

## Основные положения расчета паросиловых установок бумажных фабрик.

В вопросе о рентабельности предприятий бумажной промышленности тепловое хозяйство играет далеко не второстепенную роль, как показывают калькуляции стоимости фабрикатов на русских и зарубежных фабриках, а потому, в связи с широким строительством новых предприятий бумажной промышленности и намечающимися крупными переоборудованиями существующих, необходимо весьма серьезно отнестись к вопросам рационального проектирования силовых станций. Современная теплотехника сделала за последние годы ряд достижений в области котлостроения и силовых установок, но еще не выявлено, насколько все эти технические усовершенствования увязываются в СССР с экономической стороной вопроса, а потому при выборе в проекте тех или иных основных величин установки (давление, перегрев и т. д.) необходимо производить ряд параллельных подсчетов экономического характера. Вопрос этот часто еще усложняется требованиями производственного характера, присущими бумажной промышленности.

В настоящей статье мы попытаемся осветить вопросы выбора основных величин теплового хозяйства бумажных фабрик.

Одним из важнейших вопросов современного проектирования силовых станций является выбор давления и перегрева на лопатках турбины. В основу всех соображений по этому вопросу должны быть положены следующие совершенно твердые положения.

Расход тепла, произведенный паром для получения 1 квч отбросной или отборной энергии на клеммах генератора, совершенно не зависит от того, каким начальным давлением и перегревом на лопатках турбины мы зададимся,—всегда мы получим для этого расхода тепла одно и то же выражение:

$$A_{отб} = \frac{632 \cdot 1,36}{\eta_m \cdot \eta_{ген}} \approx 1000 \text{ кал.} \dots \dots \dots (1)$$

если принять произведение механического к. п. д. турбины  $\eta_m$  и к. п. д. генератора  $\eta_{ген} \approx 0,86$ .

Ту же величину  $A_{отб}$  можно выразить и такой формулой:

$$A_{отб} = q_{отб} (i_o - i'_{отб}) \dots \dots \dots (2)$$

где  $A_{отб}$  — расход тепла пара в калориях на 1 квч. отбросной энергии,  $q_{отб}$  — количество пара, потребного для получения 1 квч энергии при

Расход пара на 1 кв/час при различных отборах в 8 и 3 атм. абс.

Начальные			Рабочие тепловые перепады в кал.			Количества пара на 1 кв/час в кг.		
перегрев $t_o$ в °C	давление $p_o$ в атм.	теплосодержание $i_o$ в кал.	$i_o - i_1$	$i_o - i_2$	$i_o - i_k$	$q_1$	$q_2$	$q_k$
400	10	780	16	77	236	71,6	14,89	4,86
400	12	779,3	28,5	87	241,5	40,3	13,18	4,75
400	14	778,5	38,5	94	246,5	29,8	12,2	4,65
400	16	777,5	46,5	100,5	250	24,7	11,4	4,59
400	18	776,5	54	106	253,5	21,25	10,8	4,52
400	20	776	60	111	256	19,1	10,3	4,48
400	25	775	72	121	263	15,95	9,5	4,36
400	30	773	81	127,5	268	14,15	9	4,28
400	35	771,5	89	134	273	12,9	8,55	4,2
400	40	769,5	95	139	275,5	12,07	8,25	4,16
400	45	769	100	143	279	11,45	8,02	4,1
400	50	765	105	147	281	10,9	7,8	4,08
400	60	761,5	111,5	153	284	10,27	7,5	4,04
400	70	757	117	157,5	287	9,82	7,3	4,00
400	80	752,5	121,5	162	289	9,45	7,1	3,96
400	90	747	125	164,5	290	9,20	7,00	3,95
400	100	742	128,5	167	289	8,93	6,81	3,96
350	10	755	15	71	223	76,5	16,1	5,14
350	12	754	26	80,5	229	44,0	14,22	5,00
350	14	753	35,5	87	233	32,25	13,15	4,92
350	16	752	43	93	237	26,6	12,31	4,84
350	18	751	50	98	241	22,9	11,7	4,75
350	20	750	55	102	244	20,8	11,21	4,7
350	25	748	66	111	250	17,35	10,3	4,58
350	30	745	75	118	254	15,3	9,72	4,55
350	35	743	81	121	258	14,15	9,24	4,44
350	40	740	87	129	262	13,15	8,87	4,37
350	45	737	91,5	133	264	12,5	8,62	4,34
350	50	734,5	96	136	266	11,92	8,42	4,31
350	60	728,5	102	141	268	11,22	8,12	4,27
350	70	722	107	145	269,5	10,7	7,9	4,25
350	80	715	110	147	269	10,4	7,8	4,26
350	90	706	125	149	268	10,17	7,7	4,27
350	100	697	114	150	266	10,05	7,64	4,31

работе с данным отбором в кг,  $i_o$  и  $i'_{отб}$  — начальное и действительное теплосодержание пара для данного отбора. 632.1,36—тепловой эквивалент 1 кв.-часа.

