Температуры выпарки сахарного завода.

При рассчете многокорпусной выпарки сахарного завода среди прочих данных (количество выпариваемого сока, количество обратного пара паровой машины, расход пара на сторону и т. и.) обычно считаются данными и температуры пара и сока в различных корпусах выпарки. Определенных соображений для выбора температур не приводится. Их просто называют "обычными". Но их можно взять и несколько иными. Это заставит лишь соответственно изменить поверхности нагрева на выпарке и поверхности нагрева зависящих от температур на выпарке решоферов. Итак это вводит известный произвол во все рассчеты. Однако, произвол ограничен несколько теми результатами, какие получаются. Если взять "неподходящие" температуры,—получаются несообразно большие поверхности нагрева у некоторых корпусов выпарки и решеферов. Постепенно, эмпирически установились наиболее подходящие, обычно принятые температуры.

Но эти произвольно назначаемые температуры на выпарке могут быть теоретически обоснованы. Они могут быть вычислены. Такие вычисления желательны и необходимы, если требуется перейти к новому неиспробованному еще типу парового хозяйства (напр. поставить турбину с высоким противодавлением и пустить пар из нее не в І-й, а в О-й корпус выпарки). В таких случаях "обычные" температуры могут оказаться непригодными.

Температуры на выпарке должны выбираться с таким рассчетом, чтобы сумма всех поверхностей нагрева, как выпарки, так и решоферов и калоризаторов, нагреваемых паром с выпарки, была наименьшей. Вернее, должна быть наименьшей сумма произведений поверхностей на стоимость 1 кв. метра их (еще вернее—на стоимость увеличения поверхности нагрева аппарата на 1 кв. метр). Такая поправка вводит лишь несколько коэффициентов. Пока делать ее не будем. Считаем цену 1 кв. м. поверхностей различных аппаратов одинаковой. Температуру пара парового котла можно считать известной, а также и температуру обратного пара паровой машины, которая зависит от его давления и конструкции машины, Следовательно, мы можем не принимать во внимание и поверхность нагрева О-корпуса и аппаратов, нагреваемых паром из него, так как О-корпус обогревается паром из парового котла, а пар О-корпуса по давлению и температуре одинаков с обратным паром паровой машины.

Примем сл	елующие	обозначения:	

				The second secon	SALES OF THE PERSON NAMED IN COLUMN TWO IS NOT THE OWNER.
ROPHYC.	0	I	n _	III	IV
Выпаривается воды (на 100 кгр. свеклы в кгр.)		a ₁	a ₂	a ₃	84
Температура пара °С	t ₀	t ₁	t ₂ .	t ₃	ta
Весполезное падение темпера- туры*)		$\triangle t_1$	△ t ₂	$\triangle t_3$	△ t₁
Коэффициент теплопередачи Cal/°C×mtr²×min	ogna ida o notobbi	k ₁	k ₂	k ₃	k ₄
Скрытая теплота получающегося пара Cal/кгр	C ATTLE	r ₁	r ₂	r ₃	r ₄

Средние температуры в решоферах, нагреваемых паром из І-го корпуса выпарки — t_1' , t_1'' , t_1''' , и т. д. (вообще — $t_1^{(n)}$); количества конденсирующегося в этих решеферах пара — a_1' , a_1'' , a_1''' , (вообще $a_1^{(n)}$); коэффициенты теплопередачи — k_1' , k_1'' , k_1''' и т. д. (вообще $k_1^{(n)}$). Для решеферов, нагреваемых паром из ІІ-го корпуса те же величины обозначим так: $t_2^{(n)}$, $a_2^{(n)}$, $k_2^{(n)}$. Для решеферов — из ІІІ-го корпуса: $t_3^{(n)}$, $a_3^{(n)}$, $k_3^{(n)}$.

