

ПРОЦЕСС ПАРОВОГО КОТЛА В I - t КООРДИНАТАХ

Г. И. Фукс

На основе I - t диаграммы представляется возможность построить тепловой процесс котла с газовой стороны в I - t координатах. Аналогично изображению процесса паровой турбины в i - s координатах этот прием упрощает и уточняет расчет.

Построение основано на следующих очевидных соотношениях.

Для всей конвекционной поверхности нагрева и произвольной ее части имеем на килограмм топлива

$$Q = c_r V_1 T_1 - c_r V_1 T_2 - c_v (V_2 - V_1) (T_2 - t) - Q_5$$

или

$$Q = V_1 (I_{T_1} - I_{T_2}) - (V_2 - V_1) (i_{T_2} - i_t) - Q_5. \quad (1)$$

Второй член правой части представляет собою тепло, затраченное на нагрев присоса воздуха от температуры присасываемого воздуха t . Величины I и i представляют собою теплосодержания (энтальпии) газов и воздуха соответственно при той температуре, которая поставлена в виде индекса.

Простое преобразование этой зависимости приводит к соотношению

$$Q = V_1 I_1 - V_2 I_2 + (V_2 - V_1) i_t - Q_5. \quad (2)$$

С другой стороны, тепловой баланс установки дает

$$Q_n^p = Q_a + Q_k + Q_5^m + Q_5^k + Q_2 + Q_3 + Q_4, \quad (3)$$

где Q_a и Q_k — тепло, переданное радиацией и конвекцией,

Q_5^m и Q_5^k — тепло, потерянное на излучение топкой и конвекционной частью.

Далее, очевидно

$$\eta_y = \frac{Q_a + Q_k}{Q_n^p}. \quad (4)$$

При наличии воздухоподогрева Q_a включает в себе тепло, переданное воздуху в воздухоподогревателе, но Q_5^{bn} воздушного подогревателя должно быть учтено в величине Q_5^k .

Объединяя (1) и (3) для всей котельной установки, получим

$$Q_n^p = V_m (I_{T_m} - I_{T_y}) - (V_y - V_m) (i_{T_y} - i_t) + Q_a + Q_5^m + Q_2 + Q_3 + Q_4. \quad (5)$$

Пользуясь этим уравнением проводим следующее построение. Отсчитав по I - t диаграмме¹⁾ величины I по составу газов в топке и умножив эти величины на V_m , наносим $V_m I$ в функцию от T (черт. 1). Таким же путем наносим кривую $V_y I$.

¹⁾ См. Фукс. Г. И. — К определению состава и теплосодержания дымовых газов при расчете котельной установки. Советское котлотурбостроение, № 7, 1937 г.