Расход тепла (принесенного паром) для получения 1 квч. конденсационной энергии всегда больше, чем для получения отбросной энергии, и зависит от выбора давления и перегрева пара, уменьшаясь при их повышении.

Этот расход выражается формулой:

$$A_{конд.} = \frac{632.1,36}{\eta_m \cdot \eta_{ген}} + i'_k \cdot q_k \dots \dots \dots (3)$$

или формулой:

$$A_{конд.} = i_o \cdot q_k \dots \dots \dots (4)$$

где  $A_{конд}$  — расход тепла пара в калориях на 1 квч конденсационной энергии,  $i'_k$  — действительное теплосодержание пара, идущего в конден-

при вакууме в конденсаторе—0,05 атм.<sup>1)</sup>.

Таблица I.

Действительные теплосодержания отборов в кал.			Температуры отборов в °С		Колич. тепла, идущего в конденсатор в кал.
$i'_1$	$i'_2$	$i'_k$	$t'_1$	$t'_2$	
766,4	714,5	580	371	260	2818,8
755,1	705	575	350	241	2731
746	698,5	569,5	320	226	2648
738	692,5	565,5	316	211	2595,6
730	686,5	561,5	299	201	2538
725	681,5	558,5	289	191	2502
714	672	551,5	257	172	2404,5
704	665	545	249	160	2332,6
696	657,5	538,5	231	145	2261,7
688,5	651,5	535,5	216	134	2227,7
682	645,5	530	204	132,8	2173
676	640	526	193	132,8	2146
666,5	631,5	520	178	132,8	2100,8
657,5	623	513	169,5	132,8	2053
649,5	614,5	507	169,5	132,8	2007,7
641	608	502	169,5	132,8	1982,9
633	600	496	169,5	132,8	1964
742	695	565	323	220	2904
732	685,5	560	303	200	2800
723	679	555	285	186	2730,6
716	673	551	271	175	2666,8
708	668	547	255	164	2598
703	663	542	245	155	2547
692	653,5	536	224	136	2455
681	645	529	203	134	2385,8
674	638	523	191	132,8	2322
666	630,5	518	176	132,8	2263,7
659	624	513	169,5	132,8	2226
653	618,5	508,5	169,5	132,8	2191,6
641	608,5	500	169,5	132,8	5135
631	599	493	169,5	132,8	2095
622	589	486	169,5	132,8	2070
610	580	478	169,5	132,8	2041
600	570	471	169,5	132,8	2030

сатор,  $q_k$ — количество пара, нужное для получения 1 квч конденсационной энергии в кг.

С повышением давления и перегрева переменная часть первой формулы —  $i'_k \cdot q_k$  уменьшается, как это видно из таблицы I.

При работе с отбором, при изменении начальных давления и перегрева меняются довольно значительно соотношения между количеством тепла отбираемого пара и количеством тепла, идущего для получения механической энергии. При повышении давления на производство дается пар менее теплоценный, менее перегретый, а с увеличением начального перегрева увеличивается и перегрев отборов, что видно из таблицы I.

Таким образом, надо учитывать неравноценность производственного пара при различных вариантах начального давления и перегрева. Нельзя

<sup>1)</sup> Относительный к. п. д. турбогенератора  $\eta_o$  принят = 0,75, а индикаторный к. п. д. турбины = 0,85.

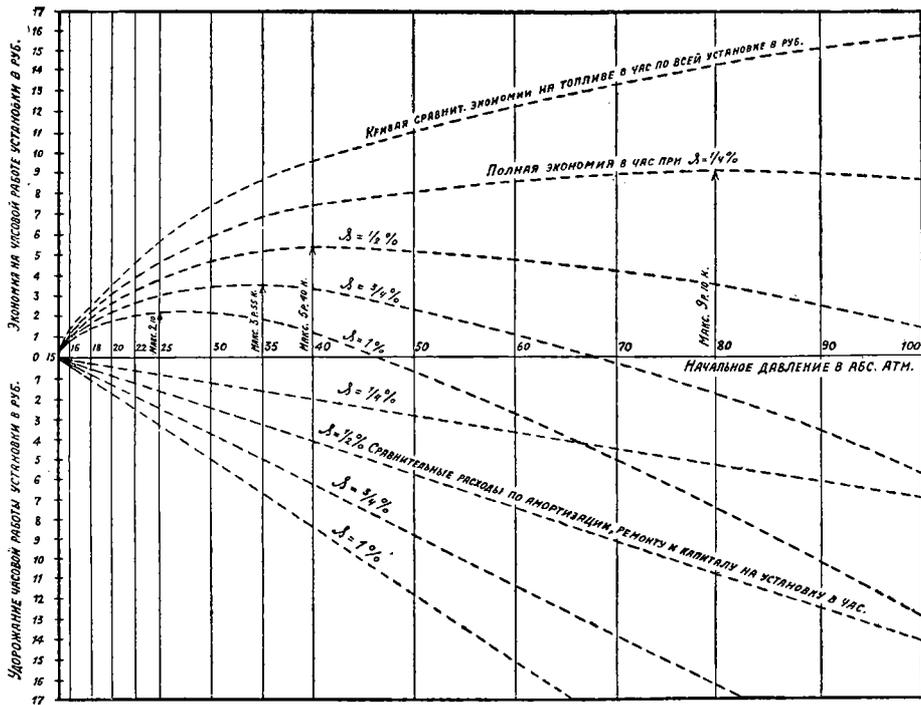


при 15 атм. . . . .	0 %
» 20 » . . . . .	8,5 %
» 25 » . . . . .	17,0 %
» 30 » . . . . .	24,5 %
» 35 » . . . . .	31,5 %

