

Температуры выпарки сахарного завода.

При расчете аппаратуры выпарки сахарного завода среди прочих данных (количество выпариваемого сока, количество обратного пара, расход пара на сторону и т. п.) обычно считаются известными температуры пара и сока в различных корпусах выпарки. Определенных соображений для выбора температур не приходится. Их просто выбирают „обычными“. Но они могут быть и специально выбраны. Они составят лишь соответственно изменять поверхности нагрева на выпарке и поверхности нагрева зависящих от температур на выпарке рефохеров. Итак это вводит известный произвол во все расчеты. Однако, произвол ограничен несколькими теми результатами, какие получаются. Если взять „неподходящие“ температуры,—получаются несообразно большие поверхности нагрева у различных корпусов выпарки и рефохеров. Постепенно, эмпирически устанавливая наиболее подходящие „обычные“ 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 котла (напр. поставить турбину с высоким противодавлением и пустить пар из нее не в I-й, а в O-й корпус выпарки). В таких случаях „обычные“ температуры могут оказаться непригодными.

Температуры на выпарке должны выбираться с таким расчетом, чтобы сумма всех поверхностей нагрева, как выпарки, так и рефохеров и калоризаторов, нагреваемых паром с выпарки, была наименьшей. Вернее, должна быть наименьшей сумма произведений поверхностей на стоимость 1 кв. метра и т. (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 O-корпуса и аппаратов, нагреваемых паром из него, так как O-корпус обогревается паром из парового котла, а пар O-корпуса по давлению и температуре одинаков с обратным паром паровой машины.

Примем следующие обозначения: М. П.

К О Р П У С	О	I	II	III	IV
Выпаривается воды (на 100 кгг. свеклы в кгг.)		a_1	a_2	a_3	a_4
Температура пара °C					t_1
Бесполезное падение температуры*)		Δt_1	Δt_2	Δt_3	Δt_4
Коэффициент теплопередачи					
Скрытая теплота получающегося пара					

Средние температуры на решоферах, нагреваемых паром из I-го корпуса выпарки: t_1, t_2, t_3, t_4 (вообще t_i); количество конденсирующегося в этих решоферах пара — a_1, a_2, a_3, a_4 (вообще a_i); коэффициенты теплопередачи — k_1, k_2, k_3, k_4 (вообще k_i). Для решоферов, нагреваемых паром из II-го корпуса те же величины обозначим: t_1', t_2', t_3', t_4' (вообще t_i'); a_1', a_2', a_3', a_4' (вообще a_i'); k_1', k_2', k_3', k_4' (вообще k_i').

Температура кипящего в I-м корпусе сока — t_1 ; следовательно, разность температур греющего I-го корпуса пара из I-го корпуса температурой сока I-го корпуса: $t_1 - t_1'$. Поверхности нагрева для I-го корпуса выпарки (для переработки 100 кгг. свеклы в минуту):

этим выражением обозначим F_1 . Тогда $F_1 = \frac{a_1}{k_1(t_1 - t_1')}$.

Поверхности нагрева II-го корпуса: $F_2 = \frac{a_2}{k_2(t_2 - t_2')}$. Поверхности нагрева III-го: $F_3 = \frac{a_3}{k_3(t_3 - t_3')}$. Поверхности нагрева IV-го: $F_4 = \frac{a_4}{k_4(t_4 - t_4')}$.

Для поверхности нагрева решоферов, обогреваемых паром I-го корпуса с температурой t_1 , имеем общее выражение: $F_i = \frac{a_i}{k_i(t_1 - t_i')}$.

Для решоферов, обогреваемых из II-го корпуса: $F_i = \frac{a_i}{k_i(t_2 - t_i')}$.

Для решоферов III-го корпуса: $F_i = \frac{a_i}{k_i(t_3 - t_i')}$.

Сумма всех поверхностей нагрева сахарного раствора (связанных с выпаркой) выразится так:

$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_1' + F_2' + F_3' + F_4'$.

Реш. I. k. Реш. II. k. Реш. III. k. Реш. IV. k.

Реш. I. k. Реш. II. k. Реш. III. k. Реш. IV. k.

Реш. I. k. Реш. II. k. Реш. III. k. Реш. IV. k.

Реш. I. k. Реш. II. k. Реш. III. k. Реш. IV. k.

