ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
Том 66, в. 2 ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА 1948 г.

К ВЫБОРУ ТОЧЕК ОТБОРА ПАРА ПРИ РЕГЕНЕРАЦИИ В ТЕПЛОСИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ

И. Н. БУТАКОВ

Для любого n-го смешивающего подогревателя можно написать тепловой баланс в случае отбора насыщенного пара в таком виде

$$x_n . r_n = y_n \ (T_n - T_{n-1}), \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

где x_n — количество отбираемого пара в *кг*, r_n—скрытая теплота его парообразования *ккал/кг*, T_n и T_{n-1}—абсолютные температуры воды при выходе из подогревателя и при входе в него, y_n—количество проходящего через n-й подогреватель конденсата в *кг*. Можно допустить, что y_n мало меняется при переходе от одного подогревателя к другому, почему, принимая $y_n = 1$, имеем

$$x_n = \frac{T_n - T_{n-1}}{r_n} \quad (2)$$

Работа, которую мог бы произвести по циклу Ранкина отъемный пар, определяется по формуле (3)

$$W_n = x_n \left[r_n \left(1 - T_2/T_n\right) + T_n - T_2 - T_2 \ ln \ T_n/T_2 \right], \quad (3)$$

где T_2 — абсолютная температура холодного источника. Формулу (3) можно представить в таком виде (3′)

$$W_n = x_n \cdot r_n (1 - T_2/T_n) \left[1 + \frac{T_n - T_2 - T_2 . ln \ T_n/T_2}{r_n (1 - T_2/T_n)} \right]. \quad (3')$$

Второе слагаемое в прямых скобках представляет небольшую дробь, так что, если ее игнорировать, этим самым мы уменьшим величину W_n. Это, однако, не отразится заметно на результате, так как фактически расход пара x_n будет меньше, чем принято по формуле (2). Это оттого, что основной конденсат будет дополняться конденсатами обогревающего пара в порядке постепенности при переходе от одного подогревателя к другому, достигая полной единицы лишь после последнего подогревателя. Поэтому с достаточным приближением к действительности можно принять

$$W_n = x_n . r_n (1 - T_2/T_n), \quad (4)$$

или после подстановки сюда значения x_n из выражения (2)

$$W_n = \frac{(T_n - T_{n-1})\,(T_n - T_2)}{T_n} = T_n - T_{n-1} - T_2 + \frac{T_{n-1} . T_2}{T_n} \quad (5)$$

Если число подогревателей будет K, то общая работа, которую мог бы произвести отъемный пар всех K подогревателей, будет ΣW_i, причем для подогревателя К низкого давления имеем

$$W_\kappa = \frac{(T_\kappa - T_2)(T_\kappa - T_2)}{T_\kappa} = T_\kappa - T_2 - T_2 + \frac{T_2 \cdot T_2}{T_\kappa};$$

$$W_{\kappa-1} = \frac{(T_{\kappa-1} - T_\kappa)(T_{\kappa-1} - T_2)}{T_{\kappa-1}} = T_{\kappa-1} - T_\kappa - T_2 + \frac{T_\kappa \cdot T_2}{T_{\kappa-1}};$$

. . . .

. . . .

$$W_{II} = \frac{(T_{II} - T_{III})(T_{II} - T_2)}{T_{II}} = T_{II} - T_{III} - T_2 + \frac{T_{III} \cdot T_2}{T_{II}};$$

$$W_1 = \frac{(T_1 - T_{II})(T_{II} - T_2)}{T_1} = T_I - T_{II} - T_2 + \frac{T_{II} \cdot T_2}{T_1}.$$

Таким образом,

$$\Sigma W_i = T_1 - (K+1)\,T_2 + \frac{T_2 \cdot T_2}{T_\kappa} + \frac{T_\kappa \cdot T_2}{T_{\kappa-1}} \ldots + \frac{T_{III} \cdot T_2}{T_{II}} + \frac{T_{II} \cdot T_2}{T_1} \qquad (6)$$

Температура T_1 — максимальная температура регенеративного подогрева питательной воды обычно оказывается величиной, заданной на основе технико-экономических соображений, поэтому изменяющимися величинами в выражении (6) являются последние члены. Для нас важно, чтобы величина ΣW_i была минимальной, т. е. чтобы потеря работы, обусловленная отсутствием использования тепловых перепадов от давлений в точках отъемов пара до давления в конденсаторе, оказалась наименьшей. Это же будет иметь место, когда сумма последних членов выражения (6) будет минимальной. Заметим, что произведение этих членов является величиной постоянной, равной $T_2^{\kappa+I}/T_1 = \mathrm{const}$. Если мы имеем произведение из переменных величин x, y и z в виде некоторой постоянной величины $x.y.z = C$ и требуется найти максимум или минимум их суммы $\Sigma = x + y + z$, то берут частные производные по каждому переменному с приравниванием их нулю, а потом определяют с использованием произведения C значения x, y и z. Оказывается, что тогда $x = y = z = \sqrt[3]{C}$ или в применении к разбираемому частному случаю

$$\frac{T_2 \cdot T_{II}}{T_1} = \frac{T_2 \cdot T_{III}}{T_{II}} \ldots = \frac{T_\kappa \cdot T_2}{T_{\kappa-I}} = \frac{T_2 \cdot T_2}{T_\kappa} = \sqrt[\kappa]{\frac{T_2^{\kappa+I}}{T_1}},$$

или

$$T_{II}/T_1 = T_{III}/T_{II} \ldots = T/T_{\kappa-I} = T_2/T_\kappa = \sqrt[\kappa]{T_2/T_1}. \qquad (7)$$

Таким образом, для получения минимума работы ΣW_i с K подогревателями надо распределять абсолютные температуры отъемного пара $T_{II}, T_{III} \ldots T_{\kappa-I}, T_\kappa$ с таким расчетом, чтобы они образовывали геометрическую прогрессию со знаменателем прогрессии $\sqrt[\kappa]{T_2/T_1}$.