При повышении стоимости установки в целом от повышения давления (в небольших интервалах прямо пропорционально повышению давления) амортизационные расходы, приходящиеся на часовую работу всей установки, увеличатся по формуле

$$b = \frac{R \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot (p_2 - p_1)}{n \cdot 10000} \dots \dots \dots (9)$$

где  $R$ —стоимость установки при низшем давлении  $p_1$ ,  $\gamma$ —% на амортизацию + % на заемный капитал + % на ремонт (в % от стоимости установки),  $\lambda$ —удорожание установки от повышения давления на 1 атм. в % по сравнению с таковой же стоимостью при низшем давлении  $p_1$ ,  $n$ —число



Диагр. 1. Относительная выгода часовой работы паросилового агрегата в рублях при различных начальных давлениях на лопатках турбины при  $t^\circ = 350$  и отборах  $p_1 = 7,5$  атм.,  $p_2 = 2,5$  атм. и  $p_{р.к.} = 0,05$  атм.  $D_1 = 5.000$  кг. (1-й отбор.),  $D_2 = 17.500$  кг. (2-й отбор.). Увеличение расходов на амортизацию, проценты на капитал и ремонт вычислены по формуле  $O = \frac{R \cdot \gamma \cdot \lambda \cdot W}{n \cdot (10000)} (p - 15)$ , где  $R$ — стоимость установки 1 квт. при 15 атм. = 200 руб.  $\lambda$  — удорожание установки при повышении давления на 1 атм. в % ,  $\gamma$  — расходы на амортизацию, заемный капитал на ремонт, в процентах от первоначальной стоимости установки = 20%. Приведенная мощность установки = 6000 квт,  $n$  — число часов работы установки в год = 7200 час.  $W = 4000$  квт. (полная мощность).  $\eta_o = 0,80$ .

часов работы установки в течении года. Число  $10000 = 100 \times 100$  введено при условии, что  $\gamma$  и  $\lambda$  даны в  $\% / \%$ .

Учитывая экономию в топливе, а также увеличение амортизационных расходов по установке, всегда можно найти давление, выше которого итти экономически не выгодно. Это наивыгоднейшее давление будет тем ниже, чем дешевле топливо, чем выше стоимость установки при низшем давлении  $p_1$ , чем больше возрастает последняя от повышения давления, т.е. чем выше  $\lambda$  и  $\% / \%$  на амортизацию, капитал и ремонт —  $\gamma$ , и чем меньше число часов работы установки в течение года —  $n$ .

Диаграмма 1, построенная применительно к проекту переоборудования силовой установки Окуловской бумажной фабрики, поясняет вышеизложенное; она грешит отмеченной выше неточностью, а именно, при ее составлении не принималась

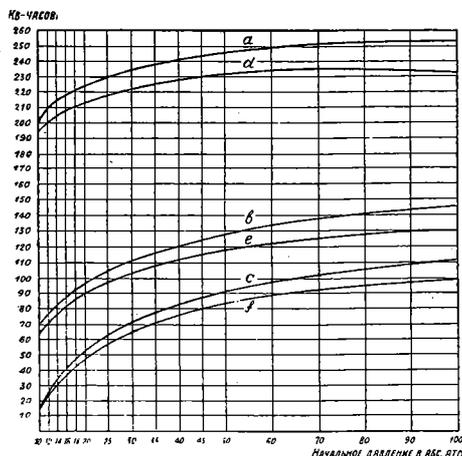
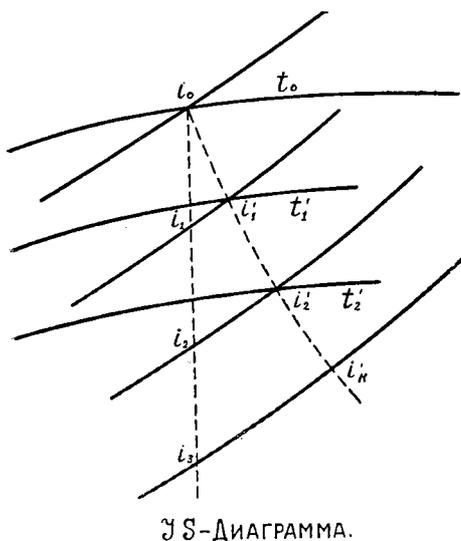


Диаграмма 2. Зависимость получаемой с 1 тонны пара энергии в квт.-часах от начального давления на лопатках турбины.

