

А. Д. Качан, А. М. Леонков, Н. В. Муковозчик

(Белорусский политехнический институт)

РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБИН С ПОМОЩЬЮ ЭВМ

При эксплуатации оборудования энергетические характеристики теплофикационных турбин являются непременным приложением к заводским диаграммам режимов и строятся по данным испытаний агрегатов. Точность энергетических характеристик в значительной степени зависит от методики их расчета, т. е. от точности учета всех факторов, влияющих на расход тепла при переменных режимах работы турбоустановки, учесть которые чрезвычайно трудно.

Поэтому в настоящее время используют линейные характеристики вида

$$Q_0 = Q_{x,x} + q_k N_k + q_t N_t + \Sigma Q_t, \quad (1)$$

где $Q_{x,x}$ — условный расход тепла на холостой ход; q_k , q_t — удельный расход тепла на производство электроэнергии соответственно по конденсационному циклу и на тепловом потреблении; N_k , N_t — мощности соответственно по конденсационному и теплофикационному циклам; Q_t — тепловая нагрузка регулируемых отборов.

Характеристики вида (1) строятся для некоторого фиксированного давления пара в регулируемых отборах, практически не учитывают изменения внутреннего относительного к.п.д. на переменных режимах и являются приближенными.

Применение их в ряде случаев, особенно при проведении анализа экономичности работы оборудования и распределении нагрузок между турбинами ТЭЦ, не обеспечивает достаточной точности расчетов и приводит к неправильным результатам. Поэтому наличие уточненных энергетических характеристик, пригодных, кроме того, для использования на ЭВМ в качестве основного элемента в АСУ ТЭЦ, крайне необходимо.

Учитывая особенности переменных режимов работы теплофикационных турбин и выделяя конденсационный и теплофикационный потоки пара в них, расход тепла на турбину можем представить зависимостью

$$Q_0 = \Sigma Q_t + \Sigma W_b Q_t + q_k \left(\frac{N}{\eta_m \eta_r} - \Sigma W_b Q_t \right), \quad (2)$$

где q_k — внутренний удельный расход тепла для конденсационного потока пара; W_b — внутренняя удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении; $\eta_m \eta_r$ — электромеханический к.п.д. турбины.

Расчет энергетических характеристик (2) сводится к определению значений W_b и q_k с учетом переменных режимов работы, поскольку электрическая мощность N , величина тепловых нагрузок ΣQ_t известны, а η_m и η_r есть известные функции от мощности N .

Уравнение (2) решается методом последовательных приближений. При этом вначале предполагается расчетный режим работы частей высокого и среднего давления, а затем при отклонении режима от расчетного вводятся соответствующие поправки к значениям W_B и q_k и уточняется величина расхода тепла на турбину по уравнению (2).

Выполненные нами исследования показали, что при расчетном режиме для заданного давления в отборе и конденсаторе q_k есть однозначная функция конденсационной мощности:

$$q_k = \alpha + \beta \left(\frac{N_k^p}{N_k} - 1 \right)^m. \quad (3)$$

Удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении W_B при этом станет известной функцией от давления в отборе.

При нерасчетном режиме работы турбины экономические характеристики (внутренний относительный к.п.д. и дополнительная потеря тепла) теплофикационных отсеков (предотборных ступеней) регулируемых отборов определяются в зависимости от объемного расхода пара по результатам опытных и расчетных исследований экономичности работы турбинных отсеков в переменных режимах. При отклонении начальных и конечных параметров пара от номинальных к значениям W_B и q_k вводятся также дополнительные поправки.

Уравнение энергетических характеристик с учетом потерь запишет следующим образом:

$$Q_0 = \Sigma Q_T + W_{B, \text{ ут}}^{\text{нр}} Q_{T1} + W_{B, \text{ ут}}^{\text{от}} Q_{T2} + q_k^{\text{ут}} \left[\frac{N}{\eta_m \eta_r} - (W_{B, \text{ ут}}^{\text{нр}} Q_{T1} + W_{B, \text{ ут}}^{\text{от}} Q_{T2}) \right]. \quad (4)$$

По предложенной методике с использованием расчетных данных ЛМЗ, опытных данных ОРГРЭС и БПИ составлены алгоритм (рис. 1) и программа расчета энергетических характеристик турбины ПТ-60-130/13 на ЭВМ «Минск-22». В табл. 1 дано сравнение результатов расчета ряда режимов работы турбины с опытными данными. Как видно, погрешность расчета не превышает 2%. Машинное время при расчете составляет 2—3 мин.