Реш. I. k. Реш. II. k. Реш. III. k. Реш. IV. k.

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

Температура t_1 — известна, как уже было выяснено. t_1 — 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, т. е.:

$$\frac{\partial F}{\partial t_1} = \frac{a_1 \cdot r_1}{(t_1 - t_1^{(n)})^2 \cdot k_1^{(n)}} - \frac{a_2 \cdot r_2}{(t_1 - t_2 - \Delta t_2)^2 \cdot k_2} - \sum \frac{a_1^{(n)} \cdot r_1}{(t_1 - t_1^{(n)})^2 \cdot k_1^{(n)}} = 0 \dots (II)$$

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

$$\frac{\partial F}{\partial t_2} = \frac{a_2 \cdot r_2}{(t_1 - t_2 - \Delta t_2)^2 \cdot k_2} - \frac{a_3 \cdot r_3}{(t_2 - t_3 - \Delta t_3)^2 \cdot k_3} - \sum \frac{a_1^{(n)} \cdot r_1}{(t_2 - t_2^{(n)})^2 \cdot k_2^{(n)}} = 0 \dots (III)$$

$$\frac{\partial F}{\partial t_3} = \frac{a_3 \cdot r_3}{(t_2 - t_3 - \Delta t_3)^2 \cdot k_3} - \frac{a_4 \cdot r_4}{(t_3 - t_4 - \Delta t_4)^2 \cdot k_4} - \sum \frac{a_3^{(n)} \cdot r_3}{(t_3 - t_3^{(n)})^2 \cdot k_3^{(n)}} = 0 \dots (IV)$$

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_1 как функцию t_2 . Определим t_1 для трех — четырех различных значений t_2 (напр., окажется, что при $t_2 = 106 - t_2 = 106 - 100 = 6$ — при $t_1 = 108 - t_2 = 98,7$). Вычерчиваем кривую, которая даст возможность для любого t_2 определить приблизительно t_1 . Ур-ие IV дает t_3 как функцию t_2 . Можем тоже вычислить несколько значений t_3 , соответствующие некоторым значениям t_2 , и начертить кривую. Кривые теперь дают возможность для любого значения, напр. t_2 , найти соответствующие значения t_1 и t_3 . Из этих сопряженных значений остается лишь выбрать такие, которые бы удовлетворяли ур-ию (III). Решение с достаточной для техники точностью (до $1/2$ °C) 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_1	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 I. Берем следующие числовые данные (См. у проф. Зуева "Теплота в сахар. произв." стр. 111).

Температура пара, обогревающего I-й корпус, $t_0 = 112^\circ$.

Утилизации пара выпарки на сторону нет.

* Если возможно, приблизительно, указать заранее температуры на выпарке, то можно задаваться величинами r ; если же эти температуры не могут быть и приблизительно указаны, то можно все r считать равными друг другу; ошибка от такого допущения будет невелика.

Формулы (I, III и IV) примем

$$\begin{array}{rcl}
 42.585 & 22.540 & 18.535 & 7.585 & = 0 \\
 (t_1 - t_2 - 0.5)^2 \cdot 20 & (t_1 - t_2 - 1.5)^2 \cdot 15 & (t_1 - 78)^2 \cdot 5 & (t_1 - 90)^2 \cdot 8 & \\
 22.540 & 6.550 & 8.540 & 9.540 & \\
 (t_1 - t_2 - 1.5)^2 \cdot 15 & (t_1 - 64)^2 \cdot 10 & (t_2 - 65)^2 \cdot 3 & (t_2 - 78)^2 \cdot 8 & = 0 \\
 6.550 & 7.565 & & & \\
 (t_2 - t_1 - 2.5)^2 \cdot 10 & (t_2 - 64)^2 \cdot 5 & & & = 0
 \end{array}$$

Отсюда: $t_1 = 90$; $t_2 = 92$; $t_3 = 78$.

Эти результаты близки к тому, что обычно постоянно на-
 ходится в практике. Это дает уверенность в правильности нашего
 вычисления температур. Этот метод, примененный таким образом
 к вычислению температур обычных выпаров, можно с уверенностью при-
 менять в случаях новых необычных (напр. при применении лавовых
 турбин с высоким давлением, при устройстве новых типов (кар-
 данов и т.п.)