

ОБ УЧЕТЕ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ СУТОЧНЫХ ГРАФИКОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАСЧЕТЕ НОМИНАЛЬНЫХ УДЕЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТОПЛИВА ПО ЭНЕРГОБЛОКАМ

ПОСПЕЛОВ А.А., канд. техн. наук, ЛЕДУХОВСКИЙ Г.В., канд. техн. наук, БОРИСОВ А.А., асп.

Описана проблема учета неравномерности суточных графиков электрической нагрузки при расчете номинальных удельных расходов топлива по конденсационным энергоблокам. Предложен упрощенный путь решения этой проблемы, требующий незначительного расширения алгоритмической базы системы автоматического сбора данных.

Ключевые слова: тепловая электрическая станция, график электрической нагрузки, режим работы оборудования, удельный расход топлива, топливоиспользование.

CONSIDERATION OF INFLUENCE OF IRREGULARITY DAILY DIAGRAMS OF ELECTRIC DEMAND MAKING CALCULATIONS OF EACH POWER UNIT'S FUEL RATE

A.A. POSPELOV, Candidates of Engineering, G.V. LEDUHOVSKY, Candidates of Engineering, A.A. BORISOV, Post Graduate Student

The problem of consideration of influence of irregularity daily diagrams of electric demand making calculations of condensing power unit's fuel rate is described. The reductive way of solving this problem demanding insignificant expansion of algorithmic base of automatic data gathering system is offered.

Keywords: Heat power station, load diagram, operating running regime, fuel rate, fuel usage.

Методические указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования (РД 34.08.552-95) с изменением № 1 от 15.05.98 г. [1] предусматривают расчет номинальных показателей работы оборудования по энергетическим характеристикам при средних за отчетный период нагрузках отдельных агрегатов. Например, для конденсационных энергоблоков, не находящихся в стадии освоения, номинальное значение удельного расхода условного топлива на отпуск электроэнергии может быть определено по формуле, г у.т./кВт·ч,

$$b_3^H = \frac{q_m^{H(H)} \left(1 + \frac{K_{ст}}{100} \right) 10^{-4}}{7 \eta_k^{H(H)} \eta_{мп}}, \quad (1)$$

где $q_m^{H(H)}$ – номинальное значение удельного расхода тепла нетто на выработку электроэнергии группой турбоагрегатов, ккал/кВт·ч; $K_{ст}$ – коэффициент стабилизации тепловых процессов, %; 7 Гкал/т у.т. – низшая теплота сгорания на рабочую массу условного топлива; $\eta_k^{H(H)}$ – номинальное значение КПД нетто группы котлов, %; $\eta_{мп}$ – КПД теплового потока, %.

Коэффициент стабилизации тепловых процессов $K_{ст}$ определяется в зависимости от средней нагрузки оборудования и среднеарифметического значения максимальных суточных нагрузок за рассматриваемый период по соответствующим графикам, разработанным Всероссийским теплотехническим институтом.

Таким образом, влияние участия энергоблоков в регулировании суточных графиков на

грузок на удельный расход условного топлива учитывается лишь коэффициентом стабилизации тепловых процессов. Вместе с тем совершенно ясно, что расчет основных номинальных показателей работы котлов ($\eta_k^{H(H)}$) и турбоагрегатов ($q_m^{H(H)}$) по средним за период нагрузкам оборудования не отражает действительности, причем тем в большей степени, чем существеннее зависимость КПД брутто котлов ($\eta_k^{бр(H)}$) и удельного расхода тепла брутто на выработку электроэнергии турбоагрегатами ($q_m^{бр(H)}$) от нагрузки.

Приведем пример. На рис. 1 показана характеристика котла ТГМП-114 конденсационного энергоблока 300 МВт Киришской ГРЭС при работе на природном газе.

Предположим, энергоблок работает ночью (7 ч) с нагрузкой котла 275 Гкал/ч (при КПД брутто 92,70 %) и днем (17 ч) с нагрузкой котла 600 Гкал/ч (при КПД брутто 92,88 %). При этом средневзвешенное значение КПД брутто котла составит $(275 \cdot 7 \cdot 92,70 + 600 \cdot 17 \cdot 92,88) / (275 \cdot 7 + 600 \cdot 17) = 92,85$ %. Если же расчет вести по среднесуточной нагрузке котла $(275 \cdot 7 + 600 \cdot 17) / (7 + 17) = 505,2$ Гкал/ч, что отвечает требованиям руководящих документов [1], то исходно-номинальное значение КПД брутто котла должно составить 93,03 %. То есть абсолютная ошибка в определении КПД брутто котла составит $93,03 - 92,88 = 0,15$ %, что при указанных в примере условиях приведет к ошибке в определении значения номинального удельного расхода условного топлива на отпуск электроэнергии приблизительно в 0,57 г у.т./кВт·ч.

