолжение таблицы Б.1

| 1   | 2      | 3   |
|---|--------|---|
| $\Delta t_{0,1}, ^\circ\text{C}$  | 280    | Рисунок Б 1                                   |
| $\Delta p_0, \text{МПа}$  | 8,0    | То же   |
| $\alpha Q_1, \%$  | 14,65  | Формула (8)                                   |
| $\Delta B_7^{\text{пар}}$ , т усл топл  | 2,4    | Формулы (9), (10)                             |
| $\Delta B_7^{\text{прот}}$ , т усл топл                                       | 6,2    | Формула (11)                                  |
| $\Delta B_8^{\text{пр}}$ , т усл топл   | 4,88   | Формулы (9), (10)                             |
| $\Delta B_8^{\text{прот}}$ , т усл топл                                       | 71,5   | Формула (11)                                  |
| $\Delta B_{1-8}^{\text{пар}}$ , т усл топл                                    | 36,07  | Пп 9-14, 24, 26                               |
| $\Delta B_{1-8}^{\text{прот}}$ , т усл топл                                   | 77,7   | Пп. 25, 27                                    |
| $\tau_{\text{ЦСД}}$ , мин   | 90     | Рисунок Б 1                                   |
| $\tau_{\text{ЦВД}}$ , мин   | 90     | То же   |
| $\Delta B_1^{\text{обогр}}$ , т усл топл                                      | 4,87   | Формула (12)                                  |
| $\Delta B_2^{\text{обогр}}$ , т усл топл                                      | 5,0    | Формула (12)                                  |
| $\Delta B_3^{\text{обо р}}$ , т усл топл                                      | 2,96   | То же   |
| $\Delta B_4^{\text{обо р}}$ , т усл топл                                      | 0,97   | "-  |
| $\Delta B_5^{\text{обо гр}}$ , т усл топл                                     | 0,67   | "-  |
| $\Delta B_6^{\text{обо гр}}$ , т усл топл                                     | 0,29   | "-  |
| $\Delta B_7^{\text{обо гр}}$ , т усл топл                                     | 0,31   | "-  |
| $\Delta B_8^{\text{обо гр}}$ , т усл топл                                     | 0,28   | "-  |
| $\Delta B_{1-8}^{\text{обо гр}}$ , т усл топл                                 | 15,35  | Пп 32-39                                      |
| $\eta_k^{\text{пр}}$ , %  | 92,0   | Нормативная характеристика                    |
| $\eta_k^{\text{обр}}$ , %   | 5,0    | Обобщенные данные                             |
| $\tau_{5-8}$ , мин  | 130    | Рисунок Б 1                                   |
| $\Delta B_{1-8}^{\text{АВД}}$ , т усл топл                                    | 9,27   | Формула (13)                                  |
| $B_{\text{зуб}}^{\text{пол}}$ , т усл топл                                    | 87,47  | Формула (16)                                  |
| $\Delta Q_1$ , т усл. ГДж   | 1510   | Формула (17)                                  |
| <b>РЕЖИМ ПУСКА ИЗ ХОЛОДНОГО СОСТОЯНИЯ</b><br>(по этапам, см п 2 1 7 методики) |        |   |
| $\tau_1$ , мин  | 3000   | Исходные данные                               |
| $K_1^?$ , т усл топл./мин   | 0,0034 | Таблица А 2 при $b_1^1 = 325 \text{ г/кВт ч}$ |
| $\Delta B_1$ , т усл топл   | 10,2   | Формула (18)                                  |
| $\tau_2$ , $\tau_2^{\text{Д}}$ , $\tau_2^{\text{ПН}}$ , мин                   | 115    | График пуска                                  |
| $K_2^1$ , т усл топл./мин   | 0,021  | Таблица А 2                                   |
| $K_2^2$ , т усл топл./мин   | 0,041  | То же   |
| $K_{2,3,4}^{\text{ПН}}$ , т усл топл./мин                                     | 0,0625 | "-  |
| $K_{2,3}^{\text{Д}}$ , т усл топл./мин  | 0,872  | "-  |
| $\Delta B_2$ , т усл топл   | 24,6   | Формула (19)                                  |