Предлагаемая методика пригодна и для турбин с двухступенчатым отопительным отбором (Т-50-130, 7-100-130). В этом случае предварительно рассчитывается сетевая установка и путем совместного решения уравнения Стодола для теплофикационного отсека и уравнения конденсирующей способности сетевых подогревателей определяется давление в отопительных отборах.

Данная методика построения уточненных энергетических характеристик позволяет также легко вводить поправки к расходу тепла на изменение параметров свежего и отработавшего пара. В настоящее время нами составляется программа расчета энергетических характеристик для турбин Т-100-130 с учетом параметров эксплуатации, а также с более детальным учетом регенеративной выработки (в программе для турбины ПТ-60-130/13 доля регенеративной выработки электроэнергии для различных потоков на переменных режимах считалась неизменной).

Разработанная методика может найти применение в расчете энергетических характеристик теплофикационных турбин, определении удельного расхода тепла по конденсационному циклу и удельной выработки электроэнергии на тепловом потреблении с учетом работы на переменных режимах и т. д. В отличие от полиномиальных зависимостей [1, 2, 3] она не

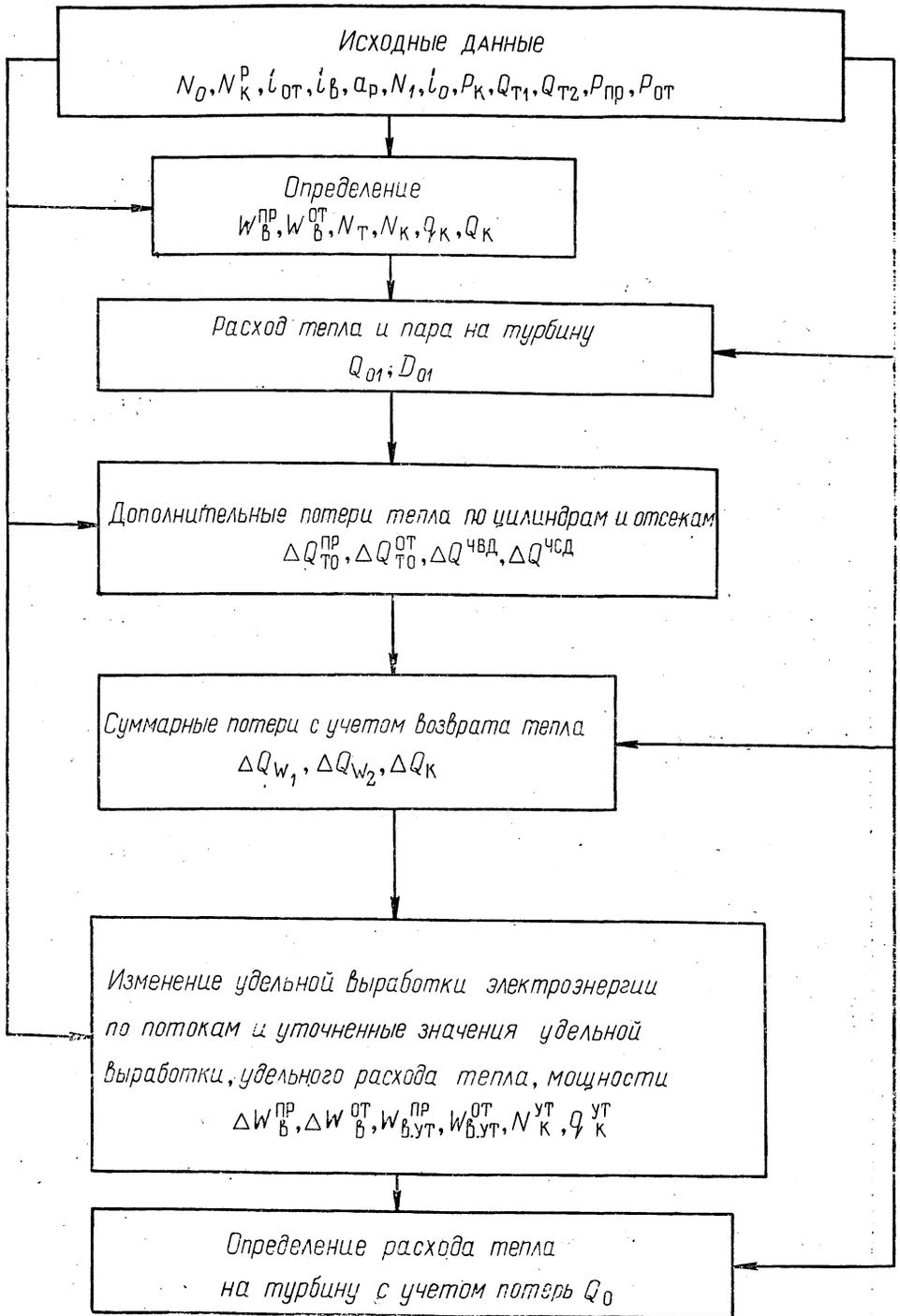


Рис. 1. Алгоритм расчета энергетических характеристик теплофикационных турбин на ЭВМ «Минск-22».

Параметр	Обозначения		Раз- мер- ность	Режим с отпуском тепла на производство и теплофикацию			Режим с отпуском тепла только на производство			Режим с отпуском тепла только на теплофикацию		
	в урав- нении	для ЭВМ										
Текущее значение элек- трической мощности	N	N_1	<i>Мвт</i>	59,9	61,6	61,3	49,07	52,5	57,0	37,8	34,1	43,2
Энтальпия острого пара	i_0	I_0	<i>кдж/кг</i>	3515,2	3507,3	3504,4	3492,6	3496	3493,5	3516,5	3509,8	3498,9
