

*ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК*

Р.А. ПАХОМОВ, Н.Г. АНДРЕЙКО, А.А. ШИПУЛИНА, М.Ю. ЖУКОВСКИЙ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: shipulina-a@inbox.ru*

В статье рассмотрена проблема нахождения определяющих функций критических параметров теплотехнической работоспособности котлоагрегата.

С целью выявления основных определяющих параметров и функций общей надежности котлоагрегата, проведена взаимосвязь между номинальными значениями параметров и возможными максимальными отклонения от этих номинальных значений. Так же получено что фактические значения параметров являются стационарными случайными функциями времени. На основании анализа графика поведения во времени определяющей функции, был сделан вывод, что величина стационарного уровня сама является случайной величиной, истинное значение которой устанавливается с долей вероятности. В свою очередь характер колебаний случайной функции будет полностью зависеть только от поведения стационарных случайных функций. В работе сделан вывод, что будет выполняться условие надежного теплоотвода в котле в любой момент эксплуатации с вероятностью 2σ , зависящей от времени.

Ключевые слова: теплотехническая надежность котлоагрегата, отклонения теплотехнических параметров, номинальные значения, теплоотвод, пароперегреватель, тепловой режим, поверхность нагрева, стационарная случайная функция, определяющие параметры котла.

Надежность отвода тепла с поверхностей нагрева котла обеспечивается надлежащим образом организованным тепловым режимом работы. Для нормальной работы необходимо, чтобы величины параметров, которые определяют теплотехническую работоспособность котельного агрегата (т.е. обеспечить нормальный теплоотвод без расплавлений, пригораний и т.д.), не превышали в любой момент эксплуатации котла критических для каждого параметра значений.

Эти параметры мы будем называть определяющими параметрами. Критическими будем называть такие значения определяющих параметров, превышение которых приводит к нарушению нормального теплоотвода и, как следствие этого, к опасным необратимым изменениям в конструкциях и материалах: разрушениям, расплавлениям, пригораниям.

Сформулированное выше требование надежного теплоотвода в котле в любой момент эксплуатации [1] можно записать следующим образом:

$$f_{jk} = \left\{ \min_{(по z)} \left[\frac{x_{jкр}(z) - x_j(z)}{x_j(z)} \right] \right\}_k > 0$$

(для всех $k = 1, 2, \dots, k^*$; $j = 1, 2, \dots, j^*$).

Здесь $x_j(z)$ - фактическое значение j -го параметра в k -й поверхности нагрева;

z - текущая координата;

$x_{jкр}(z)$ - критическое значение для параметра $x_j(z)$;

k - номер (индекс) поверхности нагрева с одинаковыми номинальными условиями теплоотвода, т.е. с одинаковыми или приблизительно одинаковыми номинальными значениями конструкционных и режимных параметров (k^* - полное число таких групп каналов); j^* - количество определяющих параметров котельного агрегата.

Неравенство можно записать в более компактной форме:

$$f_{jk} = \eta_{jk} - 1 > 0 \quad (\text{для всех } j, k)$$

Основными определяющими параметрами теплоэнергетических установок (ТЭУ) [2,3] могут быть:

1. Температура пара на выходе из пароперегревателя - средняя.
2. Температура пароперегревателя, локальная температура.
3. Мощность котельного агрегата Q^k
4. Концентрация в дымовых газах окислов азота и серы.

Следует иметь ввиду, что общую надежность котлоагрегата могут характеризовать и многие другие параметры. Поэтому нас не будут интересовать процессы не характеризующие надежность теплового режима котла.

Таким образом, в соответствии с перечисленными выше группами определяющих параметров для различных поверхностей нагрева котла возможны следующие определяющие функции:

$q_{\text{доп}}$ - допустимое значение удельного теплового потока, превышение которого приводит к разрушению материалов труб поверхностей нагрева; $t_{\text{п.п.тр.}}^{\text{доп}}$ - допустимая температура материала труб пароперегревателя; $P^{\text{кр}}$ - предельно допустимое давление в барабане котла; $T_{\text{ух}}^{\text{доп}}$ - предельно допустимая температура уходящих газов.

Естественно, что в принципе возможны и другие определяющие функции, связанные со спецификой конкретного котлоагрегата. Однако в каждом случае теплотехническую надежность обычно характеризуют одна, две из перечисленных функций. Остальные функции, как правило, несущественны при оценке надежности теплоотвода в котле.