Окончание таблицы Б 1

| 1  | 2           | 3                                       |
|--|-------------|---|
| $\tau_3, \tau_3^{ПП}$ , мин                            | 125         | График пуска                            |
| $\tau_3^D$ , мин                                       | 55          | То же                                   |
| $K_{3,4}^3$ , т усл топл/мин                           | 0,059       | Таблица А 2                             |
| $K_{3,4}^n$ , т усл топл/мин                           | 0,044       | То же                                   |
| $K_3^i$ , т усл топл/мин                               | 0,299       | То же                                   |
| $\Delta B_3$ , т усл топл                              | 62,9        | Формула (18)                            |
| $\tau_4, \tau_4^{ПП}$ , мин                            | 80          | График пуска                            |
| $\tau_4^D$ , мин                                       | 0           | То же                                   |
| $K_4^i$ , т усл топл/мин                               | 0,373       | Таблица Б 1                             |
| $\Delta B_4$ , т усл топл                              | 43          | Формула 18                              |
| $\tau_5$ , мин   | 405         | График пуска                            |
| $K_{пуск}^{ПУ/ГМ}$ , т усл топл/мин                    | 0,337/0,279 | Таблица А 2                             |
| $\Delta B_5$ , т усл топл                              | 136,6       | Формула (19)                            |
| $\tau_6$ , мин   | 420         | Обобщенные данные                       |
| $K_{стаб}^{ПУ/ГМ}$ , т усл топл/мин                    | 0,09/0,045  | Таблица А 2                             |
| $\Delta B_6$ , т усл топл                              | 38          | Формула (19)                            |
| $\mathcal{E}_{к,пуск}^n$ , МВт ч                       | 40,9        | Формула (20)                            |
| $Q_{к,пуск}^n$ , ГДж                                   | 743,7       | Формула (21)                            |
| $B_{топл,пуск}^n$ , т усл топл                         | 174,3       | Формулы (24) и (26)                     |
| $\mathcal{E}_{т,пуск}^n$ , МВт ч                       | 40,9        | Формула (22)                            |
| $Q_{т,пуск}^n$ , ГДж                                   | 636         | Формула (23)                            |
| $\Delta Q_{з,пуск}^n$ , ГДж                            | 1895        | Формула (27)                            |
| <b>СУММАРНЫЕ ПОТЕРИ НА РЕЖИМ РАСХОЛАЖИВАНИЯ И ПУСК</b> |             |   |
| $\mathcal{E}_{к,пуск}^n$ , МВт ч                       | 40,9        | Суммирование потерь по отдельным этапам |
| $Q_{к,пуск}^n$ , ГДж                                   | 743,7       |   |
| $B_{пуск}^{топл}$ , т усл топл                         | 262         |   |
| $\mathcal{E}_{т,пуск}^n$ , МВт ч                       | 40,9        |   |
| $Q_{т,пуск}^n$ , ГДж                                   | 636         |   |
| $\Delta Q_{з,пуск}^n$ , ГДж                            | 3405        |   |



1 - 8 — этапы

Рисунок Б 1 — Нормативный график расхолаживания турбины энергоблока мощностью 500 МВт

Приложение В  
(рекомендуемое)

**ПРИМЕР РАСЧЕТА ПОТЕРЬ ТОПЛИВА, ПАРА  
И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ ПУСКЕ ЭНЕРГООБЛОКА  
ПОСЛЕ КАПИТАЛЬНОГО РЕМОНТА**

В качестве примера рассмотрен пуск энергоблока мощностью 800 МВт после капитального ремонта. В основу принят условный график пуска, соответствующий программе вывода энергоблока из ремонта, по операциям, предусмотренным п. 1.3 методики. Блок оснащен ТВД.

Для всех операций  $\tau_i = \tau_i^p = \tau_i^? = \tau_i^D = \tau_i^{ПТН} = \tau_i^{ТВД}$

Для операций № 1, 2  $\tau_i^{ТВД} = 0$ , № 4–6  $\tau_i^D = 0$ .

Таблица В 1

| Параметр                            | Значение | Способ определения,<br>формула расчета |
|-------------------------------------|----------|--|
| 1                                   | 2        | 3                                      |
| <i>ПОТЕРИ ПО ЭТАПАМ ПУСКА</i>       |          |  |
| $\tau_1$ , мин                      | 300      | Программа пуска                        |
| $K_{1,2}^?$ , т усл.топл./мин       | 0,06     | Таблица А 3 при $b_2^? = 320$ г/кВт ч  |
| $K_{1,2}^p$ , т усл.топл./мин       | 0,273    | То же                                  |
| $K_{1,2,6}^{ПТН}$ , т усл.топл./мин | 0 10     | —"                                     |
| $K_{1,2,5}^D$ , т усл.топл./мин     | 0 14     | —"                                     |
| $\Delta B_1$ , т усл.топл.          | 98 2     | Формула (28)                           |
| $Z_{к,пек}^{сн}$ , МВт ч            | 28,1     | Формула (20)                           |
| $Q_{к,пек}^+$ , ГДж                 | 999      | Формула (21)                           |
| $Z_{т,с}^n$ , МВт ч                 | 28,1     | Формула (22)                           |
| $Q_{т,с}^n$ , ГДж                   | 1350     | Формула (23)                           |
| $\tau_2$ , мин                      | 240      | Программа пуска                        |
| $\Delta B_2$ , т усл.топл.          | 78,6     | Формула (28)                           |
| $Z_{к,пек}^{сн}$ , МВт ч            | 22,5     | Формула (20)                           |
| $Q_{к,пек}^n$ , ГДж                 | 799      | Формула (21)                           |
| $Z_{т,пек}^n$ , МВт ч               | 22,5     | Формула (22)                           |
| $Q_{т,пек}^n$ , ГДж                 | 1080     | Формула (23)                           |
| $\tau_3$ , мин                      | 300      | Программа пуска                        |
| $K_{3,6}^?$ , т усл.топл./мин       | 0,06     | Таблица А 3                            |
| $K_{3,6}^p$ , т усл.топл./мин       | 0,051    | То же                                  |
| $K_{3,6}^{ТВД}$ , т усл.топл./мин   | 0,056    | —"                                     |
| $K_3^?$ , т усл.топл./мин           | 0 228    | —"                                     |
| $\Delta B_3$ , т усл.топл.          | 190 5    | Формула (29)                           |

