

## КПД СТАЦИОНАРНОЙ ЧАСТИ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ВЫХОПНОГО ПАРА ПАРОВОЗОВ

И. Н. БУТАКОВ

Определим сначала КПД стационарной части при использовании тепла выхлопного пара паровозов по отношению к количеству тепла, поступившего с тепловыми аккумуляторами в депо. Будем исходить из движения 48 пар поездов в сутки, когда в час поступает в депо  $4 \cdot 5 \cdot 10^4 = 2 \cdot 10^5$  кг горячей воды при  $95^\circ\text{C}$ , причем расстояние между депо 130 км. Таким образом, исходные данные приняты те, которые фигурировали в статье автора, помещенной в № 7 „Вестника инженеров и техников“ за 1947 г.

Можно написать:

$$\frac{860 \cdot \mathcal{E} + W}{\eta'_{ст}} = 95 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 8760 = 166 \cdot 10^9 \text{ кал/год} \quad (1)$$

Здесь  $\mathcal{E}$ —выработка *квтч* за год вакуумной турбинной утилизационной установкой;  $W$ —количество калорий в год, отпущенных тепловым абонентам, включая и почвенный обогрев в огородах под стеклом;  $\eta'_{ст}$ —общий КПД стационарной части утилизационной установки.

Из выражения (1) имеем

$$\eta'_{ст} = \frac{\mathcal{E}(1 + W/860 \mathcal{E})}{194 \cdot 10^6} \quad (2)$$

На рис. 1 дана номограмма, демонстрирующая зависимость  $\eta'_{ст}$  от энергетического коэффициента  $W/860 \mathcal{E}$ . Зависимость эта прямолинейная: получается пучок прямых для разных значений  $\mathcal{E}$ .

Из упомянутой выше статьи видно, что для разобранного там частного примера  $W = 8.5 \cdot 8760 = 74600 \cdot 10^6 \text{ кал/год}$  и  $\mathcal{E} = \frac{500 + 110}{2} \cdot 8760 = 2.628 \cdot 10^6 \text{ квтч/год}$ . Тогда  $\eta'_{ст} = 0.46$ , что получается и из рис. 1, имея в виду, что энергетический коэффициент

$$\frac{W}{860 \mathcal{E}} = \frac{74600}{860 \cdot 2.63} \cong 33.$$

Для определения  $\eta''_{ст}$ —абсолютного КПД стационарной части установки по отношению к теплу топлива, сгоревшего за год в топках паровозов, для одного депо имеем

$$\eta''_{ст} = \frac{95 \cdot P_0 \cdot n \cdot 8760 \cdot \eta'_{ст} \cdot 10^4}{v_{тк} \cdot L \cdot Q \cdot n \cdot 7000 \cdot 8760} \quad (3)$$

Здесь  $P_0$ —количество кг горячей воды, привозимой в депо каждым паровозом;  $n$ —число паровозов в час, приходящих в депо с тендер-аккумуляторами;  $v_{тк}$ —расход условного топлива паровозами в кг на измери-

тель  $10^4$  ткм брутто;  $L$  — расстояние в км между депо;  $Q$  — вес состава, брутто в тоннах. Тогда из выражения (3) получаем

$$\eta''_{ст} = \frac{135 \cdot P_0 \cdot \eta'_{ст}}{v_{тк} \cdot L \cdot Q} \quad (4)$$

На рис. 2 дается номограмма для определения  $\eta''_{ст}$  в зависимости от других меняющихся факторов.