- а—при отборе 0,05 атм. абс. и нач. перегр.  $400^\circ$
- б—при 3 атм. и  $400^\circ$
- с— " 8 " "  $400^\circ$
- д— " 0,05 " "  $350^\circ$
- е— " 3 " "  $350^\circ$
- ф— " 8 " "  $350^\circ$

в соображение неравноценность отборного пара при различных начальных давлениях. При учете же этой неравноценности выгода от повышения давления еще более уменьшилась бы.

Подсчеты величин в таблице произведены следующим образом:

Величины:  $i_0$  — начальное теплосодержание пара,  $i_1$  — теоретическое теплосодержание пара 1-го отбора при 8 абс. атм.,  $i_2$  — то же для отбора при 3-х абс. атм.,  $i_3$  — то же для пара, идущего в конденсатор с давлением 0,05 атм. абс.,  $i_0 - i_1$ ,  $i_0 - i_2$  и  $i_0 - i_3$  — теоретические перепады теплосодержания — получены из IS — диаграммы. Величины:  $q_1, q_2, q_3$  или  $q_k$  — расход пара в кг. на 1 квч энергии при работе с отбором в 8 и 3 абс. атм. и при вакууме в 0,05 атм. — получены по формуле:

$$q_n = \frac{632 \cdot 1,36}{(i_0 - i_n) \cdot \eta_0} \dots \dots \dots (10)$$

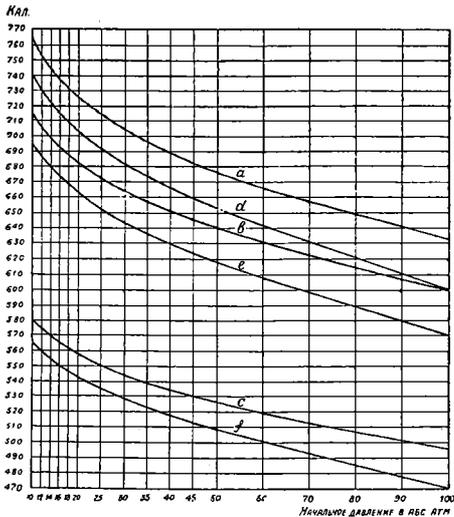
где  $\eta_o$  — относительный к. п. д. турбогенератора  $= \eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{ген}$ ; в расчетах принято  $\eta_o = 0,75$ ;  $i'_1, i'_2$  и  $i'_к$  — действительные теплосодержания пара в отборах и пара, идущего в конденсатор, получены по формуле

$$i'_n = i_o - (i'_o - i_n) \eta_i \dots \dots \dots (11)$$

где  $\eta_i$  — индикаторный к. п. д. турбины принят равным 0,85,  $t'_1, t'_2$  и  $x$  температуры действительных отборов и степень паросодержания во влажном паре получены из  $IS$  — диаграммы по данным давлениям и теплосодержанию отборов. Дальнейший расчет ведется в следующем порядке. Имея  $D_1$  и  $D_2$  — количества производственного пара в 8 и 3 абс. атм., находим количества отбросной энергии  $W_1$  и  $W_2$  по формуле:

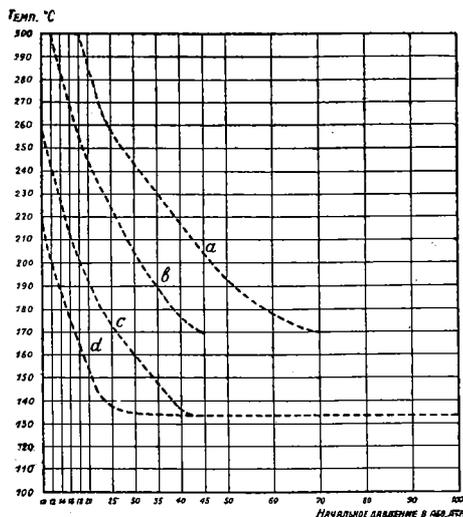
$$W_n = \frac{D_n}{q_n} \dots \dots \dots (12)$$

На диаграммах 2, 3, и 4 представлена зависимость количества получаемой отбросной энергии, теплосодержания и температур отборов пара от начального давления.



Диагр. 3. Зависимость теплосодержания отборов пара от начального давления и перегрева.

- а — при отборе 8 атм. абс. и нач. перегр. 400°
- б — при 3 атм. и 400°
- с — " 0,05 " " 400°
- д — " 8 " " 350°
- е — " 3 " " 350°
- ф — " 0,05 " " 350°



Диагр. 4. Зависимость температур отборов от начального давления пара и перегрева.