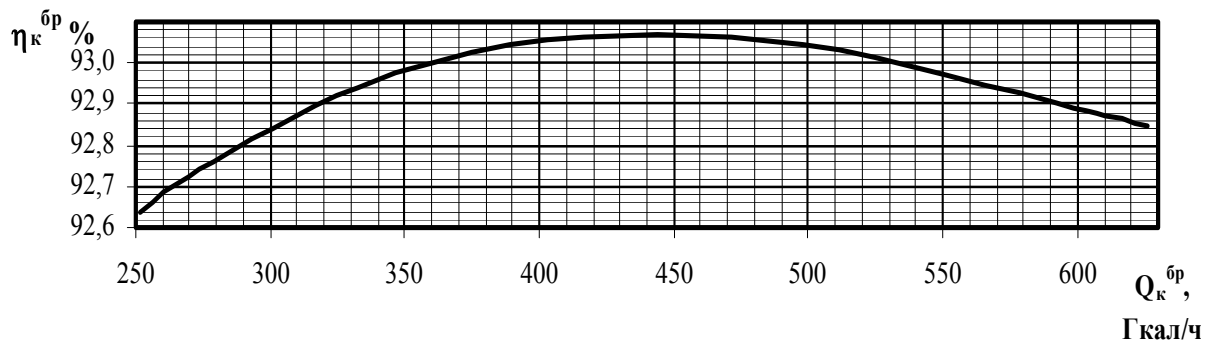


Рис. 1. Исходно-номинальное значение КПД котла брутто при работе на природном газе (котел ТГМП-114 энергоблока 300 МВт Киришской ГРЭС)

Перерасход топлива, определенный по разности фактического и номинального удельных расходов условного топлива и соответствующий указанной величине ошибки расчета номинального показателя, будет списан на недостатки эксплуатации оборудования, т. е. на ошибки персонала; в действительности же он связан исключительно с неравномерностью суточного графика нагрузок, с объективной, не зависящей от персонала причиной.

Приведенный пример показывает, что при расчете номинальных показателей работы оборудования необходимо учитывать неравномерность суточного графика нагрузок.

Первым и, безусловно, наиболее верным решением было бы выделение в макете расчета номинальных и нормативных удельных расходов топлива режимов работы котлов и турбоагрегатов в нескольких диапазонах нагрузок с расчетом всех необходимых показателей внутри каждого из интервалов нагрузок и последующим их осреднением. Причем расчет будет тем точнее, чем большее число интервалов нагрузок будет введено. Однако при этом объем исходных данных, необходимых для расчета, возрастает прямо пропорционально числу принятых интервалов нагрузок, что значительно усложняет работу оперативного персонала и персонала производственно-технических отделов и служб. Такой путь приемлем только при высокой степени автоматизации сбора исходных данных (при развитой системе КИП и А) и выполнения собственно расчетов.

Возможен другой путь, хотя и менее точный, но позволяющий получить приемлемый результат. При этом достаточно учесть неравномерность суточного графика нагрузок на заключительном этапе расчета, т. е. непосредственно при расчете номинальных удельных расходов топлива. Для этого необходимо в дополнение к коэффициенту стабилизации тепловых процессов ввести поправочный коэффициент на неравномерность суточного графика нагрузок. Обозначим этот коэффициент как $K_{неp}$ и будем измерять его в процентах. При этом формула для расчета номинального значения

удельного расхода условного топлива на отпуск электроэнергии примет вид

$$b_3^H = \frac{q_m^{H(H)} \left(1 + \frac{K_{cm}}{100} + \frac{K_{неp}}{100} \right) 10^{-4}}{7 \eta_k^{H(H)} \eta_{мп}} \quad (2)$$

Здесь при расчете $\eta_k^{H(H)}$ и $q_m^{H(H)}$, как и прежде, используются исходно-номинальные значения показателей брутто ($\eta_k^{бр(H)}$ и $q_m^{бр(H)}$), определенные по энергетическим характеристикам при средних за период нагрузках турбоагрегатов N_m и котлов $Q_k^{бр}$. Остается определить значение $K_{неp}$.