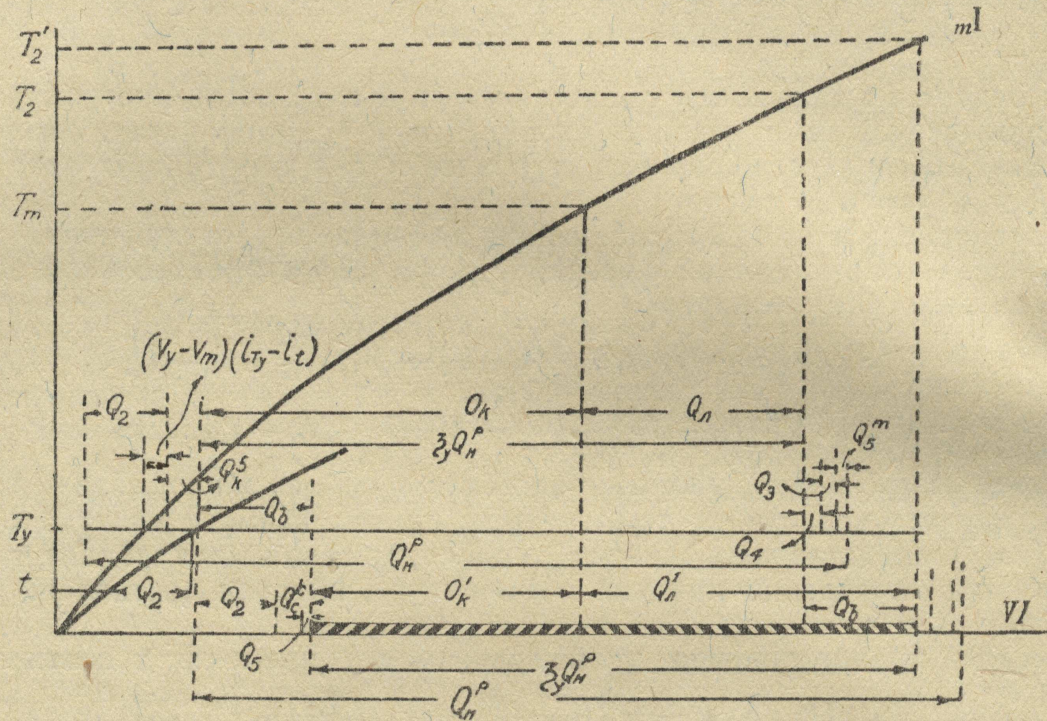
По известной формуле

$$Q_2 = V_y (I_{T_v} - I_t) \quad (6)$$

отсчитываем Q_2 . Далее на ординате, соответствующей T_y , строится тепловой баланс установки согласно (5) (черт. 1).

Согласно чертежу при этом можно отсчитать Q_k , Q_a и теоретическую температуру горения T_2 . В дальнейшем остается только разбить конвекционное тепло Q_k по отдельным поверхностям нагрева.

Указанное построение является окончательным, если в установке отсутствует воздухоподогрев. При наличии последнего уменьшится доля



Черт. 1.

тепла, использованного на конвекционной поверхности нагрева котла, и соответственно увеличится доля радиационного тепла. Соответственная перестройка баланса установки проведена на оси абсцисс (черт. 1).

Подсчитав тепло, использованное в воздухоподогревателе:

$$Q_v = \alpha_m V_0 (i_{t_v'} - i_t),$$

прибавляем его к Q_a и отнимаем от Q_k (черт. 1). Это дает возможность отсчитать действительные величины

$$Q'_k, Q'_a \text{ и } T'_2.$$

После определения указанных величин переходим к нанесению процесса котла. Для этого строим в тех же координатах кривые $VI = f(T)$, принимая состав газов и объем в характерных точках с учетом присоса воздуха. На чертеже 2 нанесены кривые с учетом объема и состава газов в 3 характерных точках: перед пароперегревателем (кривая A), за пароперегревателем (кривая B) и за второй поверхностью (кривая C).

Дальнейшую разбивку конвекционного тепла по отдельным поверхностям наносим, используя соотношение (2). Так для 1-й поверхности, исходя из точки 1 на кривой $V_m I$, откладываем вправо отрезок $(V'_n - V_m) i_t$ и дальше, влево—отрезок Q'_5 для этой поверхности. Если известна, например, темпе-

ратура газов перед пароперегревателем T'_n , то графически просто определяется отрезок Q_1^k — тепло, использованное на 1-й конвекционной поверхности. Для пароперегревателя обычно при расчете можно из теплового баланса его определить Q_n^n — тепло, использованное в пароперегревателе на кг топлива. Тогда сразу отсчитывается температура газов за пароперегревателем T''_{nn} и т. д.