Температура кипящего в І-м корпусе сока — $t_1 + \triangle t_1$; следовательно, разность температур греющего І-й корпус пара из О-корпуса и температурой сока І-го корпуса: $t_0 - t_1 - \triangle t_1$. Поверхность нагрева для І-го корпуса выпарки (для переработки 100 кгр. свеклы в минуту):

$$F_1 = \frac{a_1 \cdot r_1}{(t_0 - t_1 - \triangle t_1) \ k_1},$$
 Поверхность нагрева II-го корпуса: $F_2 = \frac{a_2 \cdot r_2}{(t_1 - t_2 - \triangle t_2) \ k_2};$ III-го: $F_3 = \frac{a_3 \ r_3}{(t_2 - t_3 - \triangle t_3) \ k_3}$ и IV-го: $F_4 = \frac{a_4 \ r_4}{(t_3 - t_4 - \triangle t_4) \ k_4}$

Для поверхности нагрева решоферов, обогреваемых паром I-го кориуса с температурой t_1 , имеем общее выражение: $F_1^{(n)} = \frac{a_1^{(n)} r_1}{(t_1 - t_1^{(n)}) k_1^{(n)}}$. Для решеферов, обогреваемых из II-го корпуса: $F_2^{(n)} = \frac{a_2^{(n)} r_2}{(t_2 - t_2^{(n)}) k_2^{(n)}}$. Для решеферов III-го корпуса: $F_3^{(n)} = \frac{a_3^{(n)} r_3}{(t_3 - t_2^{(n)}) k_3^{(n)}}$.

Сумма всех поверхностей нагрева сахарного завода (связанных свыпаркой) выразится так:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + \Sigma F_1^{(n)} + \Sigma F_2^{(n)} + \Sigma F_3^{(n)} \text{ или}$$

$$I \text{ к.} \qquad II \text{ к.} \qquad III \text{ к.} \qquad IV \text{ к.}$$

$$= \frac{a_1 \text{ r_1}}{(t_0 - t_1 - \triangle t_1) \text{ k_1}} + \frac{a_2 \text{ r_2}}{(t_1 - t_2 - \triangle t_2) \text{ k_2}} + \frac{a_3 \text{ r_3}}{(t_2 - t_3 - \triangle t_3) \text{ k_3}} + \frac{a_4 \text{ r_4}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_4) \text{ k_4}} + \frac{a_4 \text{ r_4}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_4) \text{ k_4}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_4) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_4) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_4 - \triangle t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_3 - t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_4 \text{ r_5}}{(t_5 - t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_5 \text{ r_5}}{(t_5 - t_5) \text{ k_5}} + \frac{a_5 \text{ r_5}}{(t_5 - t_5) \text{ k_5}} + \frac$$

^{*)} Весполезным падением температуры называется разность между температурой кипящего в данном корпусе сока и температурой утилизируемого из него пара.

$$+ \sum \frac{a_1^{(n)} r_1}{(t_1 - t_1^{(n)}) k_1^{(n)}} + \sum \frac{a_2^{(n)} r_2}{(t_2 - t_2^{(n)}) k_2^{(n)}} + \sum \frac{a_3^{(n)} r_3}{(t_3 - t_3^{(n)}) k_3^{(n)}} \dots (I)$$

Температура t_0 — известна, как уже было выяснено. t_4 — тоже известно (зависит от степени разрежения, даваемого воздушным насосом). Предстоит лишь выбрать наивыгоднейшие значения t_1 , t_2 и t_3 . Будем считать t_2 и t_3 постоянными. При изменении значений t_1 , будет меняться и значение F. Нужно выбрать такое значение t_1 , при котором бы поверхность F была минимальной. При этих значениях, очевидно, первая производная F по t_1 должна быть равна нулю, t_2 — :

$$\frac{\partial F}{\partial t_{1}} = \frac{a_{1} \cdot r_{1}}{(t_{0} - t_{1} - \triangle t_{1})^{2} \cdot k_{1}} = \frac{a_{2} \cdot r_{2}}{(t_{1} - t_{2} - \triangle t_{2})^{2} \cdot k_{2}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{a_{1}^{(n)} \cdot r_{1}}{(t_{1} - t_{1}^{(n)})^{2} \cdot k_{1}^{(u)}} = 0 \cdot .(II)$$