Если бы значения показателей $\eta_k^{H(H)}$ и $q_m^{H(H)}$ учитывали неравномерность суточного графика нагрузок (обозначим их в этом случае как $\eta_k^{H(H)l}$ и $q_m^{H(H)l}$), достаточно было бы использовать формулу, аналогичную формуле (1):

$$b_3^H = \frac{q_m^{H(H)l} \left(1 + \frac{K_{cm}}{100} \right) 10^{-4}}{7 \eta_k^{H(H)l} \eta_{мп}} \quad (3)$$

Приравнявая выражения (2) и (3), получим соотношение для $K_{неp}$, %:

$$K_{неp} = (100 + K_{cm}) \left[\frac{q_m^{H(H)l} \eta_k^{H(H)}}{q_m^{H(H)} \eta_k^{H(H)l}} - 1 \right] \quad (4)$$

Поскольку номинальные значения показателей нетто ($\eta_k^{H(H)}$ и $q_m^{H(H)}$, $\eta_k^{H(H)l}$ и $q_m^{H(H)l}$) отличаются от номинальных значений показателей брутто ($\eta_k^{бр(H)}$ и $q_m^{бр(H)}$, $\eta_k^{бр(H)l}$ и $q_m^{бр(H)l}$) на величину собственных нужд группы оборудования в тепловой и электрической энергии, которые слабо зависят от значений самих показателей (η_k и q_m), формулу (4) можно с достаточной степенью точности переписать в следующем виде:

$$K_{неp} = (100 + K_{cm}) \left[\frac{q_m^{бр(H)l} \eta_k^{бр(H)}}{q_m^{бр(H)} \eta_k^{бр(H)l}} - 1 \right] \quad (5)$$

Наконец, если считать, что сумма поправки к исходно-номинальным значениям показателей $\eta_k^{бр(уч)}$ и $q_m^{бр(уч)}$ на отклонение внешних факторов от значений, принятых при разработ-

ке энергетических характеристик, одинакова для $\eta_K^{бр(н)}$ и $\eta_K^{бр(н)}/$, равно как и для $q_m^{бр(н)}$ и $q_m^{бр(н)}/$, то расчет можно вести и по исходно-номинальным значениям:

$$K_{нер} = (100 + K_{см}) \left[\frac{q_m^{бр(усх)}/ \eta_K^{бр(усх)}}{q_m^{бр(усх)} \eta_K^{бр(усх)}/} - 1 \right]. \quad (6)$$

Таким образом, задача сводится к определению значений $q_m^{бр(усх)}/$ и $\eta_K^{бр(усх)}/$. Наиболее точным будет определение этих показателей путем взвешивания их значений $q_m^{бр(усх)}/_{N_{mi}}$ и $\eta_K^{бр(усх)}/_{Q_{ki}^{бр}}$ при каждом уровне нагрузок N_{mi} и котлов $Q_{ki}^{бр}$. Например, разбив весь регулировочный диапазон нагрузок котлов и турбоагрегатов на n интервалов и имея данные АСУ ТП по выработке тепла брутто котлами $Q_{k\Sigma i}^{бр}$, Гкал, и электрической энергии турбогенераторами $\mathcal{E}_{выр\Sigma i}$, тыс. кВт·ч, при работе оборудования в каждом из этих интервалов, значения $q_m^{бр(усх)}/$ и $\eta_K^{бр(усх)}/$ можно рассчитать как

$$q_m^{бр(усх)}/ = \frac{\sum_{i=1}^n (q_{mi}^{бр(усх)} \mathcal{E}_{выр\Sigma i})}{\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_{выр\Sigma i}}, \quad (7)$$

$$\eta_K^{бр(усх)}/ = \frac{\sum_{i=1}^n (\eta_{ki}^{бр(усх)} Q_{k\Sigma i}^{бр})}{\sum_{i=1}^n Q_{k\Sigma i}^{бр}}. \quad (8)$$

Здесь исходно-номинальные значения показателей $q_{mi}^{бр(усх)}$ и $\eta_{ki}^{бр(усх)}$ принимаются по энергетическим характеристикам оборудования при средних в каждом интервале нагрузках N_{mi} и котлов $Q_{ki}^{бр}$ (рис. 2).

Отличие данного метода от описанного выше (обозначенного как первый путь решения проблемы) состоит в значительном сокращении объема исходной информации – в данном случае требуется представить с разбивкой по интервалам нагрузки лишь два параметра – $Q_{k\Sigma i}^{бр}$ и $\mathcal{E}_{выр\Sigma i}$, исходные показатели для расчета которых (расход перегретого пара от котла $D_{пе}$, т/ч, давление этого пара $P_{пе}$, кгс/см², и его температура $t_{пе}$, °С, а также аналогичные параметры по трактам промперегрева и питательной воды, мощность турбогенератора N_m , МВт) измеряются непрерывно. Необходимо лишь дополнить алгоритмы усреднения данных АСУ ТП несложными процедурами.