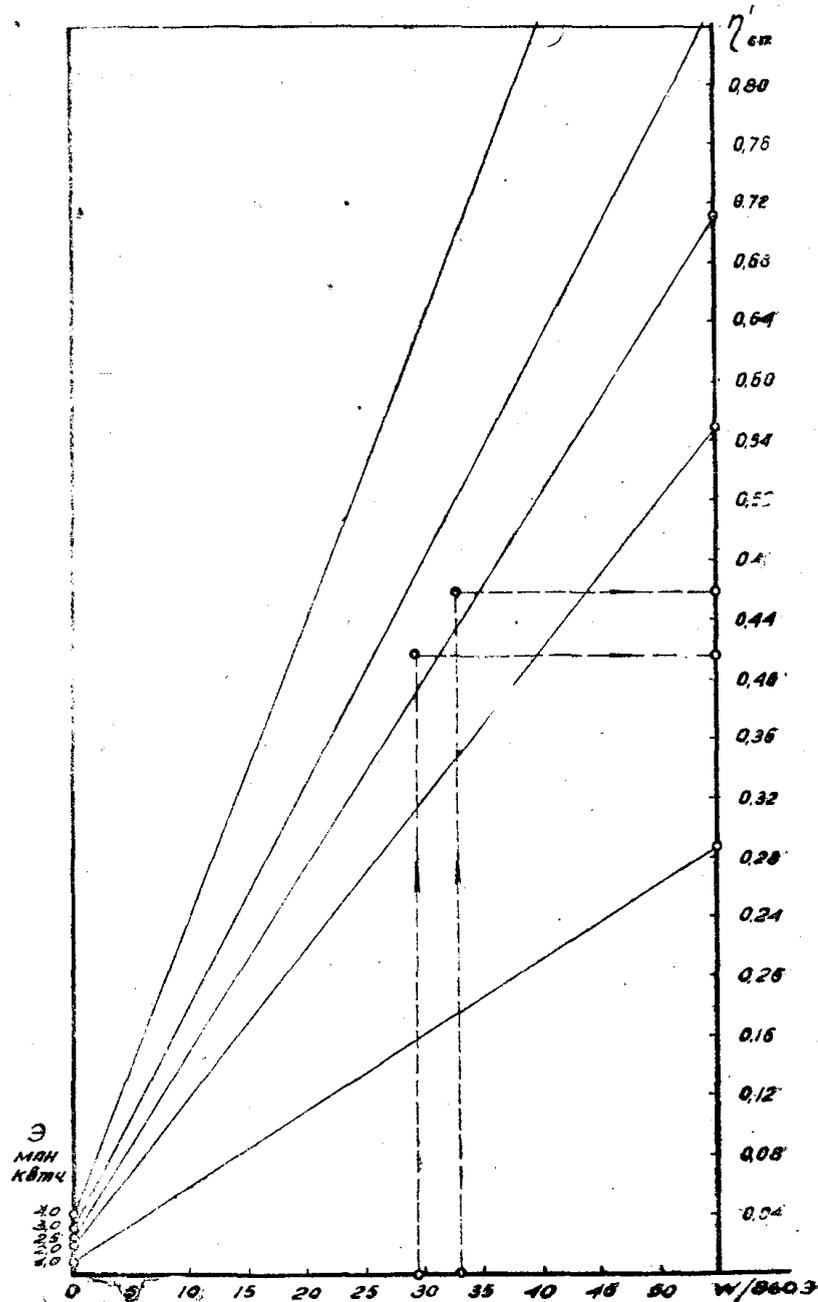


Рис. 1

Для условий разобранный в упомянутой статье частного примера и для  $\eta'_{ст} = 0.46$  имеем  $\eta''_{ст} = 0.055$ , причем  $v_{тк}$  принято  $220 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$ . Если до сих пор паровоз серии ФД расходовал в поездах  $250 \text{ кг}/10^4 \text{ ткм}$ , то с введением тендер-аккумуляторов, химводоочистки, водоподогрева,

воздухоподогрева и повышенного перегрева пара расход топлива должен значительно снизиться (на 40—60%), ибо химводоочистка уменьшает расход топлива на 10—20%; водоподогрев, воздухоподогрев и повышенный перегрев пара (акад. Сыромятников) — на 25—30%; устранение оста-