Таким же образом, считая за переменные t_2 , а потом — t_3 , получим еще два уравнения:

$$\frac{\partial F}{\partial t_{2}} = \frac{a_{2} \cdot r_{2}}{(t_{1} - t_{2} - \triangle t_{2})^{2} \cdot k_{2}} - \frac{a_{3} \cdot r_{3}}{(t_{2} - t_{3} - \triangle t_{3})^{2} \cdot k_{3}} - \sum \frac{a_{2}^{(n)} \cdot r_{2}}{(t_{2} - t_{2}^{(n)})^{2} \cdot k_{2}^{(n)}} = 0..(III)$$

$$\frac{\partial F}{\partial t_{3}} = \frac{a_{3} \cdot r_{3}}{(t_{2} - t_{3} - \triangle t_{3})^{2} \cdot k_{3}} - \frac{a_{4} \cdot r_{4}}{(t_{3} - t_{4} - \triangle t_{4})^{2} \cdot k_{4}} - \sum \frac{a_{3}^{(n)} \cdot r_{3}}{(t_{3} - t_{3}^{(n)}) \cdot k_{3}^{(n)}} = 0..(IV)$$

Итак, имеем 3 уравнения (II, III и IV) с тремя неизвестными (t_1 , t_2 и t_3), которые и могут быть из них определены. Возможен такой ход решения. Ур-ие (II) дает t_4 , как функцию t_1 . Определяем t_2 для трех——четырех вероятных значений t_1 (напр., окажется, что при $t_1=106-t_2=93,4$, при $t_1=105-t_2=89,9$, при $t_1=108-t_2=98,7$). Вычерчиваем по найденным значениям кривую, которая даст возможность для любого t_1 определить приблизительно t_2 . Ур-ие IV дает t_2 , как функцию t_3 . Можем тоже вычислить несколько значений t_2 , соответствующие некоторым значением t_3 , и начертить кривую. Кривые теперь дают возможность для любого значения, напр. t_1 найти соответствующие значение t_2 и t_3 . Из этих сопряженных значений остается лишь выбрать такие, которые бы удовлетворяли ур-ию (III). Решение с достаточной для техники точностью (до $^{1/2}$ 0 С) выполняется легко.

Приведем полученные результаты вычислений для нескольких частных случаев, а именно: 1) для случая выпарки без утилизации пара на сторону, 2) с утилизацией пара из I, II и III корп., 3) с утилизацией пара лишь из I и II корп.

Корп.	I	II	III	IV
t	t ₁	t ₂	t ₃	56
Δt	0,5	1,0	2,5	4,0
r*	535	540	550	565
k	35	25	15	5
a	22	22	22	22

Пример І. Берем следующие числовые данные (См. у проф. Зуева "Теплота в сахар. произв." стр. 111).

Температура пара, обогревающего І-й корпус, $t_0 = 112^{\circ}$.

Утилизации пара выпарки на сторону нет.

^{*)} Если возможно, приблизительно, указать заранее температуры на выпарке, то можно задаваться величинами г; если же эти температуры не могут быть и прибливительно указаны, то можно все г считать равными друг другу; ощибка от такого домущения будет невелика.

Ур—ия (II, III и IV) примут вид:

$$\begin{vmatrix} \frac{535}{(112-t_1-0.5)^2.35} - \frac{540}{(t_1-t_2-1.0)^2.25} = 0 \\ \frac{540}{(t_1-t_2-1.0)^2.25} - \frac{550}{(t_2-t_3-2.5)^2.15} = 0 \\ \frac{550}{(t_2-t_3-2.5)^2.15} - \frac{565}{(t_3-60)^2.5} = 0 \end{vmatrix}$$
 Ур-ия весьма легко решаются. Получаются следующие значения температур: $t_1 = 104.1$; $t_2 = 93.4$; $t_2 = 93.4$; $t_2 = 93.4$; $t_2 = 93.4$; $t_3 = 79.7$.