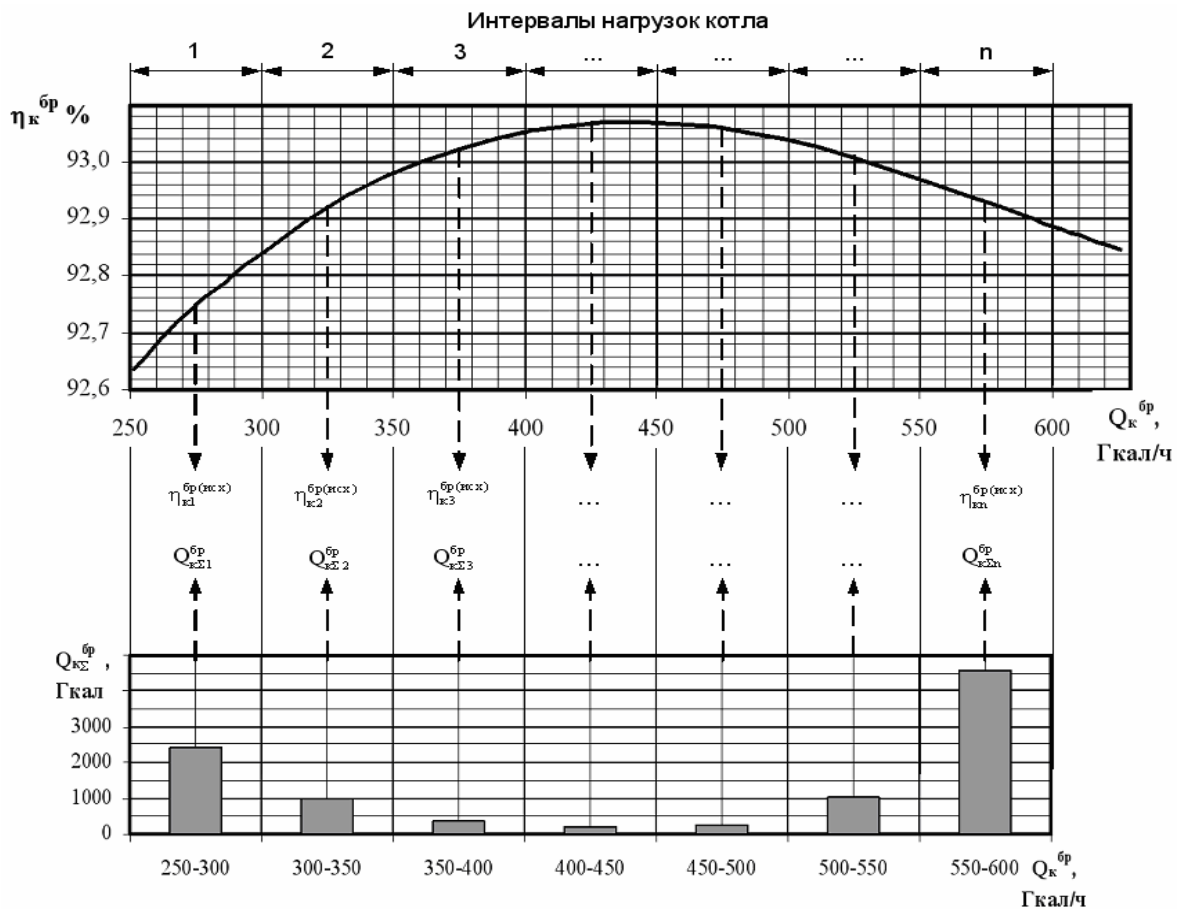


Рис. 2. Иллюстрация к расчету $\eta_K^{бр(усх)}/$

Заключение

Утвержденная нормативными документами методика расчета номинальных удельных расходов топлива не позволяет в полной мере учесть неравномерность суточного графика электрической нагрузки электростанций.

Предложенная модификация метода расчета номинальных удельных расходов топлива обеспечивает учет неравномерности суточного графика электрической нагрузки при

Поспелов Анатолий Алексеевич,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций,
admin@tes.ispu.ru

Ледуховский Григорий Васильевич,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
кандидат технических наук, доцент кафедры тепловых электрических станций,
admin@tes.ispu.ru

Борисов Антон Александрович,
ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»,
аспирант кафедры прикладной математики,
телефон (4932) 26-97-45.

незначительном расширении алгоритмической базы системы автоматического сбора данных.

Список литературы

1. **Методические** указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования. РД 34.08.552-95: введ. в действие с 01.02.96, с изм. № 1 от 15.05.98 г.