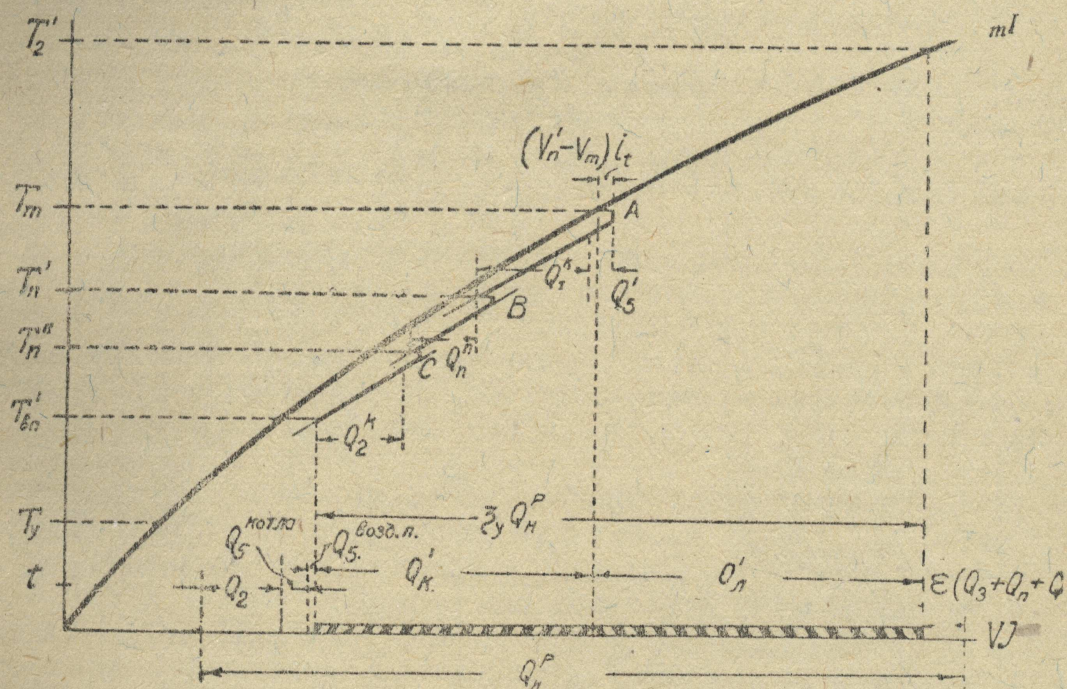
Разумеется, при таком построении должно получиться

$$Q_1^k + Q_{nn} + Q_2^k + \dots = Q'_k$$

и

$$Q'_5 + Q_5^{nn} + Q_5'' + \dots = Q_5^k.$$

Такое построение надо провести для всех котельных поверхностей (включая и водяной экономайзер, если он имеется в установке) до воздухоподогревателя.



Черт. 2.

В практическом расчете оба чертежа (1 и 2) совмещаются в один.

Достоинством предложенного метода надо считать:

1. Точность расчета тепловых потоков, не уступающую аналитическому способу расчета.

2. Наглядность и простоту.

3. Постоянный на всех этапах самоконтроль, так как выверка баланса происходит автоматически. Конечно, если для построения всех кривых надо будет аналитически подсчитывать величины I , то расчет станет очень хлопотлив. Это обстоятельство избегается использованием указанной диаграммы автора.

Для „нормальных“ типов котлов весь расчет удобно комбинируется в следующую таблицу.

Таблица № 1.

Температуры		t_b	T_y	300	400	600	800	900	1000	T_m	1400	1600	2000
Топка $RO_2 =$ $H_2O =$ $V_m =$	I												
	$V_m I$												
Перед паропере- гревателем $RO_2 =$ $H_2O =$ $V'_n =$	I												
	$V'_n I$												
За пароперегре- вателем $RO_2 =$ $H_2O =$ $V''_n =$	I												
	$V''_n I$												
За котлом $RO_2 =$ $H_2O =$ $V_k =$	I												
	$V_k I$												
За водяным эконо- майзером $RO_2 =$ $H_2O =$ $V_{эз} =$	I												
	$V_{эз} I$												
За воздушным эконо- майзером $RO_2 =$ $H_2O =$ $V_y =$	I												
	$V_y I$												
Воздух	i												