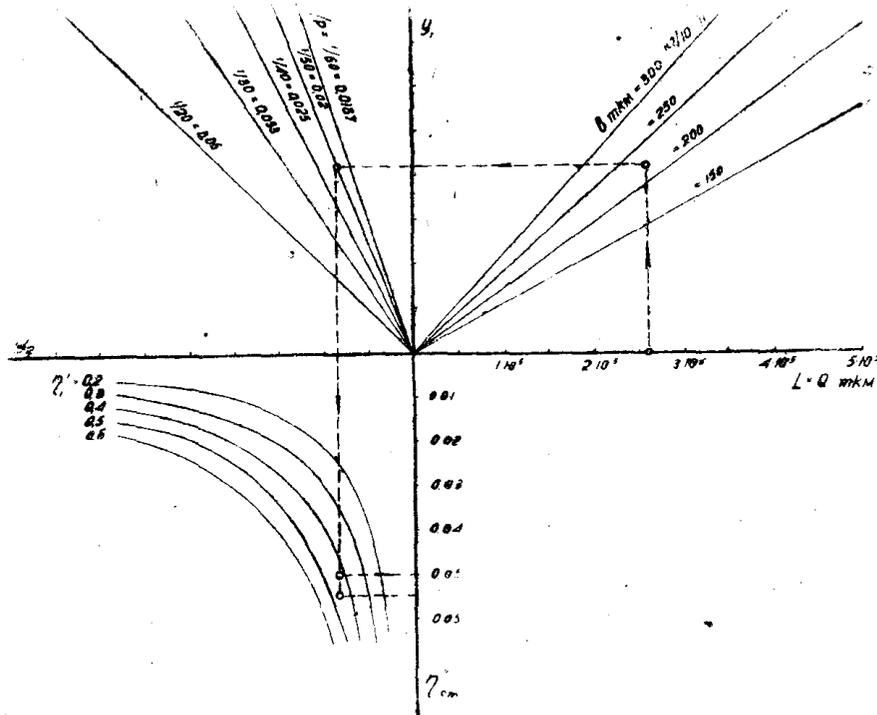


Рис. 2

звонков на промежуточных станциях — на 5—10%. Поэтому принятие  $v_{mk} = 220 \text{ кг/10}^4 \text{ ткм}$  должно считать скорее преувеличенным показателем для ближайшего будущего, чем заниженным. После сказанного

$$\eta''_{ст} = \frac{135 \cdot 50000 \cdot 0.46}{220 \cdot 130 \cdot 2000} = 0.055.$$

В предыдущем, как и в вышеуказанной статье автора в „Вестнике инженеров и техников“, было принято

$$W = (7/2 + 5) 8760 = 74600 \text{ мкг/год и}$$

$$\mathcal{E} = \frac{500 + 110}{2} \cdot 8760 = 2.63 \cdot 10^6 \text{ квтч/год.}$$

Эти цифры примерно отвечают климатическим условиям средней полосы Сибири. В самом деле, часовая теплопотеря зданий может быть определена по общеизвестной формуле

$$Q = x \cdot V (t_{вн} - t_{н}),$$

где  $x$  — тепловая характеристика зданий ( $\text{кал/м}^3 \text{ } 1^\circ\text{C час}$ );  $V$  — их объем в  $\text{м}^3$ ;  $t_{вн}$  — внутренняя, а  $t_{н}$  — наружная температуры. Для зданий какой-либо рассматриваемой деповской территории  $x \cdot V = \text{const}$ . Если далее принять, простоты ради,  $t_{вн} = 18^\circ\text{C}$  для всех помещений, то, зная метеорологические условия данной местности, можем построить график Россандера, откладывая по оси ординат  $(t_{вн} - t_{н})$ , а по оси абсцисс — количество дней в году, соответствующее стоянию той или иной температуры

наружного воздуха, как указано на рис. 3, которая схематизирует условия для Томска на основании наблюдений Тюменцева Г. К. за 37 лет [1]. Число отопительных дней 218, начало отопительного периода при средней температуре  $+5^{\circ}\text{C}$  [2].