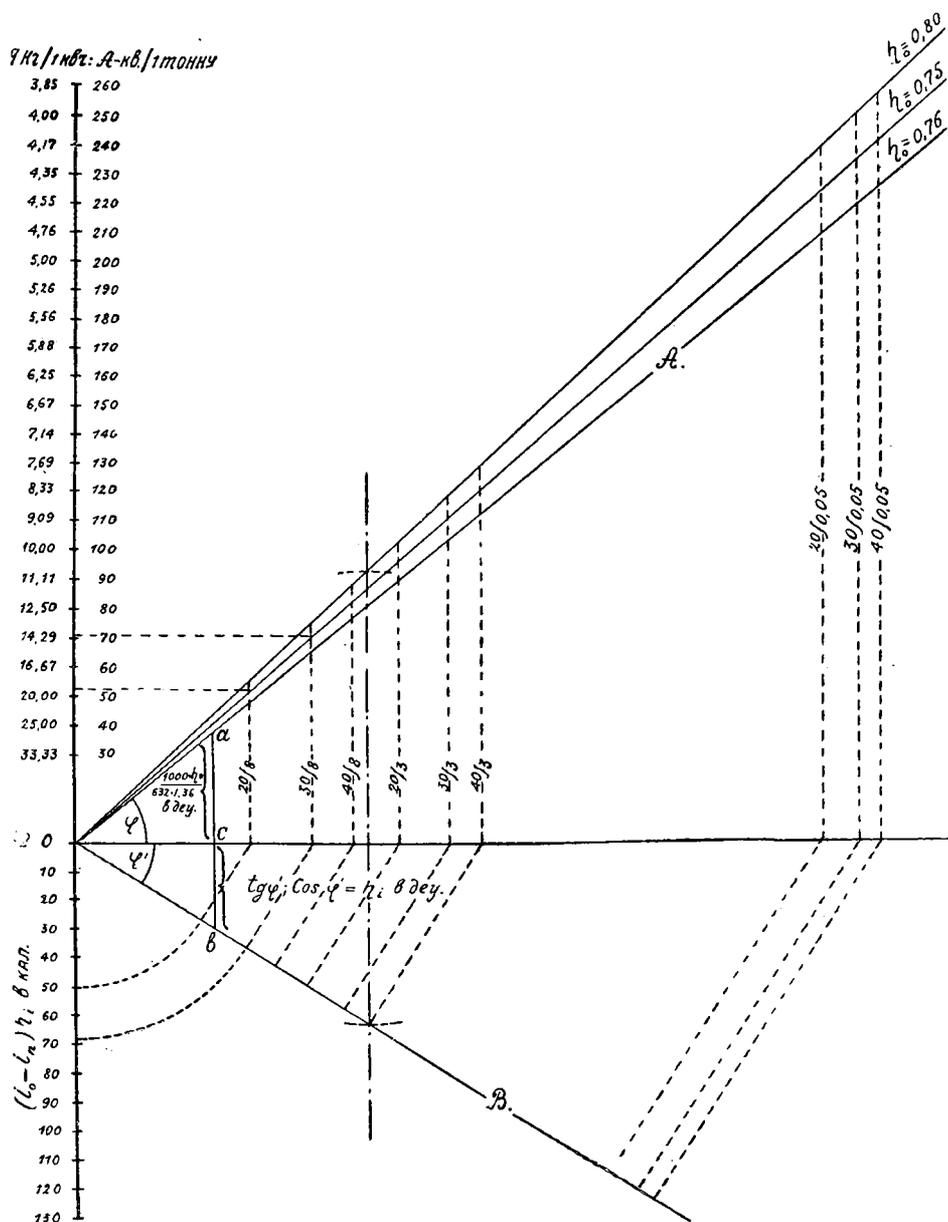
- а — при отборе 8 атм. абс. и нач. перегр. 400°
- б — при 8 атм. и 350°
- с — " 3 " " 400°
- д — " 3 " " 350°

Количество дополнительной конденсационной энергии находим, как разность между полным потребным в производстве количеством механической энергии и количеством полученной отбросной энергии  $W - (W_1 + W_2)$ , т.е.

$$W_{конд.} = W - (W_1 + W_2) \dots \dots \dots (13)$$

Количество пара, идущего в конденсатор,  $D_3 = W_k \cdot q_k$ , следовательно полное количество пара в установке франко турбина  $D = D_1 + D_2 + D_3$  или в котельной  $D_k = D \cdot 1,05$ .

В случае, когда подсчет ведется по нескольким вариантам, гораздо удобнее в смысле скорости, точности подсчета, гарантии от случайных ошибок и возможности вариаций без подсчетов коэффициентов турбины,



Номограмма для расчета мощности и теплосодержания отборов по данным тепловым перепадам IS диаграммы. Расчет произведен для вариантов  $p_0 = 20, 30$  и  $40$  атм. абс. с отборами в  $8$  и  $3$  атм. абс. и конденсатором давления  $0,05$  атм.

применить графический способ подсчета помощью предлагаемой нами, весьма простой по принципу, номограммы.

Количество  $A$  кв. часов, получаемых при данном тепловом перепаде с 1 тонны пара,  $A = \frac{1000}{q} = \frac{1000 \cdot \eta_o}{631.1,36} (i_o - i_n)$ , т.е. является функцией от  $(i_o - i_n)$  вида  $y = ax$ , изображаемой прямою, проходящей через начало координат. Отсюда ясно ее построение:  $a = \frac{1000}{632 \cdot 1,36} = \operatorname{tg} \varphi \dots (15)$

Теплосодержание действительных отборов выражается формулой 11; вторую часть этой формулы  $(i_o - i_n)$ , можно представить, как проекцию отрезка  $(i_o - i_n)$  на прямую, проведенную к нему под углом  $\varphi^1$ , где  $\cos \varphi^1 = \eta_i$  (индикаторный к. п. д. турбины).