Любая определяющая функция котлоагрегата представляет собой функцию конструкционных и режимных параметров труб поверхностей нагрева. Истинное значение каждого из этих параметров точно не известно. Известны лишь номинальные значения параметров x_n и возможные максимальные отклонения от этих номинальных значений $\pm \Delta x$, равные половине поля допуска ($|\Delta x| = \delta x$), установленного для каждого параметра. Фактические значения параметров являются либо случайными величинами, либо стационарными случайными функциями времени $x(t)$. Определяющая функция f_j обычно зависит от средних случайных величин:

а) проходного сечения; б) поверхности теплосъема; в) точности используемых при расчете f_j экспериментальных формул и констант.

Определяющая функция f_j зависит также от следующих стационарных случайных функций времени:

а) тепловой мощности; б) расхода теплоносителя; в) давления теплоносителя; г) температуры на входе, здесь индекс «н» - номинальное значение; величина δ - половина поля допуска для соответствующего параметра.

Отклонения всех перечисленных параметров от номинальных значений в пределах полей допусков определяются либо локальными причинами, либо причинами, общими для всех труб поверхностей нагрева, или теми и другими вместе.

Локальные причины отклонений - это в основном факторы, заложенные еще до эксплуатации котлоагрегата и в период эксплуатации остающиеся, как правило, неизменными. Поэтому локальные причины приводят к постоянным случайным отклонениям параметров (не зависящим от времени) или к случайным величинам Δx^h .

В свою очередь общие причины, т.е. причины заложенные еще до эксплуатации котлоагрегата и в период эксплуатации, остающиеся неизменными, случайными факторами, переменными во времени, что приводит к случайным колебаниям основных режимных параметров. Следовательно, общие причины приводят к таким случайным отклонениям параметров, которые представляют собой сумму случайных величин Δx^e и случайных стационарных функций (или процессов) $\Delta x^e(t)$.

Итак, в любой момент времени t в период эксплуатации котельного агрегата отклонения всех перечисленных выше параметров, от которых зависят определяющие функции котлоагрегата, можно записать следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \Delta S &= \Delta S^h = const; \Delta F = \Delta F^h = const; \Delta Q = \Delta Q^h + \Delta Q^o + \Delta Q^o(t); \\ \Delta G &= \Delta G^h \quad \Delta G^o + \Delta G^o(t); \Delta P = \Delta P^k + \Delta P^o(t); \\ \Delta t_{ex} &= \Delta t_{ex}^o + \Delta t_{ex}^o(t); \Delta T_{\phi} = \Delta T_{\phi}^h = const; \end{aligned} \right\}$$

Таким образом поскольку параметры S , F , T_{ϕ} представляют собой непрерывные случайные величины [4], а параметры Q , G , P , $t_{вх}$ - стационарные случайные функции и поскольку все вместе они являются аргументами определяющей функции f_j , то сама определяющая функция будет стационарной случайной функцией $f_j(t)$ со своим номинальным значением f_j^h и полем допуска $f_j^h \pm \delta f_j$:

$$\left. \begin{aligned} f_j^H &= f_j(Q^H, G^H, p^H, t_{ex}^H, S^H, F^H, T_\phi^H = 1), \\ \delta f_j &= f_j^H - f_j(Q^H + \delta Q, G^H + \delta G, p^H \pm \delta p, t_{ex}^H + \delta t_{ex}, \\ &S^H \pm \delta S, F^H + \delta F, 1 \pm \delta T_\phi); \end{aligned} \right\}$$

(в выражении для δf_j знак перед предельным отклонением каждого из параметров выбирается таким, чтобы величина f_j убывала при этом изменении параметра, или, как говорят, отклонялась в неблагоприятную сторону).

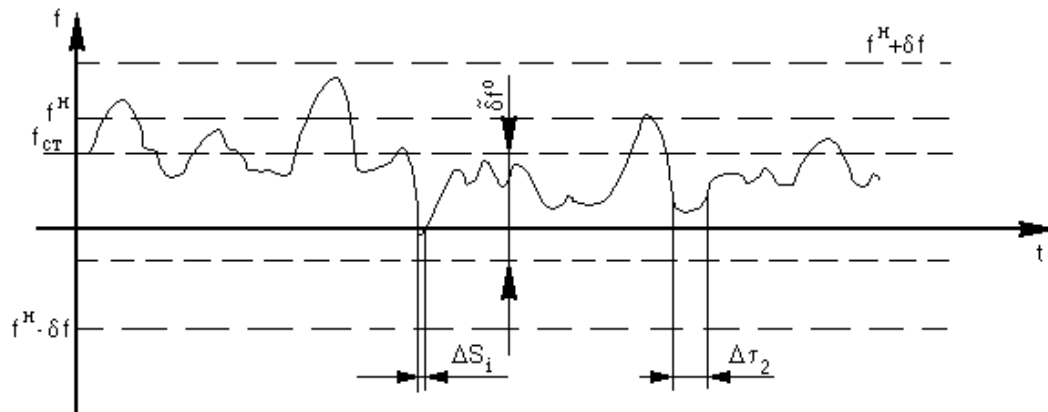


Рисунок 1 - Поведение во времени определяющей функции f .