Поскольку начальная температура горячей воды в разбираемом случае неизменна,  $90-95^{\circ}\text{C}$ , то регулирование должно быть количественное с допустимым изменением скоростей воды в пять раз. Это достижимо, как видно из рис. 3, если наиболее низкая температура наружного воздуха, при которой допустимо еще использование горячей воды аккумуляторов, не опустится ниже  $20-25^{\circ}\text{C}$ . При дальнейшем снижении температуры должен осуществляться подогрев воды в пиковых бойлерах от котельной депо. При выполнении этого условия коэффициент использования утилизационной установки будет больше, и к тому же удастся повысить и ее КПД. Пусть ордината на рис. 3, отвечающая темпера-

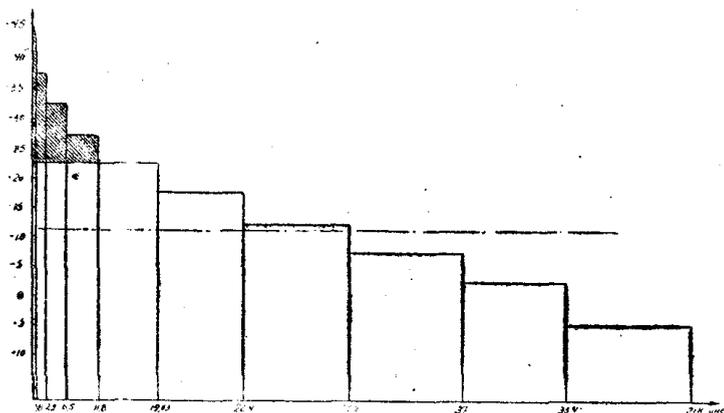


Рис. 3

туре  $-22^{\circ}\text{C}$ , в принятом масштабе будет 28 мм, причем в этом случае будет подаваться максимальное количество воды при температуре  $90-95^{\circ}\text{C}$ , т. е. в разбираемом частном примере  $2 \cdot 10^5 \text{ кг/час}$ . Так как средняя ордината из графика Россандера (рис. 3) равна 20,3 мм и  $28/20,3 = 1,38$ , то количество тепла, отпущенного из подземного резервуара при температуре  $90-95^{\circ}\text{C}$  за отопительный период, определится в виде

$$W = \frac{35 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 218 \cdot 24}{1,38} = 26600 \text{ мкг/год.}$$

Вводя коэффициент 1,1, учитывающий влияние естественной вентиляции [3], получим

$$1,1 \cdot 26600 = 29400 \text{ мкг/год.}$$

Количество горячей воды, которое подается в отопительную сеть за отопительный период и которое, следовательно, поступает в испаритель утилизационной турбины при температуре  $60^{\circ}\text{C}$ , будет

$$\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 24 \cdot 218}{1,38} = 76 \cdot 10^7 \text{ кг/год.}$$

Этому количеству воды отвечает выработка электроэнергии за отопительный сезон

$$\frac{76 \cdot 10^7 \cdot 15}{571} \cdot \frac{0,6 \cdot 30}{860} = 0,42 \cdot 10^6 \text{ квтч/год.}$$

Кроме того будет происходить выработка электроэнергии за отопительный сезон за счет воды при  $t$ -ре  $95^{\circ}\text{C}$  в количестве

$$\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 24 \cdot 218 \cdot 35}{28 \cdot 561} \cdot \frac{0.6 \cdot 45}{860} = 0.56 \cdot 10^6 \text{ квтч/год.}$$

Отношение  $\frac{28}{7.7} = 3,66$  взято из рис. 3, где 7.7 мм средняя ордината,