В прямоугольных осях координат строим прямую по уравнению  $y = \frac{1000}{632.1,36}$ , для чего откладываем на оси абсцисс хотя бы 1 дециметр, а на перпендикуляре вверх от полученной точки на абсциссе  $c$  откладываем в дециметрах величину  $\frac{1000 \cdot \eta_o}{632.1,36}$  (в дециметрах), где  $\eta_o$  — к. п. д. (относительный) турбины. Полученную на перпендикуляре точку  $a$  соединяем с началом координат прямою  $OA$ . На перпендикуляре к абсциссе, проведенном вниз из точки  $c$ , откладываем величину  $\operatorname{tg} \varphi^1$ , который находим по таблице из Hütte по данному  $\cos \varphi = \eta_i$ , где  $\eta_i$  — индикаторный к. п. д. турбины, и так же соединяем точку  $b$  с началом координат прямой  $OB$ .

На абсциссе номограммы откладываем от начала координат все взятые циркулем из IS—диаграммы тепловые перепады  $(i_o - i_n)$  и из полученных точек восстанавливаем перпендикуляры к абсциссе вверх до прямой  $OA$  и опускаем перпендикуляры на прямую  $OB$  вниз.

Тогда верхние перпендикуляры дадут величины  $A$  квч с 1 тонны пара. Расстояния от начала координат до основания нижних перпендикуляров (по прямой  $OB$ ) дадут величины  $(i_o - i_n) \eta_i$ , вычитая которые из соответствующих начальных теплосодержаний пара (хотя бы графически) найдем искомые теплосодержания отборов  $i'_1, i'_2, i'_k$ .

На оси ординат построены 2 шкалы: по шкале  $A$  находятся (в мм.) по соответствующей ординате величины  $A$  квч., получаемые при данных условиях с 1 тонны пара, а по другой шкале соответственные величины  $q = \frac{1000}{A}$  килограммов пара для получения 1 кв. часа энергии.

Иллюстрацией к вышеизложенному служит нижеприведенный конкретный пример расчета паросиловой установки комбинированной бумажной фабрики.

### Расчет паросиловой установки целлюлозно-бумажной фабрики на р. Сясь.

В основу расчета положены следующие данные:

Количество производственного пара в час:

3-х абс. атм. (сушка, отбелка и пр.) . . . . .	—28.500 кг
” ” ” (отопление зимой в среднем) . . . . .	— 3.650 ”
8 ” ” (варка целлюлозы) . . . . .	—19.000 ”
<hr/>	
Всего летом . . . . .	—47.500 кг/час.
” зимой . . . . .	—51.150 ”

Потери в паропроводах и расходы пара по котельным учтены в размере 5% от всего расхода пара (см. нормы ТЭС'а).

Топливо—дрова с влажностью в 35%, содержанием березы 25% и легких пород 75%—с калорийностью  $11,6 \cdot 10^6$  кал./саж.<sup>3</sup> т.-е. 2630 кал./кг и весом 270 пуд./сажень.

Средняя потребная мощность установки = 8100 квт.

Цифра потребного количества добавочного пара для получения дополнительной конденсационной энергии получена на основании следующих подсчетов вариантов работы по *IS* диаграмме, принимая при этом к. п. д. (относительный) турбогенератора в условиях повседневной заводской работы турбины  $\eta_0 = 0,75$ <sup>1)</sup>.

1. По варианту с начальным (на лопатках турбины) давлением  $p_0 = 30$  атм. абс. и перегревом  $t_0 = 400^\circ$  (все формулы и ход расчета приведены выше).

$i_0 = 773$  кал. ( $i_0 - i_1 = 81$  кал.  $q_1 = 14,15$  кг/квч.  $i_1^1 = 704$  кал.  $t_1^1 = 249^\circ$  С  
 $i_1 = 692$  " ( $i_0 - i_2 = 127,5$  "  $q_2 = 9$  "  $i_2^1 = 665$  "  $t_2^1 = 160$  "  
 $i_2 = 645,5$  " ( $i_1 - i_k = 268$  "  $q_k = 4,28$  "  $i_k^1 = 545$  "  $x_k^1 = 0,91$   
 $i_k = 505$  "

	Летом	Зимой
Отбросная энергия от I-го отбора . . . . .	$W_1 = 1340$ кв.	$W_1 = 1340$ кв.
"    "    "    II-го    "    . . . . .	$W_2 = 3170$ "	$W_2 = 3570$ "
"    "    по обоим отборам . . . . .	$W = 4510$ кв.	$W = 4910$ кв.
Дополнит. конденс. энергия . . . . .	$W_k = 3590$ "	$W_k = 3190$ "
Количество конденс. пара . . . . .	$D_3^{\text{лет}} = 15400$ кг/час.	$D_3^{\text{зим}} = 13600$ кг/час.
Полное количество пара летом = $(D_1 + D_2 + D_3) \cdot 1,05 = 66000$ кг/час. и зимой $(D_1 + D_2 + D_3) \cdot 1,05 = 68.000$ кг/час.		