Продолжение таблицы В.1

| 1   | 2      | 3                 |
|---|--------|-------------------|
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{н}}$ , МВт ч  | 28,1   | Формула (20)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{н}}$ , ГДж              | 1595   | Формула (21)      |
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{н}}$ , МВт ч  | 28,1   | Формула (22)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{н}}$ , ГДж              | 1454   | Формула (23)      |
| $V_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ , т усл топл    | 68,4   | Формула (24)      |
| $\tau_1$ , мин                                  | 240    | Программа пуска   |
| $K_1^{\tau}$ , т усл топл/мин                   | 1,25   | Таблица А 3       |
| $\Delta B_1$ , т усл топл                       | 364    | Формула (29)      |
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , МВт ч | 25,3   | Формула (20)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , ГДж             | 1276   | Формула (21)      |
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{н}}$ , МВт ч  | 25,3   | Формула (22)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , ГДж             | 179,3  | Формула (23)      |
| $V_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ , т усл топл    | 300    | Формула (24)      |
| $\tau_3^{\text{н}}, \tau_3^{\text{сн}}$ , мин   | 600    | Программа пуска   |
| $K_3^{\tau}$ , т усл топл/мин                   | 0,479  | Таблица А 3       |
| $K_3^{\tau}$ , т усл топл/мин                   | 0,596  | То же             |
| $\Delta B_3$ , т усл топл                       | 1049,4 | Формула (31)      |
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , МВт ч | 112,5  | Формула (32)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , ГДж             | 6381   | Формула (33)      |
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{н}}$ , МВт ч  | 112,5  | Формула (34)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , ГДж             | 3357   | Формула (35)      |
| $V_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ , т усл топл    | 645    | Формула (36)      |
| $\tau_6$ , мин                                  | 1260   | Программа пуска   |
| $K_6^{\tau}$ , т усл топл/мин                   | 0,598  | Таблица А 3       |
| $\Delta B_6$ , т усл топл                       | 1090   | Формула (37)      |
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , МВт ч | 118,1  | Формула (20)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , ГДж             | 6700   | Формула (21)      |
| $\mathcal{E}_{\text{пуск}}^{\text{н}}$ , МВт ч  | 118,1  | Формула (22)      |
| $Q_{\text{пуск}}^{\text{сн}}$ , ГДж             | 94,1   | Формула (23)      |
| $V_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ , т усл топл    | 753,5  | Формула (24)      |
| $\tau_{\text{нагр}}$ , мин                      | 470    | Программа пуска   |
| $K_{\text{нагр}}$ , т усл топл/мин              | 0,445  | Таблица А.2       |
| $\Delta B_{\text{нагр}}$ , т усл топл           | 209    | Формула (19)      |
| $\tau_{\text{стаб}}$ , мин                      | 420    | Обобщенные данные |
| $K_{\text{стаб}}$ , т усл топл/мин              | 0,071  | Таблица А 2       |
| $\Delta B_{\text{стаб}}$ , т усл топл           | 30     | Формула (19)      |
| $V_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ , т усл топл    | 119,5  | Формула (25)      |
| $\Delta Q_{\text{пуск}}$ , ГДж                  | 3501   | Формула (27)      |

Окончание таблицы В 1

| 1  | 2     | 3 |
|--|-------|---|
| <i>СУММАРНЫЕ ПОТЕРИ ЗА ПУСК</i>                  |       |   |
| $\Delta V_{\text{пуск}}$ , т усл. топл           | 3109  |   |
| $\mathcal{E}_{\text{к,пуск}}^{\text{н}}$ , МВт ч | 335   |   |
| $Q_{\text{к,пуск}}^{\text{н}}$ , ГДж             | 17750 |   |
| $\mathcal{E}_{\text{т,пуск}}^{\text{н}}$ , МВт ч | 335   |   |
| $Q_{\text{т,пуск}}^{\text{н}}$ , ГДж             | 8361  |   |
| $V_{\text{пуск}}^{\text{топл}}$ , т усл. топл    | 1886  |   |
| $\Delta Q_{\text{з,пуск}}$ , ГДж                 | 3501  |   |