характеризующая в принятом масштабе количество воды  $t$ -ры  $95^{\circ}\text{C}$ , поступающей в испаритель утилизационной турбины. Большая часть этой воды из испарителя первой турбины поступает при  $t$ -ре  $60^{\circ}\text{C}$  в испаритель второй утилизационной турбины, где обеспечивает дополнительную выработку электроэнергии в количестве

$$\frac{2 \cdot 10^5 \cdot 24 \cdot 218 \left(1 - \frac{35}{561}\right) \cdot 15}{571 \cdot \frac{28}{7.7}} \cdot \frac{0.6 \cdot 30}{860} = 0.156 \cdot 10^6 \text{ квтч/год.}$$

В период без отопления в течение  $365 - 218 = 147$  дней выработка электроэнергии за счет воды при  $t$ -ре  $95^{\circ}\text{C}$  получится для первой турбины

$$\frac{147 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 24 \cdot 35}{561} \cdot \frac{0.6 \cdot 45}{860} = 1.27 \cdot 10^6 \text{ квтч/год.}$$

Сверх того вода из испарителя этой турбины при  $t$ -ре  $60^{\circ}\text{C}$  обеспечит получение электроэнергии во второй турбине

$$\frac{147 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 24 \left(1 - \frac{35}{561}\right) \cdot 15}{571} \cdot \frac{0.6 \cdot 30}{860} = 0.363 \cdot 10^6 \text{ квтч/год.}$$

Всего таким образом будет выработано

$$\mathcal{E} = (0.42 + 0.56 + 0.16 + 1.27 + 0.36) \cdot 10^6 = 2.77 \cdot 10^6 \text{ квтч/год.}$$

Энергетический коэффициент будет

$$\frac{29400 + 40000}{860 \cdot 2.77} = \frac{69400}{2380} = 29.2,$$

причем  $40000 \text{ мдж/год}$  расход тепла на огороды под стеклом  $= 8760 \cdot 25 \cdot 0.91 \cdot 2 \cdot 10^5 = 40000 \text{ мдж/год.}^1)$

Как видно, энергетический коэффициент получился несколько меньше, а именно на  $\frac{33 - 29.2}{33} \cdot 100 = 11.5\%$ , чем было определено по данным

упомянутой статьи. В соответствии с этим уменьшатся и КПД  $\eta'_{cm} = 0.42$  (рис. 1) и  $\eta''_{cm} = 0.05$  (рис. 2). Эти КПД были получены на базе годового графика (рис. 3) в предположении, что пик тепловой нагрузки в течение 22 дней в году будет срезаться от самостоятельной котельной. В теплофикационных установках такое направление решения вопроса теплоснабжения за последние годы стало признаваться за наиболее целесообразное. Понятно, что, если мы передадим на самостоятельные котельные большую пиковую тепловую нагрузку, начав включать самостоятельные котельные не при температуре  $t_n = -22^{\circ}\text{C}$ , а, например, при—

<sup>1)</sup> Зимой часть этого тепла может быть использована для борьбы со снегом путем почвенного обогрева тракторных и станционных путей.

—18°C, что отвечает средней температуре трех зимних месяцев в Томске, то тем самым мы повысим коэффициент использования утилизационной установки и вместе с тем увеличим КПД  $\eta'_{ст}$  и  $\eta''_{ст}$ . Одновременно с этим будет расширяться и круг тепловых абонентов. Таким образом, значения КПД  $\eta'_{ст}$  и  $\eta''_{ст}$  в известной степени зависят от распределения тепловой нагрузки между самостоятельной котельной и утилизационной установкой. Ясно также, что оба эти КПД будут зависеть и от климатических условий месторасположения утилизационной установки, поскольку эти условия влияют на очертания годового графика нагрузок по продолжительности.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Город Томск, стр. 198, 1912.
2. Таблицы климатологических данных и температур для теплотехнических расчетов. Ин-норс, стр. 15.
3. Копьев — Теплофикация, теплопотребление, тепловые сети, стр. 25, 1940.