Количество тепла, отпу- скаемого на производство	$Q_{т1}$	Q_1	<i>Мвт</i>	43,8	58,2	67,2	57,6	56	55,9	0,0	0,0	0,0
Давление пара в камере производственного отбора:												
отбора нет	$p_{про}$	P_6	<i>бар</i>	13,2	13,4	12,95	12,6	12,6	12,6	12,03	11,2	13,87
отбор есть	$p_{пр}$	P_1	<i>бар</i>	13,2	13,4	12,95	12,6	12,6	12,6	0,0	0,0	0,0
Количество тепла, от- пускаемого на теплофикацию	$Q_{т2}$	Q_2	<i>Мвт</i>	40,2	56,5	61,8	0,0	0,0	0,0	74,7	70,4	85,4
Давление в камере ото- пительного отбора:												
отбора нет	$p_{ото}$	P_7	<i>бар</i>	1,07	1,09	1,09	1,14	1,22	1,43	1,21	1,21	1,21
отбор есть	$p_{от}$	P_2	<i>бар</i>	1,07	1,09	1,09	0,0	0,0	0,0	1,21	1,21	1,21
Давление отработавшего пара	p_k	P_4	<i>бар</i>	0,082	0,061	0,061	0,071	0,082	0,092	0,071	0,071	0,071
Расход тепла на турбину:												
по данным испытаний	$Q_0^{исп}$	—	<i>Мвт</i>	190,7	210,04	218,6	162,2	169,8	180,3	128,4	118,5	147,1
по уравнению (4)	Q_0	Q_0	<i>Мвт</i>	192,7	213,5	221,4	165,4	172,2	182,7	129,6	120,4	144,4
Расхождение в значениях расхода тепла	—	—	%	1,03	1,65	1,28	1,86	1,37	1,33	0,9	1,47	1,8

требует проведения большого объема тепловых испытаний турбин, так как для нее достаточно наличия только экономических характеристик отдельных отсеков турбины.

Литература

1. *Акименкова В. М.* Исследование некоторых тепловых характеристик теплофикационных турбоустановок статистическими методами. Автореф. дис. М., 1971. 2. *Бененсон Е. И., Резникова Р. С.* Определение энергетических характеристик теплофикационных турбин с использованием ЭЦВМ—. «Электрические станции», 1972, № 8. 3. *Гончар В. К.* Уравнения диаграмм режимов теплофикационных турбин отопительного типа со ступенчатым подогревом сетевой воды. — «Изв. вузов». Энергетика, 1972, № 9.