2. По варианту с начальным (на лопатках турбины) давлением  $p_0 = 30$  абс. атм. и перегревом  $t_0 = 350^\circ$ .

$i_0 = 745$  кал. ( $i_0 - i_1 = 75$  кал.  $q_1 = 15,3$  кг/квч  $i_1^1 = 681$  кал.  $t_1^1 = 203^\circ$  С  
 $t_1 = 670$  " ( $i_0 - i_2 = 118$  "  $q_2 = 9,72$  "  $i_2^1 = 645$  "  $t_2^1 = 134$  "  
 $i_2 = 627$  " ( $i_1 - i_k = 254$  "  $q_k = 4,51$  "  $i_k^1 = 529$  "  $x_k^1 = 0,87$   
 $i_k = 491$  "

	Летом	Зимой
Отбросная энергия от I-го отбора . . . . .	$W_1 = 1241$ кв.	$W_1 = 1241$ кв.
"    "    "    II-го    "    . . . . .	$W_2 = 2930$ "	$W_2 = 3310$ "
По обоим отборам . . . . .	$W = 4171$ кв.	$W = 4551$ кв.
Дополнит. конденс. энергия . . . . .	$W_k = 3929$ "	$W_k = 3549$ "
Количество конденс. пара . . . . .	$D_3^{\text{лет}} = 17720$ кг/час.	$D_3^{\text{зим}} = 16000$ кг/час.
Полное количество пара в котельной летом = $(D_1 + D_2 + D_3) \cdot 1,05 = 68500$ кг/час. и зимой — $(D_1 + D_2 + D_3) \cdot 1,05 = 70.700$ кг/час.		

Сравнивая эти два варианта, получим фактическую экономию по формуле (8)

$$a = (W_{k1} - W_{k2}) \cdot i'_{k2} \cdot q_{k2} + W_{k2} (i'_{k1} \cdot q_{k1} - i'_{k2} \cdot q_{k2})$$

или зимой  $(3549 - 3190) \cdot 2333 + (2386 - 2333) \cdot 3190 = 1005 \cdot 10^3$  кал.

<sup>1)</sup> Как показывают цифры гарантий последних предложений зарубежных фирм, эта величина должна быть несколько меньшей.

или в рублях в час  $\frac{1005 \cdot 10^3}{11,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8} \cdot 25 = 2$  р. 71 к. и в год  $2,71 \cdot 7200 = 19.500$  рублей, где  $11,6 \cdot 10^6$  — калорийность 1 куба дров и 0,8 — коэффициент полезного действия котельной.

Однако слишком большой перегрев отъемного пара при варианте с перегревом  $400^\circ$  не желателен в производстве. На установку увлажнителей пара не идем, а потому принимаем на лопатках турбины начальное давление 30 абс. атм. и перегрев— $350^\circ$ .

Таким образом, этот расчет лишний раз показывает, что выбор перегрева и давления надо производить вместе, не разделяя их. Каждому давлению соответствует свой перегрев, при котором мы будем иметь желательные температуры пара в отборах.

Так, например, из таблицы I мы видим, что было бы более удачно в этом смысле взять давление в 35 абс. атм. и перегрев в  $400^\circ$ . Тот же недостаток можно исправить частично, снижая давление 1-го отбора до 7 или по крайней мере до 7,5 абс. атм., а второй отбор до 2,5 абс. атм. <sup>1)</sup>.

Итак, по настоящему варианту имеем в котельной максимальный зимний расход пара 70.700 кг/час.

**Питательная вода состоит из конденсатов.**

Наименование конденсата.	Теплосодер. конденсата в кал.	Количество конденсата в литр./час.	Количество тепла в кал.	Температура.
З И М О Й.				
От сушильных цилиндров и пр.	100	28500 <sup>2)</sup>	2850000	100°
От отопления. . . . .	100	3650	365000	100°
От турбины . . . . .	32,1	16000	514000	32°
Свежей воды . . . . .	30	22568	677000	30°
Полное количество питат. воды.	62,3	70718	4405000	62°
Л Е Т О М.				
От сушильных цилиндров и пр.	100	28500	2850000	100°
От отопления. . . . .	100	—	—	—
От турбины . . . . .	32,1	17720	570000	32°
Свежей воды . . . . .	30	22280	670000	30°
Полное количество питат. воды.	60	68500	4090000	60°

<sup>1)</sup> Конечно, если это возможно по производственным условиям.

*Ред.*

<sup>2)</sup> Возможность возвращения 100% конденсата из производства и отопления невероятна, так же, как и потребность в питательной воде, равная количеству пара идущего из котельной.