В случае применения поверхностных подогревателей при каскадном способе ведения линии конденсата обогревающего пара отборов расход последнего x_n, вследствие поступления конденсата с более высокой температурой из вышестоящего подогревателя, уменьшается. То же мы имеем и при наличии мелких перекачивающих конденсатных насосов и в других случаях ведения линий конденсата обогревающего пара. Поэтому и при поверхностных подогревателях остаются в силе те принципиальные положения, которые выше были формулированы для смешивающих подогревателей (формулы 4,5 и 6). Разница будет только в том, что при поверхностных подогревателях имеет место разность ΔT температур между обогревающим паром и уходящей из подогревателя питательной водой (5°—10°С). Поэтому формулы (4—7) для случая поверхностных подогревателей перепишутся в таком виде.

$$W_n = x_n \cdot r_n \left(1 - \frac{T_2}{T_n + \Delta T}\right) \ldots \tag{4'}$$

$$W_n = \frac{T_n - T_{n-I}}{r_n} \cdot r_n \left(1 - \frac{T_2}{T_n + \Delta T}\right) = \frac{(T_n - T_{n-I})\,[(T_n + \Delta T) - T_2]}{T_n + \Delta T} \ldots \tag{5'}$$

Суммарная же работа будет иметь вид

$$\Sigma W_i = T_1 - (k+1)\,T_2 + \frac{T_2(T_{II} + \Delta T)}{T_1 + \Delta T} + \frac{T_2(T_{III} + \Delta T)}{T_{II} + \Delta T} + \ldots.$$

$$+ \frac{T_2(T_к + \Delta T)}{T_{к-I} + \Delta T} + \frac{T_2(T_2 + \Delta T)}{T_к + \Delta T} \ldots \tag{6'}$$

Произведение из последних членов выражения (6')

$$\frac{T_2^{к}(T_2 + \Delta T)}{T_1 + \Delta T} = const,$$

поэтому

$$\frac{T_{II} + \Delta T}{T_1 + \Delta T} = \frac{T_{III} + \Delta T}{T_{II} + \Delta T} = \ldots = \frac{T_к + \Delta T}{T_{к-I} + \Delta T} = \frac{T_2 + \Delta T}{T_к + \Delta T} = \sqrt[к]{\frac{T_2 + \Delta T}{T_1 + \Delta T}} \ldots \tag{7'}$$

Подогреватели, обогреваемые отъемным паром повышенного давления, могут получать пар в перегретом состоянии особенно в случае применения пара высоких начальных параметров. Тогда в формуле (3') в прямых скобках появится еще одно третье слагаемое, отвечающее фазе перегрева диаграммы Ранкина. Это слагаемое будет малой дробью, позволяющей думать о возможности ее игнорирования тем более, что в данном случае фактический расход пара x_n в подогревателях, питаемых перегретым паром, будет меньшим вследствие более высокого теплосодержания обогревающего пара. Принимая же x_n по формуле (2), мы тем самым увеличиваем x_n и, следовательно, этим компенсируем уменьшение W_n из-за игнорирования перегрева пара в этих подогревателях. Таким образом, наличие перегретого пара в некоторых подогревателях не может сказываться на результатах выбора точек отбора пара, которые и в этих случаях будут подчиняться закону геометрической прогрессии абсолютных температур.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
5	3 снизу	*AEIGA*	*ABCDEA*
11	11 снизу	$\frac{\eta_m}{\eta_к \text{ или } \eta_m}$	$\frac{\eta_m}{\eta_к \text{ или } \eta_n}$
16	15 снизу	$\frac{1}{\eta_m} ; \frac{860\cdot\varphi}{(W_к / W)\, q}$	$\frac{1}{\eta_m} \cdot \frac{860\varphi}{\left(1+\frac{W_к}{W}\right) q}$
19	10 снизу	$\frac{C_2 D_{отб}}{860}$	$-\frac{C_2 D_{отб}}{860}$
24	1 сверху	$Э'_m$	$Э''_m$
24	4 сверху	$\left(1-\frac{Э'_m}{Э}\right)$	$\left(1-\frac{Э''_m}{Э}\right)$
24	11 снизу	$\frac{860\,(i'_n - t_{конд})}{\eta''_э\,(i_1' - i''_n)}$	$\frac{860\,(i''_n - t_{конд})}{\eta''_э\,(i_1' - i''_n)}$
42	6 сверху	Q_p	$Q_p^н$
48	5 снизу	линии	линий
150	16 сверху	$'G_0^{ист}$	$x'_2\, G_0^{ист}$
150	20 сверху	s	s_1
151	3 сверху	x_{10}^{12}	x_{10}^2
151	6 сверху	x_{10}^{12}	$x_{10}^{\prime 2}$