Существенным в данном случае является то, что случайная функция $f_j(t)$ будет совершать случайные колебания около стационарного уровня $f_{\text{ст}}$ (рис. 1.), положение которого внутри поля допуска $f_j^H \pm \delta f_j$ целиком и полностью определяется случайными величинами и именно тем, какие конкретные значения будут иметь эти величины после изготовления, сборки и отладки данного котлоагрегата. Таким образом, величина стационарного уровня $f_{\text{ст}}$ сама является случайной величиной. Истинное значение $f_{\text{ст}}$ может быть установлено лишь с определенной степенью вероятности. В свою очередь характер колебаний случайной функции $f_j(t)$ будет полностью определяться только поведением стационарных случайных функций.

Из всего сказанного следует, что неравенство будет выполняться только с некоторой определенной вероятностью, зависящей от этого времени t .

ЛИТЕРАТУРА

1. Клемин А. И., Полянин Л. Н., Стригулин М. М. Теплогидравлический расчет и теплотехническая надежность ядерных реакторов – М. : Атомиздат, 1980 . – 261 с.

2. Пахомов Р.А. Разработка методики определения отклонений теплотехнических параметров и долговечности при термопульсациях в элементах котлоагрегатов / Пахомов Р.А. // диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Краснодар, 2002.

3. Расчеты нестационарных процессов в эле-ментах энергооборудования / Пахомов Р.А., Андрейко Н.Г., Марченко Л.А., Самородов А.В. // моногр., Краснодар, 2013, Издательский дом-Юг, 68 с.

4. Самородов А.В. Математическое моделирование элементов автономных энергосистем с использованием возобновляемых источников энергии / Копелевич Л.Е., Пахомов Р.А., Андрейко Н.Г. // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2015. № 1. с. 95-99.

REFERENCES

1. Klemin A.I., Polyandin L.N., Strigulin M.M. thermal hydraulic calculation and thermal reliability of nuclear reactors - M: Atomizdat 1980. - 261 p.

2. Pakhomov R.A. Development of methods for determining the parameters of thermal variations and durability when termopulsatsiyah in elements of boilers / Pakhomov R.A. // Thesis for the degree of candidate of technical sciences, Krasnodar, 2002.

3. Calculation of non-stationary processes in elements of power-ments / Pakhomov R.A., Andreiko N.G., Marchenko L.A., Samorodov A.V. // monogr., Krasnodar, 2013 Publishing House, South 68.

4. Samorodov A.V. Mathematical modeling elements of autonomous energy systems using renewable energy sources / Kopelevich L.E., Pakhomov R.A., Andreiko N.G. // Science. Appliances. Technology (Polytechnic Gazette). 2015. № 1. a. 95-99.

*DEFINES THE FUNCTION OF HEAT ENGINEERING PERFORMANCE TPP***R.A. PAHOMOV, N.G. ANDREJKO, A.A. SHIPULINA, M.Ju. ZhUKOVSKIJ**

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: shipulina-a@inbox.ru*

The article deals with the problem of finding critical parameters determining the functions of heat engineering efficiency boiler.

In order to identify the main governing parameters and functions of the general reliability of the boiler, carried out the relationship between the nominal values of the parameters and the possible maximum deviation from these nominal values. Just received the actual values are stationary random functions of time. Based on the analysis of the behavior of the graph in time defining the function, it was concluded that the value of steady-state level is itself a random variable, the true value of which is set to probability. In turn, the nature of the fluctuations of the random function will fully depend only on the behavior of stationary random functions. The paper concludes that the condition will be reliable heat transfer to the boiler at any time of operation with two likelihood sigma time dependent.

Keywords: thermo-technical reliability of the boiler unit, the deviation thermal parameters, nominal values, heat, steam superheater, heat treatment, surface heating, stationary random function defining the parameters of the boiler.