*Ред.*



Расход на энергию, считая 1 квт. — 1,5 коп., получим для 1 куб. саж. топлива  $\frac{24.147.1,5}{144} = 37$  коп., а всего расход на рубку 1 куб. саж. топлива  $= 18 + 37 = 55$  коп. Принимая расходы по амортизации, обслуживанию и на энергию по транспортировке топлива франко котельная по обоим вариантам одинаковыми, последние расходы в сравнительные подсчеты не включаем, равно как и содержание персонала, старших кочегаров, котельщиков, слесарей, зольщиков и пр.

Расход на сжигание щепы выразится при  $2 \times 3 = 6$  кочегарах и при оплате по 5 разряду:

$\frac{40.1,8.6}{24.100} = 18$  коп., а всего особых расходов по варианту с рубкой дров на 1 куб. саж. топлива имеем

$$18 + 37 + 18 = 73 \text{ коп.}$$

По сжиганию дров в поленьях особыми расходами имеем содержание кочегаров (закидчиков), оплачиваемых по 5 разряду по штату, исходя из дневной производительности каждого—1,8 куб. саж. топлива в смену, т.е.

$$\frac{100}{1,8} = 56 \text{ человек} = 19 \text{ на 3 смены.}$$

$$\frac{19.3.40.1,8}{24.100} = 1 \text{ руб. 71 коп. на 1 куб. саж.}$$

К этому надо еще прибавить расход по сжиганию 20 куб. саж. отбросов, выражающийся в содержании персонала на транспортерах и у топки.

К явной экономической выгодности варианта с рубкой дров надо прибавить ряд чисто эксплуатационных выгод: упрощение транспортеров, большая чистота, порядок и простор в котельной, некоторое повышение коэффициента полезного действия котла, вследствие большей равномерности хода процесса и, главное, возможность легко следовать за колебаниями нагрузки в котельной, что очень трудно осуществить при шахтных топках.

**Силовая станция в течение всего года работает при следующих режимах.**

Наименование режимов.	Потребляемая энергия.	Пара в час на производство и турбину.	От'емной энергии.	Избыток и недостаток от'емной энергии.	Число дней в году.
Воскресный режим зимой. . . . .	2180 квт.	40350 кг.	3770 квт.	+ 1590 квт.	20 дней.
То же летом . . . . .	2180 "	36700 "	3360 "	+ 1180 "	20 "
Остановка завода зимой полностью. . . . .	300 "	3650 "	410 "	+ 110 "	13 "
То же летом . . . . .	300 "	1300 "	— "	— "	13 "
Нормальный режим зимой. . . . .	8100 "	68500 "	4170 "	— 3929 "	150 "
	8100 "	70700 "	4550 "	— 3549 квт.	150 "

На основании этих режимов силовая станция может быть оборудована:

1) двумя турбогенераторами, а именно: а) одним с отъемом пара мощностью в 6000 квт с установкой при нем запасного конденсатора и б) вторым чисто конденсационным мощностью в 4000 квт,

2) одним рабочим агрегатом мощностью в 10000 квт, что также даст резерв в работе—25%. В обоих случаях: предусматривается а) установка дежурного агрегата мощностью в 500 квт с отъемом пара в 3 абс. атм. и конденсатором и б) установка впоследствии резерва к основным агрегатам.

Разбор этих вариантов приводит к следующим выводам:

При установке двух турбин (основных) имеем преимущество—полную их нагруженность при воскресном режиме, а также как будто бы большую надежность в работе, так как при остановке турбины с отбором имеем возможность редукционным вентилем и конденсационной турбиной покрыть потребность пара и энергии для пуска большей части целлюлозного завода и половину бумажной фабрики с древесно-массным заводом, что даст полный расход пара 51000 кг. Останов конденсационной турбины — случай более благоприятный — тем более позволяет частично пустить предприятие.

При установке одного агрегата в 10000 квт имеем против предыдущего варианта экономию пара в 5% вследствие увеличения мощности (см. исследования проф. Iosse), т.-е. в 3500 кг пара в час, что при стоимости дров за 1 куб. саж. — 25 руб. даст в год экономию минимум в 50000 руб. Экономия по амортизации, обслуживанию и смазке безусловно на стороне варианта с одним агрегатом.

Что же касается работы при варианте с одним агрегатом с недогрузкой при воскресном режиме, то ухудшение коэффициента полезного действия выразится при этом, согласно данных фирм, при нагрузке в 47% в 3,5%, что даст потерю энергии в час 170 квт или в год 164000 кв-часов. Переводя последнюю на пар, получим потерю —  $164000 \times 4,25 = 700000$  кг или в рублях (на топливо)  $700 \times 2 \text{ р.} = 1400$  руб. в год. Относительно надежности этой установки практика существующих фабрик показала, что риск от порчи турбин слишком ничтожный, чтобы его принимать в число серьезных соображений.

Принимаем окончательно вариант с установкой одного турбогенератора в 10000 квт. Вольтаж принимаем в 3000 V и 50 периодов. Уточнение вольтажа относится к задаче окончательного проекта при выяснении данных о сети и аппаратуре электрохозяйства предприятия.

При проектировании оставляется место для резервного агрегата в 10000 квт и устанавливается дежурный агрегат, как уже было указано выше.

*С. Чувиковский.*