Пример II-й. Выпарка с утилизацией пара из I, II и III корпуса.

Кори.	0	I	II	III	IV
t	116	t ₁	t ₂	t ₃	56
a		31	21	10	5
Δt		0,5	1,5	2,5	4,0
$ \mathbf{r} $		535	540	550	565
k	100	20	15	10	5

Числовые данные таковы (см. Проф. Зуев "Упрощенный рассчет выпарки" Зап. Сах. Пр. 1912 г. № 7).

Относительно решоферов, связанных с выпаркой, возмем такие данные.

			A SHOW HER	Contract of	
Греющий пар.	Из І	корп.	Ns II	Из ІІІ корп.	
Обогревае- мая станция.	Сироп и па-	Сату-рация.	Диф- фузия.	Диф- решо- феры.	
f (n)	80	90	65	73	50
a (n)	2	10	8	4	5
k (n)	4	. 8	3	9	7

Коэффициент теплопередачи для диффузионных калоризаторов взять маленький (3), так как часть калоризаторов всегда — вне работы, а передаваемую теплоту нужно здесь рассчитывать на всю имеюшуюся полную поверхность и работающую и не работающую.

Ур. ия (II, III и IV) напишутся так:

Ур. ия (II, III и IV) напишутся так:
$$\frac{31.535}{(116-t_1-0.5)^2.20} \frac{21.540}{(t_1-t_2-1.5)^2.15} \frac{2.535}{(t_1-80)^2.4} \frac{10.535}{(t_1-90)^2.8} = 0$$

$$\frac{21.540}{(t_1-t_2-1.5)^2.15} \frac{10.550}{(t_2-t_3-2.5)^2.10} \frac{8.540}{(t_2-65)^2.3} \frac{4.540}{(t_2-73)^2.9} = 0$$

$$\frac{10.550}{(t_2-t_3-2.5)^2.10} \frac{5.565}{(t_3-56-4.0)^2.5} \frac{5.550}{(t_3-50)^2.7} = 0$$
Отсюда найдем: $t_1 = 106$; $t_2 = 92.5$; $t_3 = 76$.

Пример III — выпарка с утилизацией пара на сторону из I и II корпуса.

Возмем такие данные.

Корпус.	0	I	II	ın	IV
t	116	t ₁	tg	t ₃	56
△ t	MX1	0,5	1,5	2,5	4,0
r		535	540	550	565
k	を対象	20	15	10	5
a		42	22	6	7

Греющий пар.	Из І	кори.	Из II корп.		
Обогревае- мая станция.				Диф. реше- феры.	
t (n)	78	90	65	73	
a (n)	13	7	8	9	
k (n)	5	8	3	8	

Ур-ия (II, III и IV) примут вид:

$$\frac{42.535}{(116-t_1-0.5)^2.20} - \frac{22.540}{(t_1-t_2-1.5)^2.15} - \frac{13.535}{(t_1-78)^2.5} - \frac{7.535}{(t_1-90)^2.8} = 0$$

$$\frac{22.540}{(t_1-t_2-1.5)^2.15} - \frac{6.550}{(t_2-t_3-2.5)^2.10} - \frac{8.540}{(t_2-65)^2.3} - \frac{9.540}{(t_2-73)^2.8} = 0$$

$$\frac{6.550}{(t_2-t_3-2.5)^2.10} - \frac{7.565}{(t_3-60)^2.5} = 0$$

$$0$$

$$0$$

$$0$$

$$0$$

$$0$$

$$0$$

$$0$$

$$0$$

Нолучаемые результаты близки к тому, что ощунью постепенно нащла заводская практика. Это дает уверенность в правильности нашего метода вычисления температур. Этот метод, испытанный таким образом на рассчете температур обычных выпарок, можно с уверенностью применить в случаях новых необычных (напр., при применении паровых турбин с высоким противодавлением, при устройстве нескольких О-корпусов и т. п.)